

# **Textura tavených sýrů s různou koncentrací alginátu sodného**

Lucie Mynarčíková

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav technologie a mikrobiologie potravin  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Lucie MYNARČÍKOVÁ**  
Osobní číslo: **T09120**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Textura tavených sýrů s různou koncentrací alginátu sodného**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Prostudujte tavené sýry, jejich význam ve výživě a výrobu.
2. Zaměřte se na hydrokoloidy přidávané do tavených sýrů.
3. Charakterizujte algináty, jejich strukturu, zisk a tvorbu gelu.
4. Provedte studii interakce alginátu s kaseinovými bílkovinami.

### II. Praktická část

1. Vyroberte modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného.
2. Zabývejte se texturními vlastnostmi a pH vyrobených modelových vzorků.
3. Vyhodnoťte výsledky a formulujte závěry.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. **ANDRIAMANANTOANINA, Hanta a Marguerite RINAUDO. Relationship between the molecular structure of alginates and their gelation in acidic conditions. Polymer International. 2010, vol. 59, iss. 11, p. 1531-1541. ISSN 0959-8103.**
2. **DRAGET, Kurt, I.: Alginates. In Handbook of hydrocolloids (2nd Edition). Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing Limited and CRC Press: Boca Raton. 2009, p. 807-828. ISBN 978-1-84569-4142.**
3. **FLOURY, J., B. CAMIER, F. ROUSSEAU, Ch. LOPEZ, J. P. TISSIER, M. H. FAMELART. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationships. LWT-Food Science and Technology 2009, vol. 42, iss. 10, p. 1611-1620. ISSN 0023-6438.**
4. **IMESON, Alan. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents. 2010. Blackwell Publishing. ISBN 978-1-4051-3267-1.**
5. **PATHAK, T. S., J. H. YUN a J. LEE. 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, vol. 81, iss. 3, p. 633-639. ISSN: 0144-8617.**
6. **ROSENTHAL, Andrew, J. Hydrocolloids. In Food texture: measurement and perception. Eds: Rosenthal, A. J., Aspen Publishers, 1999. p 282-303. ISBN 0-8342-1238-2.**
7. **VELÍŠEK, Jan: Chemie potravin I. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Gabriela Nagyová**

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

**1. února 2012**

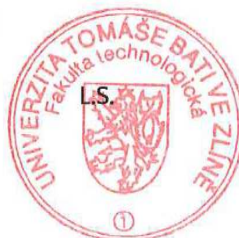
Termín odevzdání bakalářské práce:

**21. května 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: MYNARČIKOVÁ LUCIE

Obor: CHTP

## 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 6.5.2012

Mynarčíková Lucie

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

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

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

<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 vzdělávacího 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 výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*



## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo sledovat vliv přídavku různých koncentrací alginátu sodného na texturní vlastnosti, pH a sušinu tavených sýrů. Byly vyrobeny modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného v koncentraci 0,05 – 1,00 % w/w s koncentračním krokem 0,05 %. Vyroben byl také kontrolní vzorek bez alginátu sodného. Tyto vzorky byly skladovány 30 dní při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Hodnoty tvrdosti, kohezivnosti, relativní lepivosti, pH a sušiny byly stanoveny po 1, 7 a 30 dnech skladování. Výsledky ukázaly, že se s rostoucí koncentrací alginátu sodného a délkou skladování tvrdost tavených sýrů zvyšuje. Kohezivnost a relativní lepivost se s výše uvedenými faktory významně nemění. Rovněž hodnoty pH nejsou měnící se koncentrací a dobou skladování ovlivněny.

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

## **ABSTRACT**

This project is aimed at monitoring the effect of the addition of different concentrations of sodium alginate on the textural properties, pH and dry matter of processed cheeses. There are model samples of processed cheeses with added sodium alginate at a concentration of 0.05 to 1.00 % w/w with concentration stage of 0.05%. There is also a control sample without sodium alginate produced. These samples have been stored for 30 days at the temperature of  $6 \pm 2$  °C. Values of hardness, cohesiveness, relative stickiness, pH and dry matter were determined after 1, 7 and 30 days of storage. The results showed that with increasing concentrations of sodium alginate and length of storage there is an increase in hardness of the processed cheese. Cohesiveness and relative stickiness does not change significantly together with the above-mentioned factors. Also, the values of pH are not affected by the changing concentrations and storage time.

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

Tímto bych ráda poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Gabriele Nagyové, za odborné vedení, konzultace a připomínky a také za pomoc při realizaci a vyhodnocování praktické části.

Dále bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. za věnovaný čas a cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování této práce.

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

# OBSAH

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ÚVOD</b> .....                                     | <b>10</b> |
| <b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....                        | <b>11</b> |
| <b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....                            | <b>12</b> |
| 1.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ.....        | 12        |
| 1.2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ .....           | 12        |
| 1.3 VÝZNAM TAVENÝCH SÝRŮ VE VÝŽIVĚ .....              | 13        |
| 1.4 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ .....                        | 14        |
| 1.4.1 Tavicí soli.....                                | 15        |
| 1.4.2 Proces výroby.....                              | 16        |
| <b>2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ</b> ..... | <b>18</b> |
| 2.1 NATIVNÍ A MODIFIKOVANÉ ŠKROBY .....               | 18        |
| 2.2 PEKTINY .....                                     | 20        |
| 2.3 ARABSKÁ GUMA.....                                 | 20        |
| 2.4 XANTANOVÁ GUMA.....                               | 20        |
| 2.5 LOKUSTOVÁ GUMA.....                               | 21        |
| 2.6 KARAGENAN .....                                   | 21        |
| <b>3 ALGINÁTY</b> .....                               | <b>22</b> |
| 3.1 STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA ALGINÁTŮ .....            | 22        |
| 3.2 TVORBA GELU .....                                 | 23        |
| 3.3 INTERAKCE S KASEINY .....                         | 26        |
| 3.4 VYUŽITÍ ALGINÁTŮ .....                            | 27        |
| <b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....                        | <b>29</b> |
| <b>4 CÍL PRÁCE</b> .....                              | <b>30</b> |
| <b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....                         | <b>31</b> |
| 5.1 POPIS EXPERIMENTU .....                           | 31        |
| 5.2 VÝROBA VZORKŮ .....                               | 31        |
| 5.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA.....                   | 31        |
| 5.4 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA .....                   | 33        |
| <b>6 VÝSLEDKY A DISKUSE</b> .....                     | <b>34</b> |
| 6.1 VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY .....                   | 34        |
| 6.2 VÝSLEDKY TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY .....         | 34        |
| 6.2.1 Výsledek tvrdosti .....                         | 34        |
| 6.2.2 Relativní lepivost .....                        | 37        |
| 6.2.3 Kohezivnost.....                                | 39        |
| 6.3 SOUHRNNÁ DISKUSE.....                             | 41        |
| <b>ZÁVĚR</b> .....                                    | <b>43</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....                | <b>44</b> |
| <b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....       | <b>48</b> |
| <b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....                           | <b>49</b> |
| <b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....                             | <b>50</b> |



|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b> | <b>51</b> |
|---------------------------|-----------|

## ÚVOD

Tavené sýry patří v současnosti k velmi oblíbené a rozšířené skupině mléčných výrobků. Jejich přednosti spočívají zejména v dlouhé době trvanlivosti, cenové dostupnosti, praktickém spotřebitelském balení, široké škále chuťových variací a nutriční hodnotě. Spotřebitelé a výrobci kladou vysoké nároky na organoleptické vlastnosti tavených sýrů. Mezi nejsledovanější sensorické znaky patří, vedle chuti, vůně a vzhledu, také konzistence výrobku. Z tohoto důvodu se aplikují přídatné látky na bázi hydrokoloidů, které mají schopnost ovlivnit strukturu a stabilizovat konzistenci tavených sýrů.

Smyslem této bakalářské práce bylo zjistit vliv přídavku alginátu sodného na texturní vlastnosti a pH tavených sýrů. Teoretická část této práce je zaměřena na charakteristiku tavených sýrů, jejich význam ve výživě, technologii výroby a tavicí soli. Dále jsou zde popsány nejčastěji využívané hydrokoloidy při výrobě tavených sýrů: nativní a modifikované škroby, pektiny, arabská guma, xantanová guma, lokustová guma a karagenany. Poslední část je věnována alginátům, jejich charakteristice, tvorbě gelu a využití v průmyslu.

Cílem praktické části bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného v rozmezí 0 – 1 % s koncentračním stupněm 0,05 %. U vyrobených vzorků byly měřeny 1., 7. a 30. den po utavení texturní vlastnosti (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost) a chemické parametry (pH a sušina).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TAVENÉ SÝRY

## 1.1 Stručná charakteristika tavených sýrů

Tavený sýr je podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb., v platném znění, definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Ve vyhlášce je dále uvedeno, že 51 % hmotnostní sušiny taveného sýra musí pocházet z přírodního sýra [1].

Tavené sýry se na rozdíl od ostatních skupin sýrů nevyrábějí přímo z čerstvého mléka, ale až z hotových přírodních sýrů, popř. dalších mlékárenských výrobků (např. máslo, smetana, tvaroh aj.) a nemlékárenských surovin (např. koření, hydrokoloidy, zelenina, šunka apod.). Základní surovinou pro tavený sýr je tedy jeden nebo více různých druhů přírodních sýrů, které se zahřívají s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání do dosažení homogenní hmoty požadovaných vlastností [2].

Tavené sýry jsou důležitými výrobky mlékárenského průmyslu zejména proto, že se při jejich výrobě můžou použít i sýry, které mají vzhledové vady a jsou tedy pro přímý prodej spotřebiteli nepoužitelné. Tyto sýry však musí být zdravotně nezávadné a musí mít vyhovující mikrobiologickou jakost [3]. Dnes se však situace výroby přírodních sýrů zlepšila natolik, že cca 70 – 80 % suroviny (přírodního sýra) by bez problémů obstálo při přímém prodeji spotřebiteli [37].

Vyhláška Ministerstva zemědělství 77/2003 Sb., v platném znění, rozděluje tavené sýry podle obsahu tuku v sušině na nízkotučné tavené sýry s obsahem tuku v sušině do 30 hm. % a vysokotučné tavené sýry s obsahem tuku v sušině nad 60 hm. %. Sýry s obsahem tuku v sušině v rozmezí 30 – 60 hm. % vyhláška nedefinuje [1].

Tavené sýry mohou mít různou konzistenci od pevné, lomivé, přes krémovitou až po tekutou. Důležité však je, aby konzistence byla hladká, kompaktní a stejnorodá, nesmí být hrudkovitá a písčítá [3,4].

## 1.2 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry různých druhů (v ČR hlavně Eidamský blok a Eidamská cihla). K nim mohou být přidány suroviny mléčného i nemléčného původu.

Tvaroh slouží pro zvýšení tukuprosté sušiny a snížení pH. Tato surovina se přidává do surovinových směsí se zralými sýry za účelem dodání intaktního kaseinu (neproběhla u něj rozsáhlá proteolýza), který zabrání přílišné měkkosti a mazlavosti. Máslo a smetana se přidávají pro zvýšení podílu tuku. Ve většině provozů se přidává krém (rework), což je sýr již utavený z předchozí tavby. Jeho význam spočívá v dosažení jemnější a stabilnější konzistence. Obsah sušiny se reguluje přidávkem pitné vody. Pro zamezení oddělování tuku při výrobě tavených sýrů se přidávají tavicí soli (viz kapitola 1.4.1). Mezi přísady ovlivňující chuť a barvu patří koření, šunka (obecněji masová složka), houby, cibule, ořechy, bylinky, zelenina a další. Dále se do surovinové skladby dodávají přídatné látky na bázi polysacharidů (hydrokoloidy), které zvyšují vaznost vody, dotváří strukturu a zabezpečují dobré oddělování sýru od obalu (např. karagenan). Pro snížení nákladů na suroviny se využívají různé mléčné koncentráty (např. sušené odstředěné mléko, sušená syrovátka, kaseináty). Náklady je možné snižovat také přidávkem bílkovin a tuků jiného než mléčného původu. V tomto případě se však jedná o analogy tavených sýrů [3,4,13].

Tato surovinová směs je volena tak, aby vyrobený sýr měl požadované vlastnosti a složení, zejména pak požadovaný obsah sušiny, optimální pH (5,6 – 6,1), konzistenci a žádané organoleptické vlastnosti (chuť, vůně, vzhled) [4,13].

### 1.3 Význam tavených sýrů ve výživě

Mléko a mléčné výrobky jsou díky své vysoké nutriční hodnotě, dané například obsahem mléčných bílkovin, mléčného tuku, vápníku a vitaminů součástí základních potravin pro výživu obyvatelstva, včetně dětí [5]. Konkrétní stav nutriční hodnoty je určen zejména surovinami, které byly pro jejich výrobu použity [3].

Podle Dostálové a kol., [6] je biologická hodnota bílkovin definována jako množství esenciálních aminokyselin. Biologickou hodnotu lze stanovit různými metodami, např. NPR (Net Protein Retention), BV (Biological Value), AAS (Amino Acid Score), EAAI (Essential Amino Acid Index). Referenční bílkovinou je vaječná bílkovina, která obsahuje optimální složení esenciálních aminokyselin a její hodnota EAAI je 100. Tavené sýry obsahují asi 10 – 20 % bílkovin v závislosti na surovinové skladbě. Hlavní bílkovinou v tavených sýrech je kasein, který obsahuje velké množství esenciálních aminokyselin. EAAI kaseinových bílkovin se pohybuje kolem hodnoty 95 [6].

Samotný poměr nasycených, mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin (1:0,35:0,07) v mléčném tuku nenaplnuje nejnovější výživová doporučení (1:1,4:0,6), což však platí prakticky pro každou individuálně použitou potravinu. Proto je třeba při sestavování jídelníčku s obsahem mléčných výrobků zařadit potraviny s obsahem mononenasycených a polynenasycených mastných kyselin, aby byl naplněn výše jmenovaný optimální poměr. Tavené sýry jakožto živočišné produkty obsahují cholesterol, jehož vyšší koncentrace je považována za faktor zvyšující pravděpodobnost vzniku onemocnění srdce a cév. Proto by měly být zařazeny do počítání celkového příjmu cholesterolu ze stravy. Na druhou stranu existují studie, které z tohoto hlediska akcentují spíše faktory ovlivňující systém regulující rovnováhu mezi exogenním cholesterolem a endogenně syntetizovaným cholesterolem [6,7].

Vápník vázaný na mléčnou bílkovinu je nejlépe využitelnou formou, tudíž je mléko a mléčné výrobky jedním z jeho nejbohatších zdrojů. Optimální poměr pro růst kostní tkáně je Ca:P nad 1:1. Při výrobě tavených sýrů však dochází k vazbě vápníku na fosforečnan, což mění optimální poměr ve prospěch fosforu (Ca:P = 0,4-0,7:1), čímž se využitelnost vápníku z tavených sýrů pravděpodobně mírně snižuje [8,9].

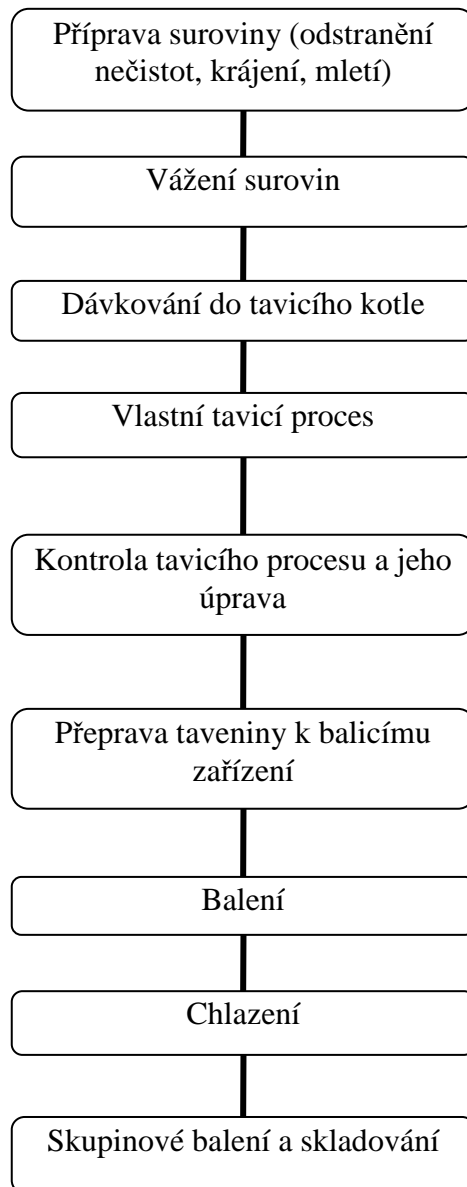
#### 1.4 Výroba tavených sýrů

Tavené sýry je možno vyrábět kontinuálně nebo diskontinuálně (v ČR prozatím převládající způsob). Diskontinuální způsob má vzhledem k pH výrobku pouze pasterační efekt, což představuje zničení pouze vegetativních forem mikroorganismů. Výroba zahrnuje 4 fáze:

1. příprava směsi určené k tavení, která je dána požadavky na finální výrobek. Obvykle jsou nejvíce sledovanými parametry obsah sušiny, obsah tuku v sušině a konzistence výrobku,
2. určení složení a množství tavicích solí závisí zejména na surovinové skladbě, pH a požadované konzistenci taveného sýra,
3. vlastní proces tavení připravené směsi (viz 1.4.2),
4. balení taveniny, chlazení, skladování a expedice.

Během přípravné fáze se přírodní sýry (senzoricky, chemicky a mikrobiologicky posouzené; zbavené mazu, vosků, obalů a případných nečistot) krájí a melou. Poté se navažují a vkládají do tavicího kotle spolu s tavicími solemi (2 až 3 % hm.) a dalšími surovinami [3,4].

V případě kontinuálního procesu se směs taví pomocí přímé páry, poté se steriluje při teplotě asi 120 – 145 °C po dobu několika sekund a odpařením části vody za podtlaku se chladí na 80 – 90 °C a homogenizuje. Horká tavenina se formuje a balí [27].



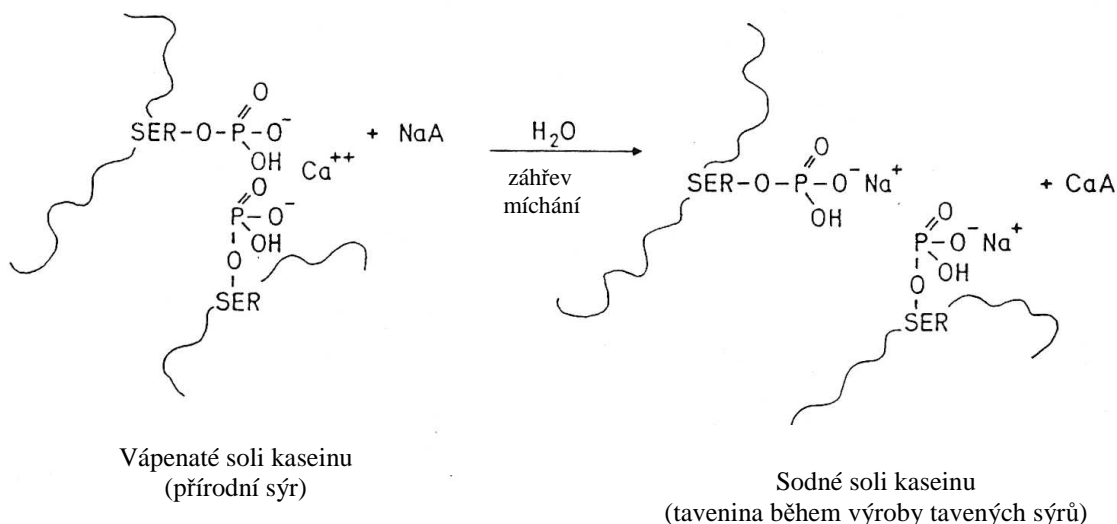
Obrázek 1: Schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [3]

#### 1.4.1 Tavicí soli

Pokud by byly přírodní sýry taveny bez přídavku tavicích solí, tak by došlo k rozdělení směsi na 3 fáze: na dně by byla přítomna vysrážená bílkovina, vodná fáze a volný tuk [11].



Tavicí soli jsou nejčastěji sodné (minoritně i draselné) soli kyseliny citronové a fosforečné. V případě fosforečnanů mohou vznikat také polymery - difosforečnany a fosforečnany s vyšším polymeračním stupněm (polyfosforečnany). Jedná se o emulgující činidla, která přeměňují pomocí výměny iontů nerozpustný parakaseinát vápenatý na rozpustnější parakaseinát sodný. Umožňují tak mléčným bílkovinám uplatnit své emulgační schopnosti, které jsou dány přítomností jak hydrofobní tak hydrofilní části jejich molekuly [3,11].



Obrázek 2: Chemická reakce výměny  $\text{Ca}^{2+}$  iontů za  $\text{Na}^+$  ionty při procesu tavení. (A – anion tavicí soli, SER – serinové zbytky, NaA – tavicí sůl obsahující sodný kation, CaA – tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [3]

Mezi další vlastnosti tavicích solí patří rozptýlení a hydratace bílkovin, stabilizace emulze tuk ve vodě, zvyšování pH a tvorba konečné struktury sýra, kdy při chladnutí taveniny dojde k opětovnému spojení kaseinových molekul za vzniku jemného gelu. Na konzistenci tavených sýrů má vliv celá řada faktorů. Obecně lze říci, že čím vyšší je koncentrace tavicích solí, tím dojde k větší intenzitě disperze kaseinů a tím můžeme očekávat pevnější (více zesíťovaný) tavený sýr [11,15].

#### 1.4.2 Proces výroby

Po nadávkování surovin do tavicího kotle je kotel uzavřen a začne proces tavení, kdy se v relativně krátkém čase za sníženého tlaku zvýší teplota na hodnoty 80 – 100 °C. Dnes se v tavírenské praxi používají obvykle teploty 90 - 100 °C s výdrží několika minut. Roztíratelné tavené sýry obecně vyžadují vyšší teploty, delší dobu tavení a intenzivnější míchání

oproti blokovým taveným sýrům určeným ke krájení. Ohřev je většinou prováděn přímým vstříkáním páry do tavené směsi, proto je třeba při výpočtu přídatku pitné vody zohlednit i skutečnost, že tato pára zkondenzuje a kondenzát se stane součástí tavené směsi. Vzniklá tavenina se dávkuje do obalů ještě horká (obvykle při teplotě 60 – 70 °C), aby se snížila pravděpodobnost sekundární kontaminace mikroorganismy během této operace. Nejčastěji se balí do forem vyložených hliníkovou fólií (potaženou vhodným polymerem), ale využívají se také jiné materiály, např. sklo, plast, kov, kelímky, tuby. Důležitá je také hodnota pH výrobku, která by se měla pohybovat od 5,6 do 6,1. Nižší pH zvyšuje tuhost a viskozitu, čímž se výrobek může stát až drobným. Vyšší pH naopak způsobuje příliš měkkou konzistenci, hrozí také mikrobiologické vady. Zabalené tavené sýry jsou po vychlazení skladovány při teplotě 4 – 8 °C [3,11,14].

## 2 CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ

Hydrokoloidy jsou polymerní látky většinou bílkovinné a sacharidové povahy, které dokážou ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů zejména tím, že jsou schopny vázat velký objem vody a některé z nich za určitých podmínek vytváří uspořádané trojrozměrné matrice - gely. Tyto biopolymery mohou zabránit uvolňování vody během skladování, čímž stabilizují texturu finálního výrobku anebo působí jako zahušťující prostředky tím, že zvyšují viskozitu systému. Do potravin jsou obvykle přidávány v maximálním množství do 0,8 % (w/w), vyšší přídavky by mohly mít za následek příliš intenzivní agregaci gelu, což by mohlo způsobit separaci fází [3,21,25].

Hydrokoloidy se do tavených sýrů přidávají zejména pro úpravu a stabilizaci konzistence, zlepšení vaznosti vody a prevenci ulpívání výrobků na hliníkové obaly. Při výrobě tavených sýrů jsou nejčastěji využívanými hydrokoloidy: nativní a modifikované škroby, pektiny, algináty, karagenany, arabská guma, xantanová guma a lokustová guma. V následujících kapitolách budou výše uvedené hydrokoloidy stručně popsány [3,16,17,18].

Jak již bylo zmíněno, poměr Ca:P je v tavených sýrech snižován díky použitím fosforečnanových tavicích solí. Proto se hledají jiné sloučeniny, které by zcela nebo alespoň částečně umožnily nahradit tradiční tavicí soli. Jako možné náhrady byly v minulosti označeny také některé hydrokoloidy, zejména  $\kappa$ -karagenan a  $\iota$ -karagenan [26].

### 2.1 Nativní a modifikované škroby

Přírodní škroby jsou složeny z lineární amylozy (řetězec tvořen jednotkami  $\alpha$ -D-glukopyranózy spojených glykosidickými vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4)) a rozvětveného amylopektinu (řetězec složen z  $\alpha$ -D-glukopyranóz spojených vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) a  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6)) [18].

Přírodní škrobová zrna jsou nerozpustná ve studené vodě. Zahříváním suspenze škrobu ve vodě probíhá absorpce vody bez významné změny objemu zrn (reverzibilní děj). Po dosažení tzv. počáteční želatinační teploty (asi 50-70 °C) dochází k počátku „mazovatění škrobu“ (ireverzibilní děj), kdy se rozrušují mezimolekulární vodíkové můstky, nastává rozsáhlá hydratace amylozy, její uvolnění a difuzi do roztoku – tento proces je obvykle doprovázen zvyšováním viskozity roztoku. Ochlazováním škrobových mazů dochází ke zpětné tvorbě vodíkových můstků mezi amylozou a amylopektinem, čímž se utváří tzv. škrobový gel (při dostatečné koncentraci škrobu), případně koloidní roztok. Tyto gely ovšem nejsou v termodynamické rovnováze a podléhají retrogradaci (uvolňování vody), která se urychlu-

je mechanickým namáháním. Nativní škroby nejsou používány pro většinu aplikací, protože mají příliš vysokou viskozitu a vytváří tuhý gel, nesou vysoké riziko retrogradace a nevýhodou oproti některým modifikovaným škrobům je nutnost zahřátí a zchlazení škrobu pro získání gelu [3,10,18].

Modifikované škroby se mohou připravovat:

- chemickou úpravou nativních škrobů, kdy se získávají degradované nebo oxidované škroby,
- pomocí enzymů za vzniku maltodextrinů,
- fyzikální modifikací, kterou se připravují termicky upravené a extrudované škroby.

Modifikované škroby již mají specifické vlastnosti - např. maltodextriny a termicky upravené škroby jsou rozpustné (gelovatí) i ve studené vodě, oxidované prakticky nepodléhají retrogradaci. Proto je jejich využití širší oproti nativním škrobům [10].

Do tavených sýrů a jejich analogů se přidávají škroby různého botanického původu, nativní i modifikované, zejména pro své schopnosti zvýšení stability trojrozměrné matrice, a tím tedy úpravy konzistence výrobku. Funkční vlastnosti škrobu jsou ovlivňovány hlavně charakterem škrobu (obsahem amylózy), ale i dalšími činiteli, např.: pH taveniny, ostatními složkami taveného sýra, podmínkami při zpracování taveniny, apod. Při přidávku škrobů je nezbytné brát v úvahu i případný dopad na chuť a vůni finálního produktu a vybrat vhodnou kombinaci a množství škrobů tak, aby byly zachovány požadované vlastnosti výrobku [3,16,19].

Experimentálně bylo zjištěno, že vzorky taveného sýra s 3 % přidavkem přírodních škrobů s vyšším obsahem amylózy (kukuřičný, pšeničný, bramborový: 25-28 %) byly tužší než kontrolní vzorek (bez přidavku škrobu). Naopak vzorky s přidavkem (3 %) škrobů obsahující malé množství amylózy (rýžový: 13 % a kukuřičný se zanedbatelným obsahem amylózy: 3,8 %) vykazovaly nižší tuhost oproti kontrolnímu vzorku. Nejen obsah amylózy, ale také množství přidaného škrobu má podstatný vliv na konzistenci výrobků. Při vysokých koncentracích (více než 5 %) polysacharidů mohou zvýšit tuhost výrobku i škroby s nízkým obsahem amylózy. Při aplikaci modifikovaných škrobů je neodmyslitelná i povaha modifikace, která má rovněž podstatný vliv na funkční vlastnosti (tuhost, tavitelnost, aj.) výrobků [3,16,20].

## 2.2 Pektiny

Pektiny jsou heteropolysacharidy složené z jednotek kyseliny D-galakturonové (spojených vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4)) a dalších minoritních složek (např. L-rhamnózy, L-arabinózy, D-galaktózy, D-glukózy, aj.). Karboxylové skupiny kyseliny D-galakturonové mohou být esterifikovány metanolem. Podle podílu esterifikovaných karboxylových skupin (stupně esterifikace DE) se pektiny dělí na: vysokoesterifikované (DE > 50 %) a nízkoesterifikované (DE < 50 %). V technologii výroby tavených sýrů se používají spíše nízkoesterifikované pektiny, které tvoří gel v přítomnosti vápenatých iontů. Bez přítomnosti  $\text{Ca}^{2+}$  není tvorba gelu možná, protože molekuly s nízkým počtem metylových skupin (nízkoesterifikovaný pektin) a vysokým obsahem karboxylových skupin (kyselina galakturonová) se vzájemně odpuzují, a tím zamezují tvorbě vodíkových vazeb a hydrofobních interakcí nezbytných ke spojení molekul při tvorbě gelu. Gelace nízkoesterifikovaného pektinu je podmíněna nekovalentními iontovými interakcemi mezi kyselinou D-galakturonovou a  $\text{Ca}^{2+}$ . Reakce s vápenatými ionty závisí na poměru a uspořádání karboxylových skupin v řetězci pektinu a roste s klesající mírou esterifikace. Želatinaci dále ovlivňuje množství vápenatých kationtů, kdy při nadměrné přítomnosti může vznikat málo rozpustný pektan vápenatý, který vytváří jemnou sraženinu. Vliv má také pH, kdy kyselejší prostředí vyžaduje větší množství vápenatých iontů. Gely nízkoesterifikovaných pektinů jsou považovány za termoreverzibilní [18,21,22,23].

## 2.3 Arabská guma

Arabská guma je substituovaný kyselý arabinogalaktan, jehož základními stavebními jednotkami jsou D-galaktóza, L-arabinóza a  $\alpha$ -L-rhamnopyranóza. Arabská guma se rozpouští ve vodě za vzniku disperzí s nízkou viskozitou, čehož se využívá pro stabilizaci a emulgaci tavených sýrů a jiných potravinářských výrobků. Tento hydrokoloid obsahuje malé množství bílkovin (< 0,5 %) vázaných na polysacharidy. Má mírné emulgační účinky (díky navázanému proteinu, který pravděpodobně obsahuje nepolární aminokyseliny), čímž stabilizuje emulze [18,21].

## 2.4 Xantanová guma

Xantan je extracelulární polysacharid vylučovaný bakteriemi rodu *Xanthomonas*. Hlavní řetězec xantanu je tvořen  $\beta$ -D-(1 $\rightarrow$ 4) glukózovými jednotkami. Tento hydrokoloid se dobře rozpouští ve vodě za vzniku vysoce viskózních disperzí, které jsou stabilní v kyselém i

alkalickém prostředí. Xantanová guma se využívá jako zahušťovadlo, stabilizátor emulzí, v kombinaci s některými hydrokoloidy (např. s lokustovou gumou,  $\kappa$ -karagenanem) tvoří gely. Xantan pomáhá udržovat krémovitost často ztracenou u nízkotučných výrobků [18,21].

## 2.5 Lokustová guma

Lokustová guma neboli karubin je mouka z endospermu semen rohovníku obecného (*Ceratonia siliqua*). Jedná se o galaktomannan, jehož hlavní řetězec je tvořen jednotkami  $\beta$ -D-manózy spojenými vazbami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), přičemž každá čtvrtá jednotka manózy je substituována  $\alpha$ -D-galaktózou navázanou vazbou  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6). Karubin je silně hydrofilní, neionická sloučenina (ve vodném prostředí nedisociuje), tudíž jeho vlastnosti nejsou tak závislé na pH. Ve studené vodě pouze bobtná, pro úplné rozpuštění je tedy nutný záhřev. Samotná lokustová guma gel nevytváří, zvyšuje však elasticitu a pevnost gelů karagenanů a agarů. V mléčných výrobcích je používána jako zahušťovadlo [18,21].

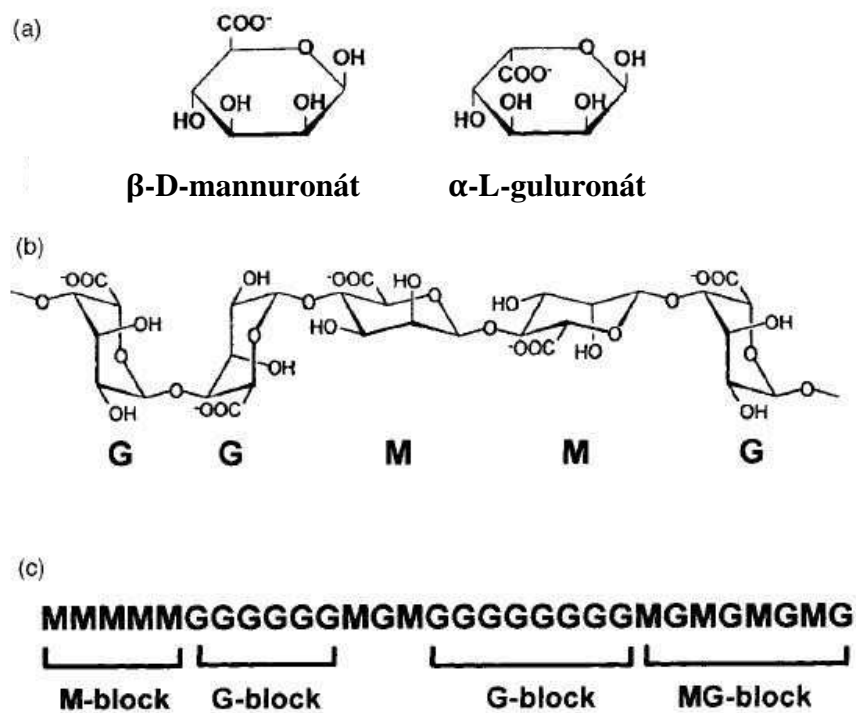
## 2.6 Karagenan

Karagenany jsou polysacharidy červených mořských řas čeledi *Rhodophyceae*, jejichž základní strukturu tvoří disacharid - karabióza ( $\beta$ -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranóza spojené vazbou  $\beta$ (1 $\rightarrow$ 4)). Je známo minimálně 8 druhů karagenanů, v potravinářství se používají tři:  $\iota$ -karagenan,  $\kappa$ -karagenan a  $\lambda$ -karagenan. Rozpustnost těchto hydrokoloidů závisí na druhu, přítomných iontech a jejich koncentraci, pH a teplotě.  $\kappa$ -karagenan tvoří pevný a křehký gel,  $\iota$ -karagenan poskytuje pružné a soudržné gely.  $\lambda$ -karagenan není sám schopen tvorby stabilních gelů, proto se v praxi obvykle využívá ve směsi s dalšími hydrokoloidy. Důležitou vlastností karagenanů je tvořit komplexy s kaseiny. Používají se jako zahušťovadlo, gelotvorná látka a stabilizátor. V tavených sýrech se využívají karagenany pro schopnost zajistit konzistenci vhodnou ke krájení a strouhání u blokových sýrů a jako prevence lepidlosti na obaly u roztíratelných výrobků [3,18,21,38].

### 3 ALGINÁTY

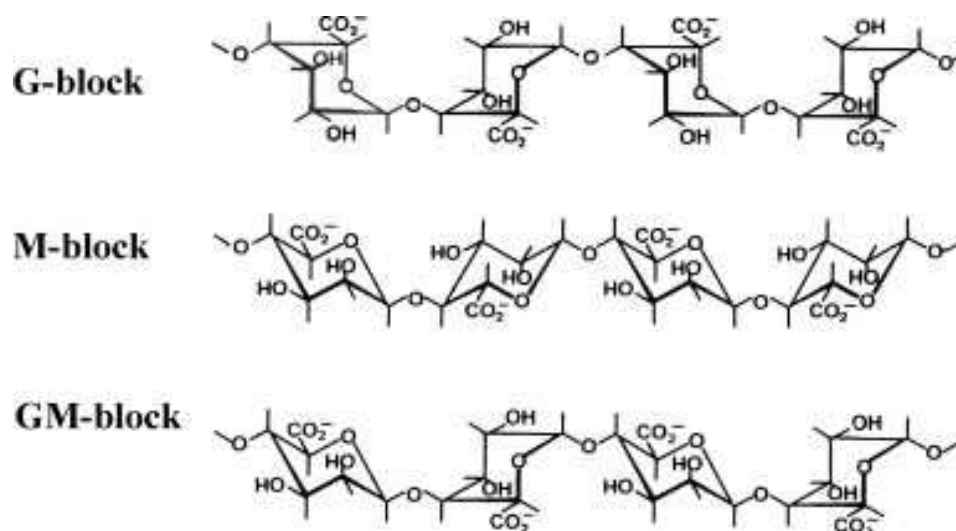
#### 3.1 Stručná charakteristika alginátů

Algináty se nachází v hnědých mořských řasách čeledi *Phaeophyceae* rostoucích při pobřeží severního Atlantiku, zejména v USA, Norsku, Francii a Británii. Algináty patří do skupiny lineárních polymerů tvořených kyselinou  $\beta$ -D-mannuronovou (M) a zbytky kyseliny  $\alpha$ -L-guluronové (G) spojených glykosidickou vazbou (1 $\rightarrow$ 4) (viz obrázek 3). Řetězec alginátu je tvořen různě dlouhými úseky obsahující výhradně molekuly M (M - bloky) nebo molekuly G (G – bloky), ale také úseky, ve kterých se střídá struktura M a G molekul (MG – bloky). Jednotlivé bloky jsou vzájemně spojeny kovalentní glykosidickou vazbou (viz obrázek 4) [18,21].



Obrázek 3: a) vzorec  $\beta$ -D-mannuronátu a  $\alpha$ -L-guluronátu, b) kovalentní vazba mezi bloky, c) úsek řetězce alginátu [21]





Obrázek 4: Základní sekvence alginátů [24]

Komerční algináty jsou vyráběny převážně z řas druhu *Laminaria hyperborea*, *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria digitata*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria japonica*, *Eclonia maxima*, *Lessonia nigrescens*, *Durvillea antarctica* a *Sargassum* spp. Složení a následná struktura alginátů se může měnit v závislosti na sezónních a růstových podmínkách [21].

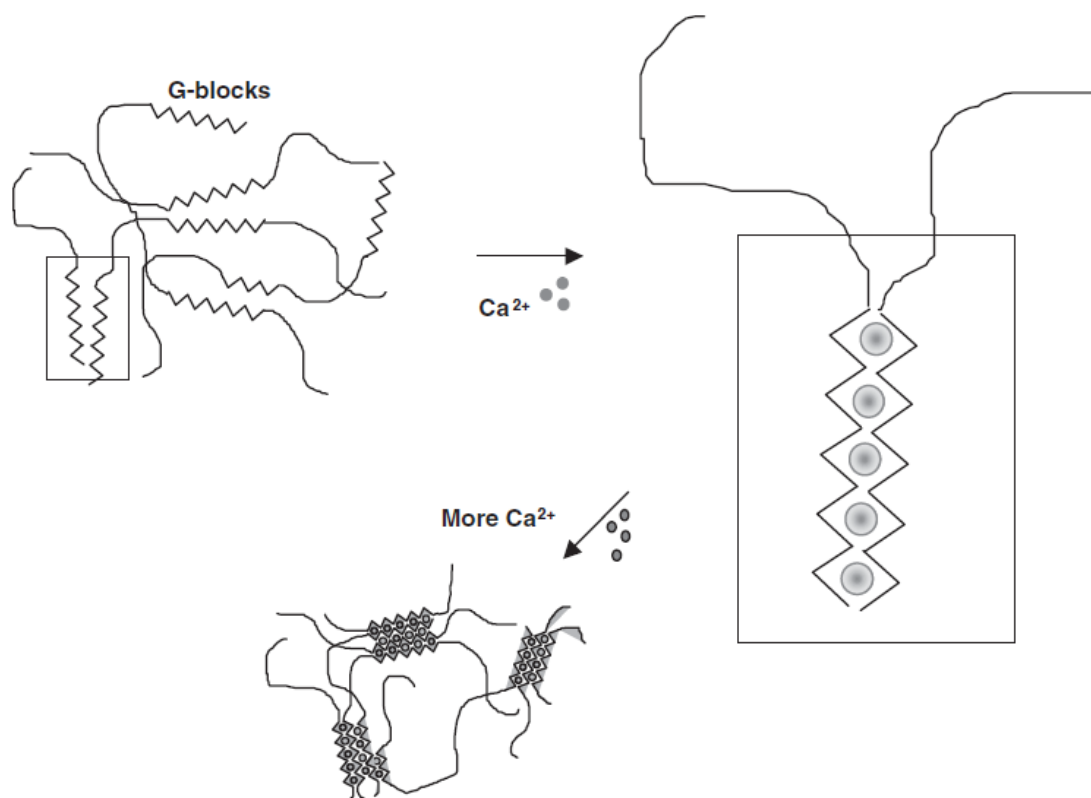
Alginát vyrobený ze stonků *L. hyperborea* obsahuje vysoké množství L-guluronové kyseliny, díky níž vytváří pevné gely. Oproti tomu algináty vyrobené z řas *A. nodosum*, *L. japonica* a *M. pyrifera* se vyznačují nízkým obsahem G - bloků a nízkou silou gelu.

Dalším zdrojem alginátů jsou bakterie, které mohou obsahovat až 100% mannuronátu. Bakteriální algináty jsou často acetylovány. Alginát s velmi vysokým obsahem guluronové kyseliny může být připraven ze speciálních částí řasového pletiva (např. z vnější vrstvy řasy *L. hyperborea*) a to chemickou frakcionací nebo enzymatickou modifikací *in vitro* s použitím mannuronan C-5 epimerázy z bakterie *A. vinelandii*. Tento enzym je schopen epimerace M - jednotky do jednotky G a vytvoření velmi dlouhých G – bloků [21].

### 3.2 Tvorba gelu

Schopnost alginátů tvořit gel je výrazně ovlivněna obsahem mannuronové a guluronové kyseliny (M – a G – bloků). GG blok (dva sousedící guluronátové řetězce) vytváří ideální prostor pro iont vápníku, který interaguje s karboxylovými skupinami guluronátů za vzniku silné trojrozměrné sítě. Proto alginát s vysokým obsahem G – bloků tvoří silné a tuhé gely. Naopak MM blok (dva sousedící mannurátové řetězce) tvoří plochou strukturu, a proto je





Obrázek 6: Tvorba gelu alginátu s ionty vápníku v „egg – box“ modelu [29]

Důležitou vlastností alginátů je schopnost tvořit gely za nízkých teplot. Alginátové gely jsou více či méně nezávislé na teplotě a také termostabilní. Proto mohou být tepelně zpracovány bez nebezpečí tavení, čehož se využívá například u krémů na pečení [21].

Vzhledem k tomu, že gelace alginátů nemůže být řízena teplotou, musí se přihlížet k dalším parametrům. Nejdůležitějšími faktory jsou koncentrace alginátů, počet a sekvence mannuronátu a guluronátu, poměr mezi jednotlivými ionty a přítomnost komplexotvorných látek jako jsou fosforečnany nebo citráty, které vážou dvojmocné ionty a ty se pak nezapojí do gelace [21].

Po gelaci jsou molekuly vody drženy v alginátové síti, ale dochází také k jejich volné migraci difúzí. Gel zadržuje vodu pomocí vodíkových vazeb, pokud však dojde ke smrštění sítě gelu, část vody bude vypuzena. Tento jev je označován jako synerese. Synerese je u alginátových gelů zpravidla nežádoucím jevem a závisí na mnoha parametrech, jako poměr M a G bloků, molekulové hmotnosti a koncentraci vápníku. Gely připravené z alginátů s nižší molekulovou hmotností vykazují nižší syneresi ve srovnání s gely alginátů s vyšší molekulovou hmotností. Vyšší stupeň synerese projevují gely alginátů s větším obsahem

střídajících se MG struktur. Nejdůležitějším aspektem je však poměr vápníku a alginátu v systému. V případě vyváženého složení, kde je přítomno jen tolik vápníku, aby byly nasyceny všechny G – bloky alginátu, je míra synereze obvykle zanedbatelná. Ovšem při nadměrném obsahu vápníku, může být synereze vyšší [29].

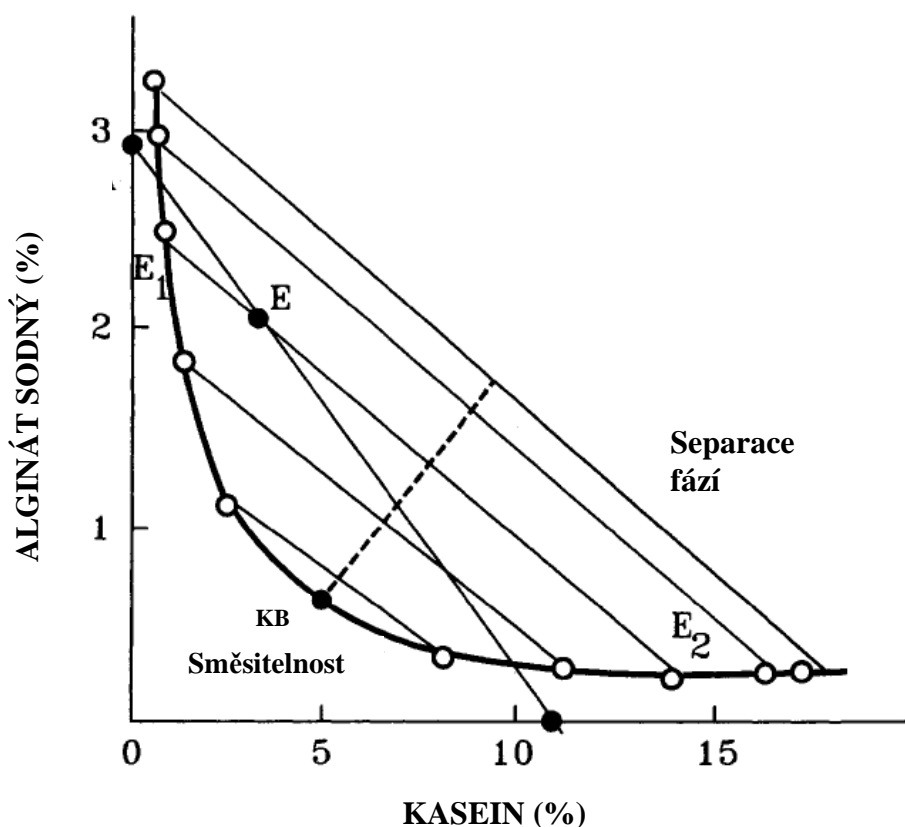
### 3.3 Interakce s kaseiny

Je důležité mít na paměti, že algináty jsou polyelektrolyty, což znamená, že se za příznivých podmínek mohou ovlivňovat s jinými elektrostaticky nabitými polymery, například proteiny. Ve smíšených systémech by následkem mohl být fázový přechod nebo zvýšení viskozity. Tyto elektrostatické interakce se využívají ke stabilizaci a zesílení mechanických vlastností při přepracování některých potravin (např. tavení přírodních sýrů) či krmiv. Na druhou stranu, pokud je cílem vyhnout se takovýmto interakcím, mělo by míchání alginátu a proteinu probíhat při vyšším pH, kdy většina bílkovin nese záporný náboj [21,28].

Kaseinové a alginátové roztoky jsou tvořeny supramolekulární strukturou (účinkují zde nekovalentní vazebné interakce mezi molekulami, např. elektrostatické síly) s výraznou vnitřní viskozitou. Během koagulace se mezi těmito supramolekulárními strukturami vytvářejí vzájemné vazby, přičemž nedochází ke změnám vnitřní viskozity. Změny probíhající ve struktuře jsou závislé na podmínkách koagulace (pH, koncentrace vápenatých iontů) [43].

Algináty jsou anionaktivní polysacharidy, nesou tedy záporný náboj stejně jako kaseiny (při  $\text{pH} > 5$ ). Pro ternární fáze obsahující stejně nabitě elektrolyty (kasein – alginát sodný – voda) je typická termodynamická fázová separace. Výsledkem je vznik jedné fáze obsahující většinu kaseinů a druhé fáze tvořené převážně alginátem sodným. Neslučitelnost směsí v polymeru závisí na interakcích mezi polymery a na interakcích každého polymeru s rozpouštědlem. Vyšší molekulové hmotnosti, nižší elektrostatické interakce (vyšší koncentrace alginátu) a rozvinutí molekul jsou faktory, které zvyšují neslučitelnost fází [44].

Obrázek 7 je typickým fázovým diagramem pro systém voda – kasein – alginát sodný. Přímky spojující bílé kroužky reprezentují rovnovážné složení. Tečkovaná čára rozděluje složení systému do dvou fází stejného množství. Přímka spojující černé plné kroužky je křivka, která určuje stav fází. Přičemž pod touto křivkou jsou fáze dispergovány a nad touto křivkou dochází k oddělování fází [44].



Obrázek 7: Fázový diagram systému VODA – KASEIN – ALGINÁT SODNÝ. E – směs alginátu sodného a kaseinu v roztoku, E<sub>1</sub> – převažuje alginát, E<sub>2</sub> – téměř čistý roztok kaseinu [44]

### 3.4 Využití alginátů

Schopnost alginátů zlepšit, modifikovat a stabilizovat strukturu potravin je předurčuje k použití jako přídatných látek do potravin, např. jako želírující činidlo, stabilizátor vodných směsí, disperzí a emulzí, ochranný film, aj. Většina aplikací je založena na fyzikálních vlastnostech samotných alginátů, ale mohou rovněž vyplývat ze vzájemného působení spolu s dalšími složkami potravinářského výrobku [28,29].

Algináty jsou používány do restrukturovaných potravin a pokrmů, kdy umožňují z rozdrčených kousků surovin znovuvytvoření požadované struktury potraviny. Restrukturované potraviny obsahují syrovou přírodní surovinu jako základní složku (například cibulové kroužky obsahují cibuli). Restrukturalizace posiluje a zlepšuje přirozené vlastnosti surovin nebo jim uděluje nové parametry, které umožňují použít produkt i do aplikací, do kterých

se tradičně nepoužívá. Patří zde například mělněné masné výrobky, cibulové kroužky, olivy s náplní, ovocné náplně, krabí tyčinky nebo koktejlové třešničky [28,29,40].

Další uplatnění našly algináty při výrobě mražených krémů, kdy snižují tvorbu krystalů během zmrazování za vzniku hladkého produktu. Ve výrobcích typu emulze oleje ve vodě, např. majonézy, salátové dresinky, nízkotučné pomazánky apod. zabraňují oddělování vodné a tukové fáze. Dále se přidávají do ovocných náplní, které stabilizují, zabraňují jejich vytečení během pečení a také přestupu vlhkosti z náplně do těsta. Zajišťují stabilitu pekařských krémů a polev i při zmrazování a rozmrazování. Za účelem zvýšení viskozity jsou aplikovány do sýrových a jiných omáček [28,29].

Algináty se uplatňují nejen v potravinářském průmyslu, ale i v dalších odvětvích. Například v kosmetickém průmyslu, v textilním a papírenském odvětví pro zlepšení povrchových vlastností výrobků. Ve farmaceutickém odvětví se využívají při výrobě obvazů, kde při kontaktu s kůží vytvoří gel (výměnou vápenatých iontů za sodné ionty z tělních tekutin), který snižuje podráždění a bolest při převazech [21,28,30].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**



## 4 CÍL PRÁCE

Cílem praktické části bakalářské práce bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného a sledovat v průběhu 30 dnů skladování změny texturních vlastností, pH a sušiny.

Pro dosažení cílů bylo potřeba:

- prostudovat tavené sýry, jejich význam ve výživě a výrobu,
- zaměřit se na hydrokoloidy používané do tavených sýrů,
- charakterizovat algináty, jejich strukturu, zisk a tvorbu gelu,
- provést studii interakce alginátů s kaseinovými bílkovinami.

Pro zpracování praktické části bylo nezbytné splnit tyto cíle:

- vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného,
- zabývat se texturními vlastnostmi a pH vyrobených modelových vzorků,
- vyhodnotit výsledky a formulovat závěry.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Popis experimentu

V rámci experimentální části bylo vyrobeno 19 modelových vzorků tavených sýrů s obsahem různé koncentrace alginátu sodného. Vyrobena byla také kontrolní vzorek, tedy bez alginátu sodného. Tyto modelové vzorky byly podrobeny základní chemické analýze, kdy se měřilo pH a sušina, a texturní profilové analýze, kdy byla zkoumána tvrdost, relativní lepi-  
vost a kohezivnost.

### 5.2 Výroba vzorků

Pro experiment byla vyrobena modelová řada tavených sýrů s 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. Základními surovinami byla eidamská cihla o zralosti 7 týdnů s ~50 % (w/w) sušiny a ~30 % (w/w) tuku v sušině (Kromilk a. s., Kroměříž, ČR), máslo (s ~84% (w/w) sušiny a ~82 % (w/w) tuku v sušině), pitná voda, alginát sodný (Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) a tavicí soli (Fosfa, a. s., Břeclav, ČR).

Alginát sodný byl přidáván v koncentraci od 0 do 1 % s koncentračním krokem 0,05 % (celkem 19 koncentrací).

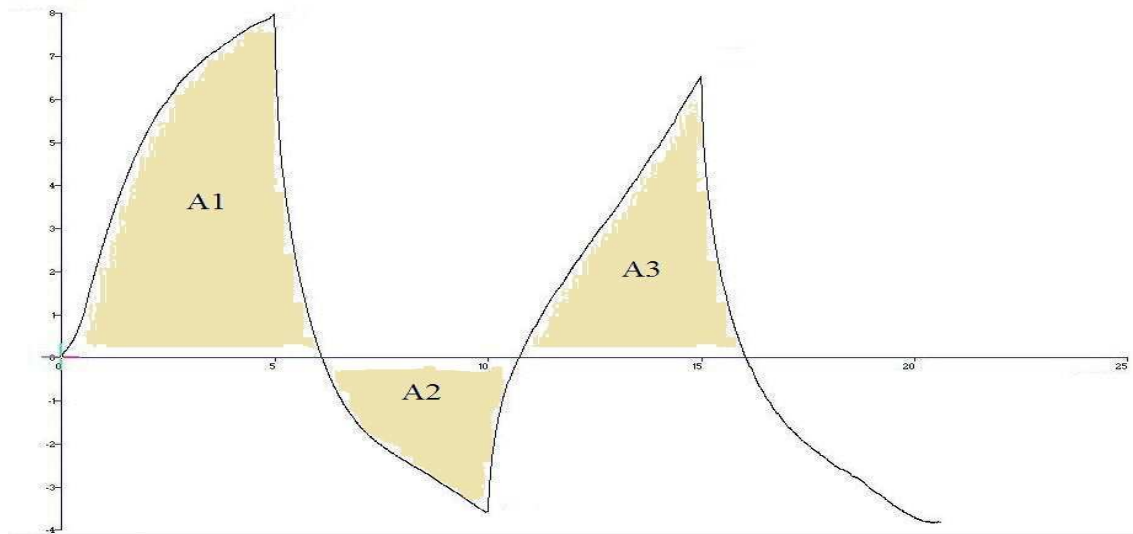
Tavicí soli byly aplikovány v množství 3 % w/w celkové hmotnosti taveného sýra. Byly tvořeny směsí hydrogenfosforečnanu sodného a dihydrogenfosforečnanu sodného ve vzájemném poměru 70:30.

Modelová řada tavených sýrů byla vyrobena v laboratorních podmínkách pomocí přístroje Vormerk Thermomix TM31. Tavicí teplota byla 90 °C s výdrží po dobu 1 minuty. Horká tavenina byla ihned dávkována do polypropylenových kelímků (válcový tvar, výška 50 mm, průměr 52 mm) s přivařitelným hliníkovým víčkem. Po vychladnutí byly takto vyrobené vzorky až do okamžiku analýz skladovány při chladírenských teplotách ( $6 \pm 2$  °C).

Vzorky byly vyrobeny s dvojnásobným opakováním, vznikly tak 2 série vzorků stejné surovinové skladby. Pro jednotlivá stanovení byly použity 3 vzorky z každé vyrobené série z důvodu lepší reprodukovatelnosti výsledků. Měření byla prováděna 1., 7. a 30. den od data výroby.

### 5.3 Texturní profilová analýza

Texturní analyzátor TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd., UK) měří tvrdost (pevnost), relativní lepi-  
vost a kohezivnost (soudržnost).



Obrázek 8: Graf k vyhodnocení texturní profilové analýzy taveného sýra [39]

Tvrдост je popisována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku [31].

Čím vyšších hodnot dosahuje maximum křivky na ose x, tím více síly je potřeba k deformaci taveného sýra a výrobek je tvrdší.

Relativní lepivost je dána prací potřebnou k překonání přitažlivých sil mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy [32,33].

Relativní lepivost byla sledována z důvodu vlivu stupně tuhosti matrice na práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku. Relativní lepivost byla stanovena jako poměr absolutní hodnoty plochy záporného píku A2 k ploše kladného píku A1 (viz obrázek 6). Se zvětšující se plochou křivky (při konstantní tuhosti matrice) roste lepivost výrobku, protože stoupá potřeba práce k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem taveného sýra a postranním povrchem sondy.

Kohezivnost je definována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [32,33].

Kohezivnost (soudržnost) je určena poměrem ploch píků A3:A1. Čím více se poměr kohezivnosti blíží k hodnotě 1, tím intenzivnější jsou síly vnitřních vazeb taveného sýra, který vykazuje vyšší soudržnost.

Výsledky texturní analýzy (tvrдост, relativní lepivost, kohezivnost) byly modelovány pomocí regresní analýzy s využitím metody nejmenších čtverců. Pomocí této statistické metody lze odhadnout trend závislosti náhodné veličiny (tzv. závisle proměnné) na základě

znalosti jiných veličin (nezávisle proměnných) – v tomto případě koncentrace přidaného alginátu sodného. Testovanými modely byly polynomy 1. – 4. stupně.

Významným faktorem při vyhodnocování lineární regrese metodou nejmenších čtverců je koeficient determinace. Koeficient determinace určuje intenzitu lineární závislosti mezi závisle a nezávisle proměnnou veličinou. Čím více se koeficient determinace blíží k hodnotě 1, tím je závislost klasifikována jako silnější a regresní funkce lépe vystihuje průběh závislosti. Naopak čím více se koeficient blíží k nule, tím je závislost hodnocena jako slabší [34,35].

#### 5.4 Základní chemická analýza

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových kationtů v daném prostředí ( $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ) [36]. Měření pH bylo provedeno pomocí vpichového pH-metru Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Byly měřeny tři kelímky každé série, přičemž do každého kelímku byl pH-metr aplikován třikrát pro lepší reprodukovatelnost výsledků.

Sušina je popisována jako zbytek látek po vysušení vzorku při určité teplotě do konstantních hmotnostních úbytků [36]. Sušina byla stanovena sušením směsi tvořené 3 g taveného sýra a 25 g předsušeného písku při  $102 \pm 1$  °C do konstantního úbytku hmotnosti. Požadovaná hodnota sušiny tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného byla 40 % (w/w) s tolerancí  $\pm 5$  %.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUSE

### 6.1 Výsledky chemické analýzy

Měření pH po 1 a 7 dnech skladování bylo vybráno z důvodu intenzivních změn v textuře taveného sýra. V těchto dnech lze očekávat intenzivnější vazbu vody a mírné interakce mezi alginátem a kaseinovými bílkovinami (resp. jejich hydrolytickými štěpy).

Hlavním cílem bylo dosažení optimálních hodnot pH, které se obvykle pohybují v intervalu 5,6 až 6,1. Klesající pH taveniny zvyšuje tuhost finálního výrobku. Při významně nižším pH (5,0 až 5,2) se tavený sýr stává obvykle drobivým. Naopak s rostoucí hodnotou pH taveniny konzistence měkne. Podstatně vyšší pH (6,5 až 6,7) může způsobit nadměrně měkkou konzistenci, rizikem jsou i mikrobiologické problémy [3].

Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s přídavkem alginátu sodného se pohybovaly v rozmezí 5,66 – 5,98, což odpovídá optimálnímu pH tavených sýrů. Vývoj aktivní kyselosti v závislosti na koncentraci alginátu sodného nevykazoval jednoznačný trend, hodnoty střídavě stoupaly a klesaly po křivce připomínající sinusoidu. Rozdíly naměřených hodnot byly nevýznamné, koncentrace alginátu sodného tedy nemá vliv na pH tavených sýrů.

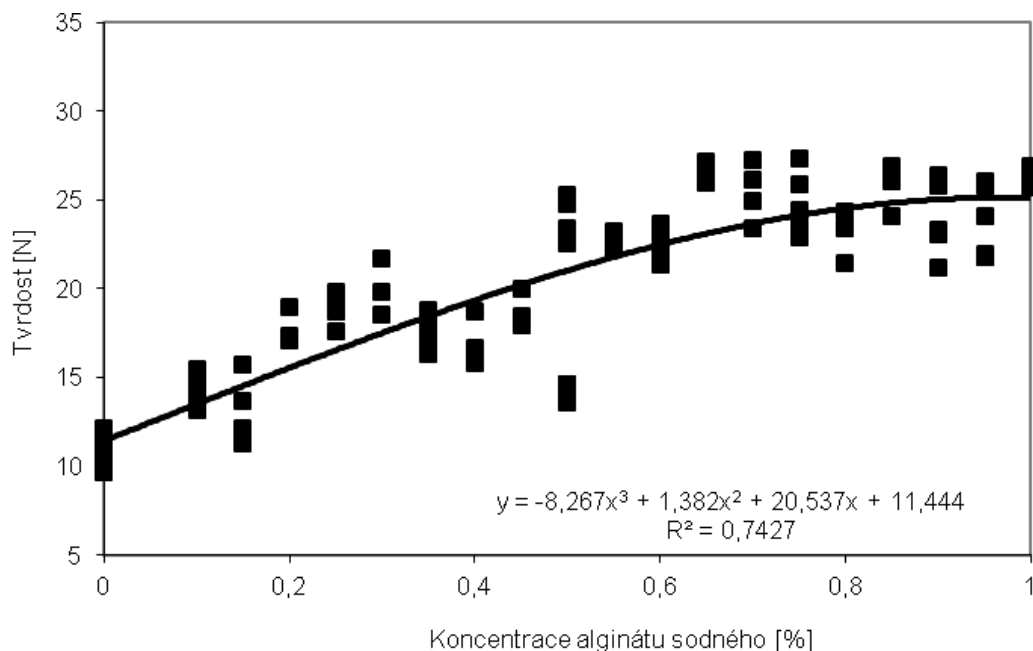
Cílem experimentu bylo vyrobit tavený sýr s přídavkem alginátu sodného o sušině 40 % w/w s tolerancí  $\pm 5$  %. Sušina vyrobeného sýra se pohybovala v rozmezí 41,12 – 43,68 % (w/w), rozdíly hodnot byly velmi malé.

### 6.2 Výsledky texturní profilové analýzy

#### 6.2.1 Výsledky tvrdosti

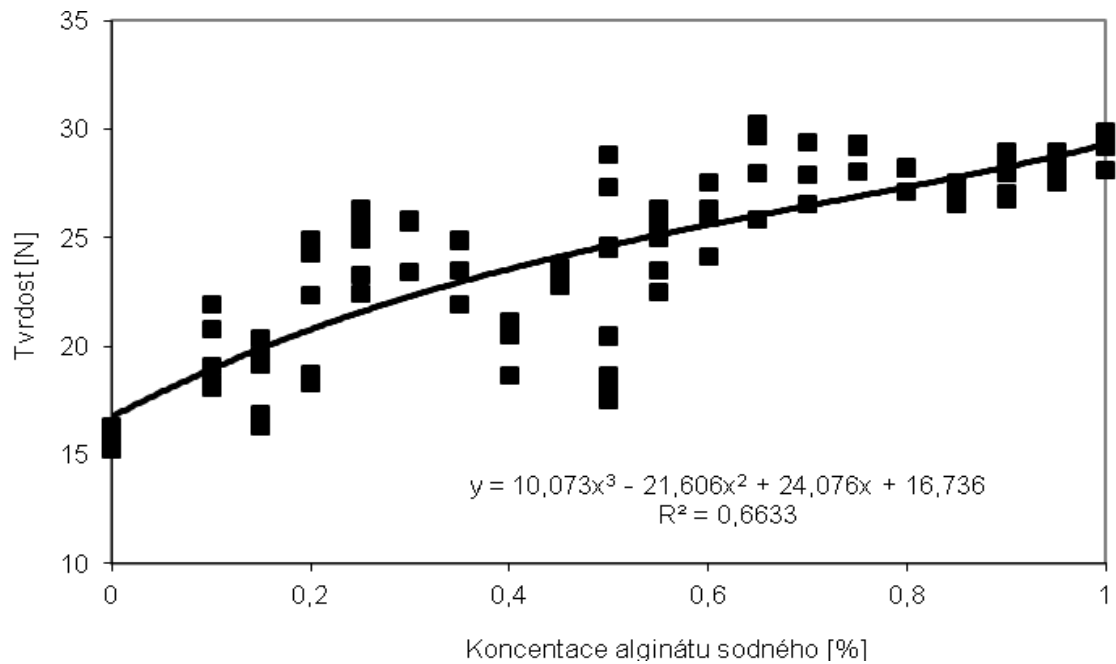
Tvrdost byla monitorována jako maximální síla potřebná pro vtlačení sondy do hloubky 10 mm vzorku taveného sýra. Závislost tvrdosti tavených sýrů na přídavku alginátu sodného byla 1., 7. a 30. den po utavení vyhodnocována lineární regresní analýzou s využitím polynomického modelu třetího stupně. Indexy determinace pro polynomy 1. a 2. stupně byly podstatně nižší v porovnání s modelem kubické funkce. Použitím polynomu 4. stupně nedošlo k významnému zvýšení indexu determinace. Výběr vhodného modelu byl realizován pomocí koeficientu determinace ( $R^2$ ) [35].

Tvrdość analyzovaných vzorků byla změřena pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus s použitím sondy o průměru 20 mm (P20) a penetrační sondy (hloubka 10 mm, rychlost penetrace sondy  $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ , zahájení při síle odpovídající 5 g). Test byl proveden 1., 7. a 30. den od data výroby.

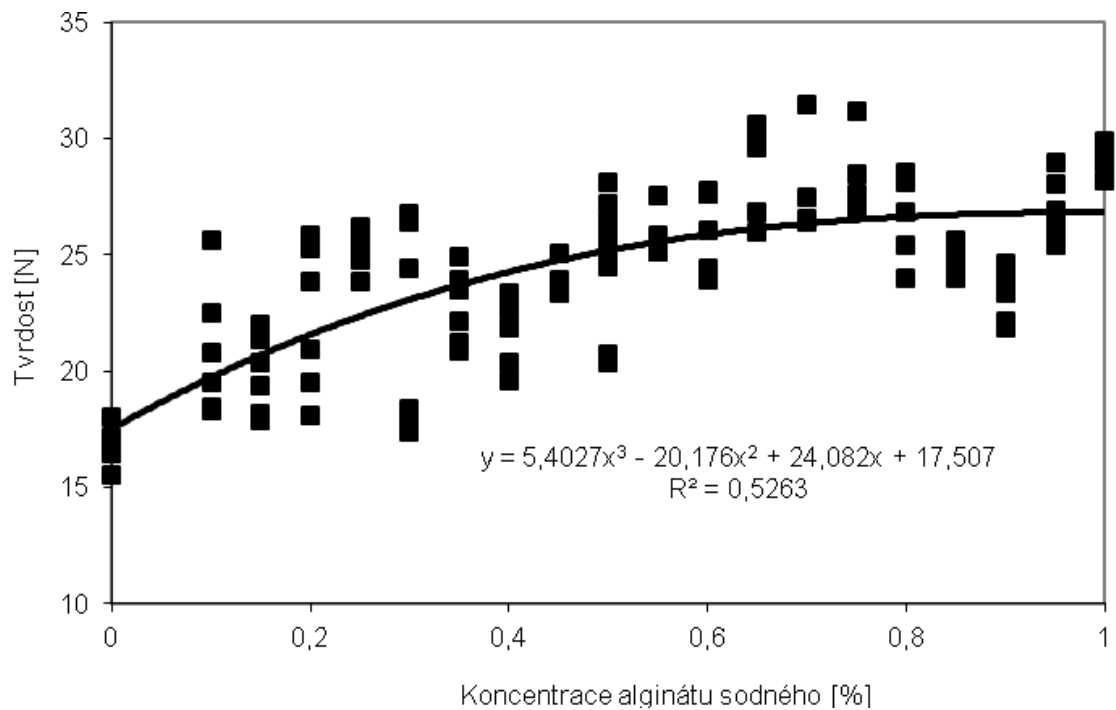


*Graf 1: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C*

Z grafů 1 - 3 je jednoznačně patrné, že se tvrdost taveného sýra zvyšovala s rostoucí koncentrací alginátu sodného i s dobou skladování. Tvrdość vzorků stoupala relativně rychle do koncentrace alginátu sodného 0,4 %. Od této hodnoty se růst tvrdosti zpomalil, místy až zastavil. Nejvyšší hodnota tvrdosti byla naměřena u vzorku s koncentrací alginátu sodného 1 % po 30 dnech skladování.

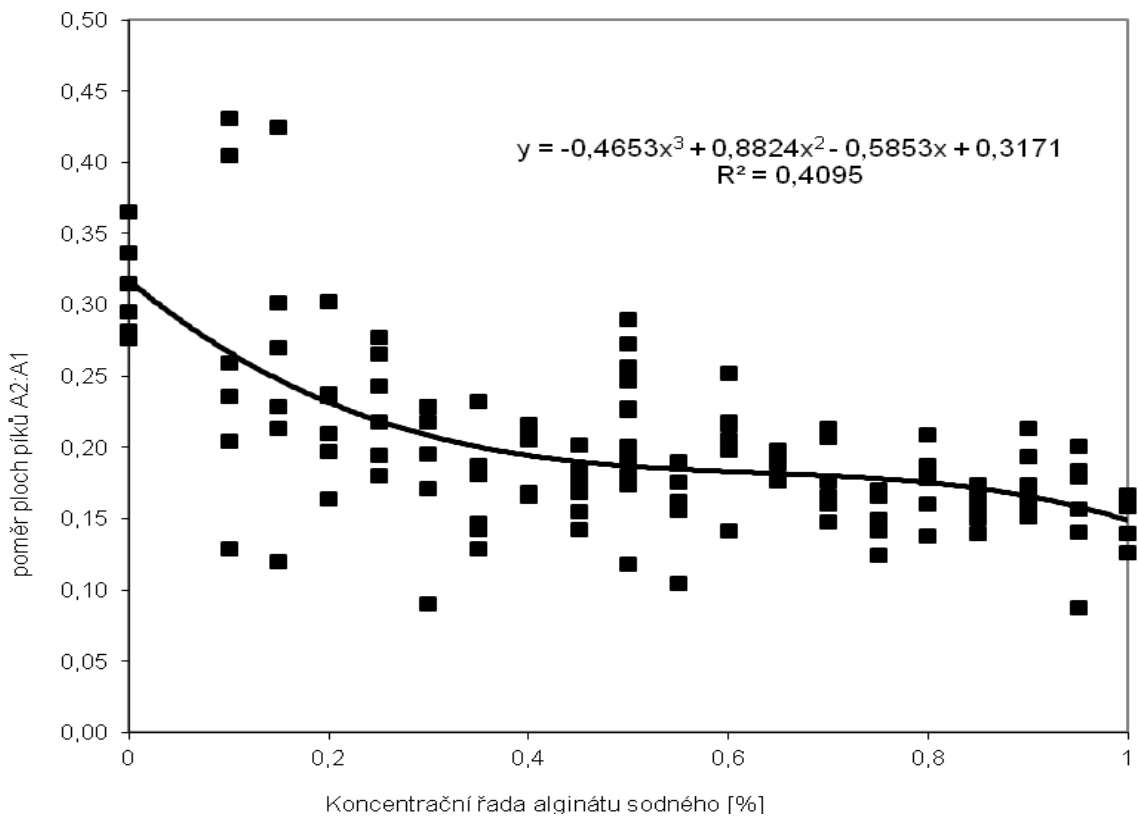


*Graf 2: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C*



*Graf 3: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C*

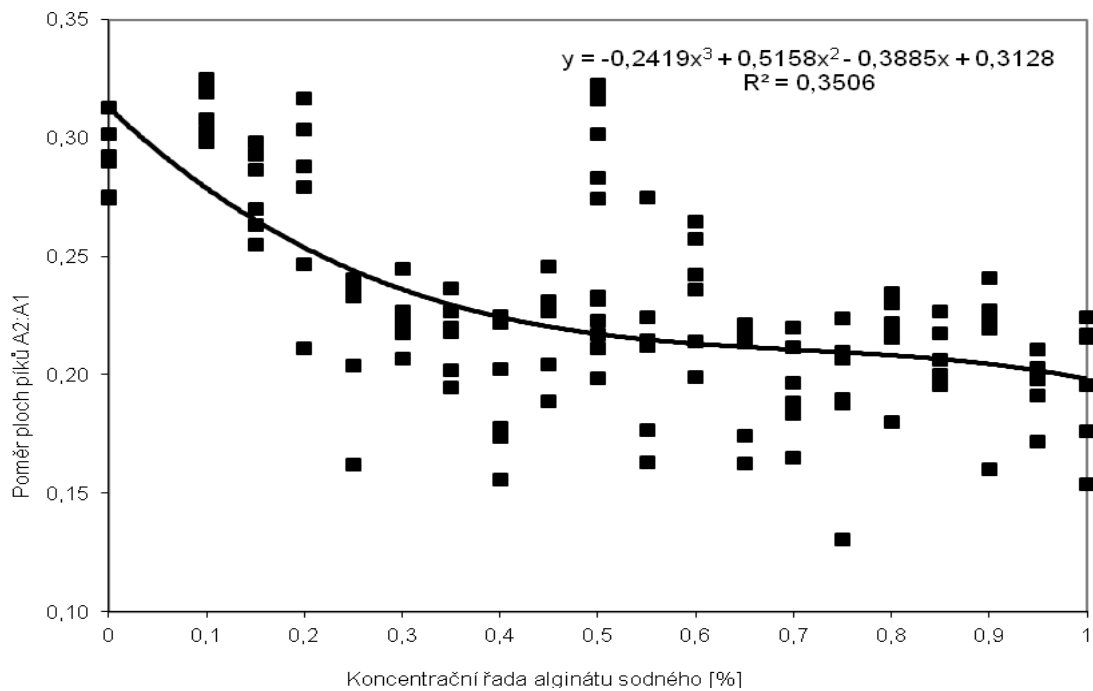
### 6.2.2 Relativní lepivost



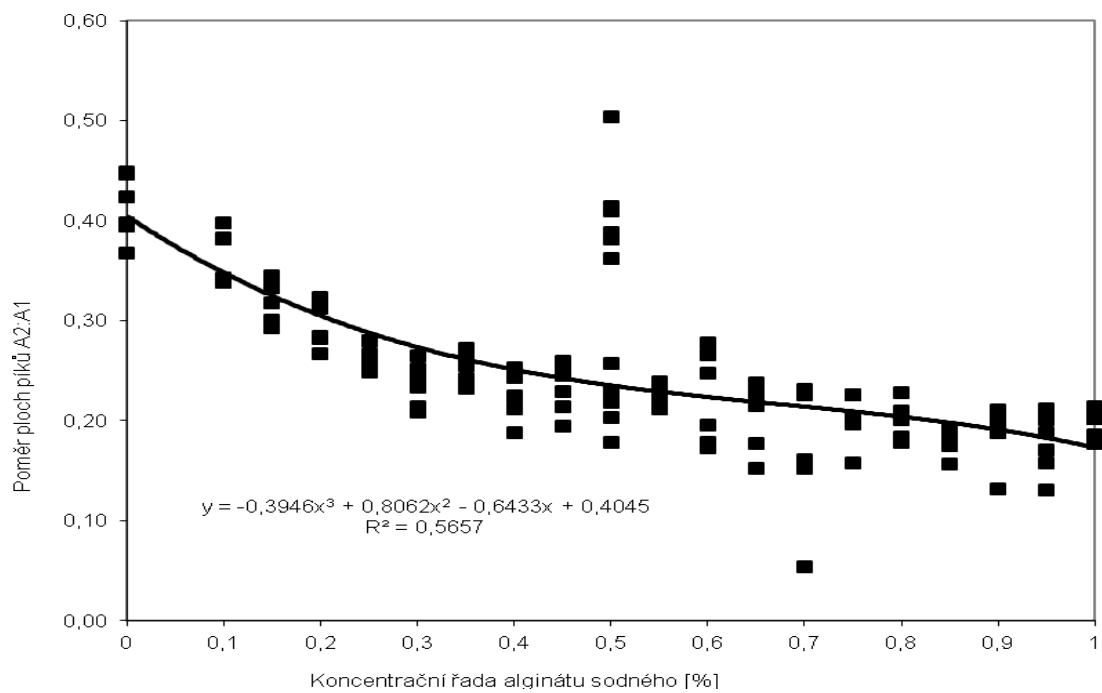
Graf 4: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C

Relativní lepivost modelových vzorků tavených sýrů vykazovala mírně klesající trend s rostoucí koncentrací alginátu sodného. Tento trend byl dán tím, že hydrokoloidy vytváří velmi silnou matici, proto se adhezivnost k ostatním materiálům snižuje. Hodnoty relativní lepivosti se pohybovaly v intervalu 0,14 – 0,41. Nejmenší hodnoty byly dosaženy u vzorku s 0,7 % koncentrací alginátu po 30 dnech skladování, který byl nejméně lepivý. Nejvyšší hodnota tohoto parametru byla pozorována u vzorku s 0 % alginátu sodného 30. den po utavení, u kterého se projevila největší lepivost.



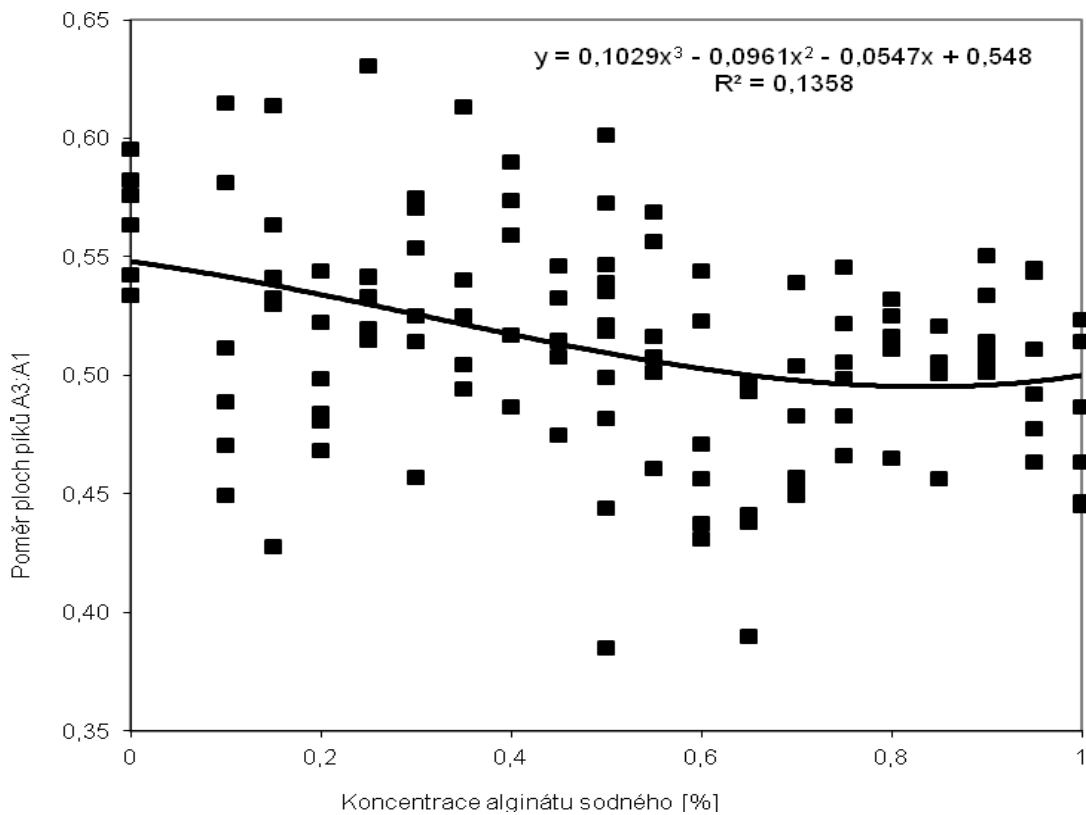


Graf 5: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C



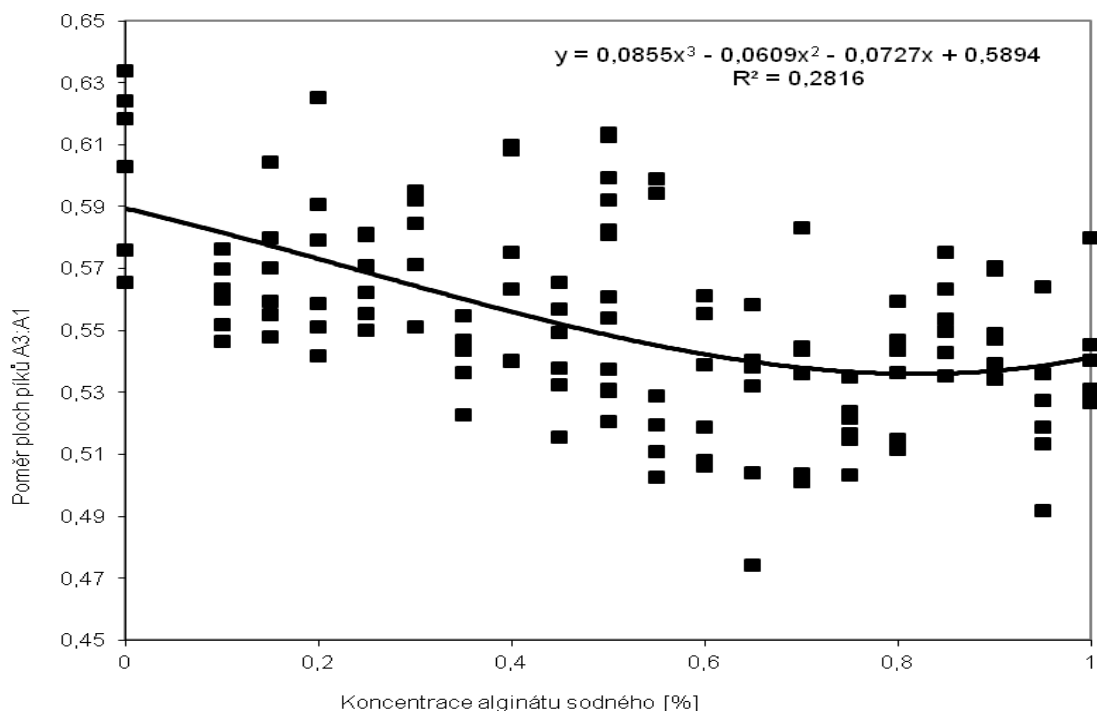
Graf 6: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C

### 6.2.3 Kohezivnost

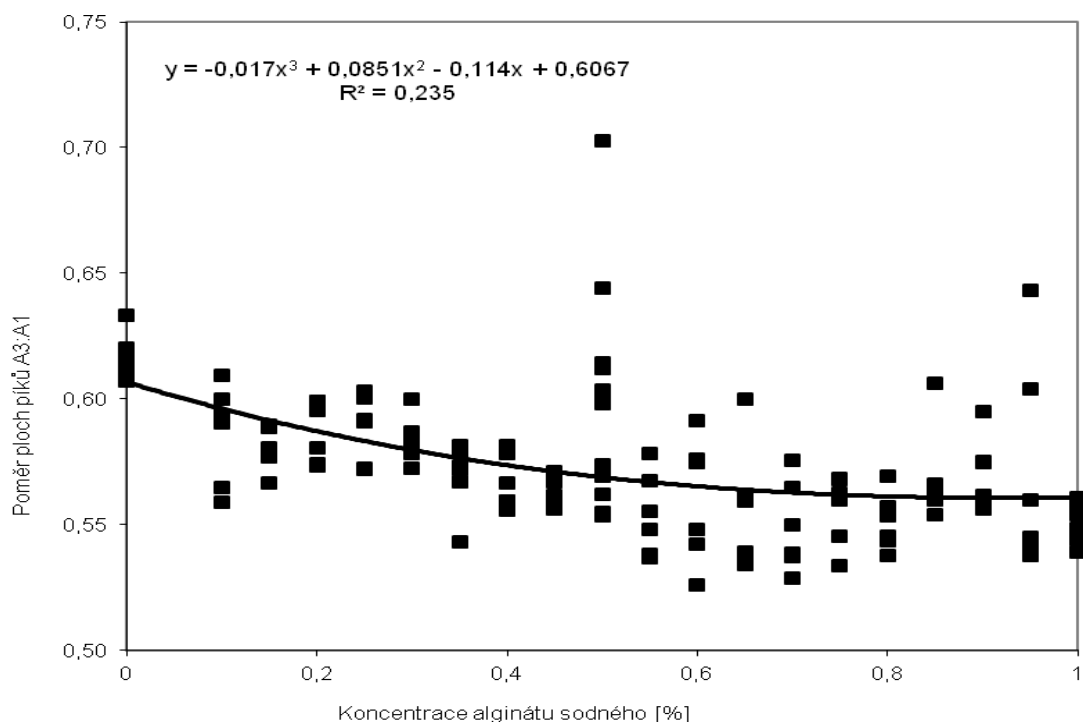


*Graf 7: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C*

Průměrná hodnota kohezivnosti analyzovaných vzorků taveného sýra s přidavkem alginátu sodného byla stanovena na 0,57. Z grafů 7 – 9 je zřejmé, že změny kohezivnosti v důsledku přidavku hydrokoloidu jsou nevýznamné, což je dáno nízkými indexy determinace. V průběhu skladování došlo k mírnému zvýšení kohezivnosti analyzovaných vzorků.



Graf 8: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C



Graf 9: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C

### 6.3 Souhrnná diskuse

Během 30 denního skladování modelových vzorků tavených sýrů s přidavkem alginátu sodného byly zjišťovány změny jakostních parametrů pomocí metod chemické analýzy (pH, sušina) a texturní profilové analýzy (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost).

Hodnoty pH modelových vzorků tavených sýrů s přidavkem různé koncentrace alginátu sodného se pohybovaly v rozmezí 5,66 – 5,98, což odpovídá optimálnímu pH tavených sýrů (5,6 – 6,1). Vývoj pH v závislosti na koncentraci alginátu sodného ani na době skladování nevykazoval jasný trend, hodnoty střídavě stoupaly a klesaly. Podle Awad *et al.* [42] dochází v průběhu skladování k poklesu pH vlivem hydrolýzy fosforečnanových solí. Lze usoudit, že alginát sodný pravděpodobně stabilizuje pH prostřednictvím vazby vody. V případě sušiny se podařilo vyrobit modelové vzorky s požadovaným obsahem tohoto parametru (35 – 45 %), hodnoty se pohybovaly v rozmezí 41,12 – 43,68 % (w/w). Z důvodu závislosti zkoumaných parametrů na obsahu sušiny je dosažení požadované hodnoty s minimálními odchylkami nezbytné pro správnost výsledků.

Relativní lepivost modelových vzorků tavených sýrů vykazovala mírně klesající trend s rostoucí koncentrací alginátu sodného. Tento trend byl dán tím, že hydrokoloidy vytváří velmi silnou matici, proto se adhezivnost k ostatním materiálům snižuje. Hodnoty relativní lepivosti se pohybovaly v intervalu 0,14 – 0,41. Průměrná hodnota kohezivnosti analyzovaných vzorků taveného sýra s přidavkem alginátu sodného byla stanovena na 0,57, přičemž změny kohezivnosti v důsledku přidavku hydrokoloidu jsou nevýznamné, což vyplývá z nízkých indexů determinace. V průběhu skladování došlo k mírnému zvýšení kohezivnosti analyzovaných vzorků.

Se skladováním a s rostoucí koncentrací alginátu se zvyšovala i tvrdost taveného sýra. Shirashoji *et al.* [15] a Carić *et al.* [2] uvádí, že na zvyšování tvrdosti v průběhu skladování může mít vliv i hydrolýza fosforečnanových solí. Tvrdost vzorků se zvyšovala relativně strmě do koncentrace alginátu sodného 0,4 %. Poté se růst tvrdosti zpomalil, místy až zastavil. Tento průběh mohl být způsoben tím, že v nízkých koncentracích může docházet k intenzivní vazbě vody a pravděpodobně také k interakcím s kaseiny (resp. jejich hydrolytickými štěpy). Podle Aguilera a Stanley [44] můžou vyšší koncentrace alginátu sodného způsobit mírné porušení kompaktnosti kaseinové matrice a tím negativně ovlivnit texturní vlastnosti (vazba vody a porušení matrice). Po 30 - ti denním skladování už pravděpodobně interakce mezi alginátem a kaseiny téměř neprobíhají. Finální struktura taveného sýra by

tedy měla být prakticky dokončena, změny probíhající během dalšího skladování jsou za-  
nedbatelné.

## ZÁVĚR

Algináty se v potravinářském průmyslu používají jako zahušřovadla, stabilizátory a látky upravující texturu.

Cílem této práce bylo vyrobit tavené sýry s různou koncentrací alginátu sodného a provést texturní analýzu se zaměřením na tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost. Dále byl sledován vliv alginátu sodného na pH tavených sýrů.

Ze získaných výsledků bylo možné učinit následující závěry:

- tvrdost tavených sýrů se zvyšuje s dobou skladování a s rostoucí koncentrací alginátu sodného. Signifikantní nárůst tvrdosti byl pozorován do koncentrace alginátu sodného 0,4 %,
- přídavek alginátu sodného mírně snižuje relativní lepivost,
- vliv přídavku alginátu sodného na hodnoty kohezivnosti je minimální,
- aplikací alginátu sodného pravděpodobně dochází ke stabilizaci pH.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] 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.
- [2] CARÍĆ, M., T. P. GUINEE and M. KALÁB. Pastereuized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products. *Cheese: Chemistry, Physics and Mikrobiology*. 2004, vol. 2, p. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [3] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno: Folia MZLU II, 2009, č. 6, ISBN 978-80-7375-336-8, ISSN 1803-2109.
- [4] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro naše zdraví*. Brno: Littera, 1996, ISBN 80-85763-09-5.
- [5] KOPÁČEK, Jiří. Jak vhodně komunikovat na téma sýr? (2. část). *Potravinářská revue*. 2005, č. 4, s. 23-26. ISSN 1801-9102.
- [6] DOSTÁLOVÁ, J., J. PÁNEK a J. POKORNÝ. *Základy výživy a výživová politika*. Vyd. 1. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-468-8.
- [7] DOSTÁLOVÁ, J. Výživová doporučení Společnosti pro výživu pro obyvatelstvo České republiky. *Potravinářská revue*. 2005, č. 1, s. 17-19. ISSN 1801-9102.
- [8] BUŇKA, F., H. KADIDLOVÁ a V. NOVÁK. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. Vyd. 1. Zlín: UTB ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-429-X.
- [9] BUŇKA, František a Václav NOVÁK. *Základy ekonomiky výživy*. Vyd. 1. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005. ISBN 80-7318-262-9.
- [10] KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin I*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-509-9.
- [11] KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT, 2002. ISBN 80-7080-510-2.
- [12] BUDÍNSKÝ, P., F. BUŇKA, I. HOZA, V. PAVLÍNEK, I. SÁDLÍKOVÁ a B. VOLDÁNOVÁ. The effect of selected phosphate emulsifying salts on viscoelastic properties of processed cheese. *LWT – Food Science and Technology*. 2010, vol. 43, p. 1220-1225.

- [13] BUŇKA, František a Jan HRABĚ. Tavené sýry. *Potravinářská revue* [online], 2006, č. 3, s. 13 – 16. ISSN 1801-9102.
- [14] CUQ, J. L., E. GASTALDI, A. LAGAUDE and S. MARCHESSEAU. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*. 1997, vol. 80, p. 1483-1489.
- [15] JAEGGI, J. J., J. A. LUCEY and N. SHIRASHOJI. Effect of sodium hexameta-phosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteu-rized process cheese. *Journal of Dairy Science*. 2010, vol. 93, p. 2827-2837.
- [16] BENNETT, R. J., Y. HEMAR, D. ILLINGWORTH, S. K. LEE, D. C. W. REID and D. TRIVEDI. The effect of starch addition on the rheological and microstructural pro-perties of model processed cheese. *Australian Journal of Dairy Technology*. 2006, vol. 61, p. 157-159. ISSN 0004-9433.
- [17] BUŇKA, F., P. BŘEZINA, M. ČERNÍKOVÁ, K. HLADKÁ, V. PAVLÍNEK, M. POSPIECH and B. TREMLOVÁ. Replacement of traditional emulsifying salts by se-lected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*. 2010, vol. 20, p. 336-343.
- [18] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. Vyd. 2. Tábor: OSIS, 2002. ISBN 80-86659-00-3.
- [19] DUGGAN, E., N. NORONHA, M. O´SULLIVAN, E. D. O´RIORDAN and G. R. ZIEGLER. Inclusion of starch in imitation cheese: Its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocolloids*. 2007, vol. 22, p. 1612-1621.
- [20] MOUNSEY, J. S. and E. D. O´RIORDAN. Characteristics of imitation cheese containing native or modified rice starches. *Food Hydrocolloids*. 2007, vol. 22, p. 1160-1169.
- [21] PHILLIPS, G. O. and P. A. WILLIAMS. *Handbook of hydrocolloids* Second Edition. Woodhead Publishing Limited and CRC Press: Boca Raton, 2009, p. 108-297. ISBN 978-1-84569-587-3.
- [22] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 2*, Vyd. 2. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-01-1.



- [23] BUŇKA, F., I. MACKŮ, V. PAVLÍNEK and B. VOLDÁNOVÁ. Effect of addition of selected solid cosolutes on viscoelastic properties of model processed cheese containing pectin. *Food Hydrocolloids*. 2009, vol. 23, p. 2078-2084.
- [24] ANDRIAMANANTOANINA, H. and M. RINAUDO. Relationship between the molecular structure of alginates and their gelation in acidic conditions. *Polymer International*. 2010, vol. 59, p. 1531 – 1541.
- [25] DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*. 2003, vol. 17, p. 25-39.
- [26] BUŇKA, F., M. ČERNÍKOVÁ a K. HLADKÁ. Možnosti náhrady tradičních tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Celostátní přehlídka sýrů 2010. VŠCHT v Praze*, 2010. ISBN 978-80-7080-760-6.
- [27] BŘEZINA, P., J. HRABĚ a P. VALÁŠEK. *Technologie potravin živočišného původu*. UTB ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-405-2.
- [28] BRASCH, D. J. and R. PANIKKAR. Composition and block structure of alginates from New Zealand brown seaweeds. *Carbohydrate Research*. 1996, vol. 293, p. 119 – 132.
- [29] IMESON, Alan. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Blackwell Publishing, 2010. ISBN 978-1-4051-3267-1.
- [30] HU, H., A. LUO and Y. QIN. The Conversion of Calcium Alginate Fibers into Alginic Acid Fibers and Sodium Alginate Fibers. *Wiley Periodicals*, 2006, p. 4216 – 4221.
- [31] FLOURY, J., B. CAMIER, F. ROUSSEAU, Ch. LOPEZ, J. P. TISSIER, M. H. FAMELART. Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW-Food Science and Technology*, 2009, vol. 42, p. 1611-1620. ISSN 0023-6438.
- [32] ROSENTHAL, A. J. *Food Texture – Measurement and Perception*. A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gaithersburg, Maryland: 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [33] CUNHA, C. R. and W. H. VIOTTO. Casein peptization, functional properties, and sensory acceptance of processed cheese spreads made with different emulsifying salts. *Journal of Dairy Science*. 2010, vol. 75, p. 113-120.

- [34] HINDLS, R., S. HRONOVÁ a J. SEGER. Statistika v hospodářství, 1. vyd. Praha: ETC Publishing, 1998, s. 636. ISBN 80-86006-56-5.
- [35] HEBÁK, P., J. HUSTOPECKÝ a I. MALÁ. Vícerozměrné statistické metody 2., 1. vyd. Praha: Informatorium, 2005, s. 239. ISBN 80-73333-036-9.
- [36] HOZA, I., O. ROP a P. VALÁŠEK. Teoretické principy konzervace potravin I. Hlavní konzervářenské suroviny. 1. vyd. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005, s. 6, 36. ISBN 80-7318-339-0.
- [37] BUŇKA, František a Jiří KOPÁČEK. Mýty o tavených sýrech a jak proti nim argu-mentovat. Potravinářská revue [online], 2012, č. 1, s. 26–29.
- [38] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. Acta fytotechnica et zootechnica – Mimoriadne číslo, Nitra: Slo-vaca Universitas Agriculturae Nitriae, 2009, s. 69-78.
- [39] ANONYM. Křivka texturní profilové analýzy. [online] [cit. 2012-02-15], software Texture Exponent Lite (Stable Micro Systéme, Ltd.).
- [40] CHALLEN, I. and R. MOORHOUSE. Hydrocolloids in Restructured Foods. In Hyd-rocolloids in Food Processing. Blackwell Publishing, Ltd. and Institute of Food Tech-nologists, 2011, p. 165–214. ISBN 978-0-8138-2076-7.
- [41] ALNAIEF, M., M. A. ALZAITOUN, C. A. GARCÍA-GONZÁLEZ and I. SMIRNOVA. Preparation of biodegradable nanoporous microspherical aerogel based on alginate. Carbohydrate Polymers. 2011, vol. 84, p. 1011-1018.
- [42] ABDEL-HAMID, L. B., R. A. AWAD, S. A. EL-SHABRAWY and R. K. SINGH. Chemical properties of processed Ras cheese spreads as affected by emulsifying salt mixtures. Journal of Food Processing Preservation. 2000, vol. 24, p. 191-208.
- [43] SUCHKOV, V. V., V. YA. GRINBERG et al. Mechanical and functional properties of anisotropic geleous fibres obtained from the two – phase system of water – casein – sodium alginate. Die Nahrung. 1988, vol. 32, p. 661-668.
- [44] AGUILERA, J. M. and D. V. STANLEY. Microstructural Principles of Food Pro-ces-sing and Engineering, Second Edition. Aspen Publishers, Gaithersburg, Mary-land, 1999, p. 93-108. ISBN: 0-8342-1256-0.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

|                |   |
|----------------|---|
| 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   |
| R <sup>2</sup> | Koeficient determinace  |

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Obrázek 1: Schéma diskontinuální výroby tavených sýrů [3] .....</i>  | <i>15</i> |
| <i>Obrázek 2: Chemická reakce výměny <math>Ca^{2+}</math> iontů za <math>Na^+</math> ionty při procesu tavení. (A – anion tavicí soli, SER – serinové zbytky, NaA – tavicí sůl obsahující sodný kation, CaA – tavicí sůl s navázaným vápenatým kationtem) [3] .....</i> | <i>16</i> |
| <i>Obrázek 3: a) vzorec <math>\beta</math>-D-mannuronátu a <math>\alpha</math>-L-guluronátu, b) kovalentní vazba mezi bloky, c) úsek řetězce alginátu [21] .....</i>  | <i>22</i> |
| <i>Obrázek 4: Základní sekvence alginátů [24] .....</i>   | <i>23</i> |
| <i>Obrázek 5: Koordinace vápníku v egg – box modelu [41] .....</i>  | <i>24</i> |
| <i>Obrázek 6: Tvorba gelu alginátu s ionty vápníku v „egg – box“ modelu [29] .....</i>  | <i>25</i> |
| <i>Obrázek 7: Fázový diagram systému VODA – KASEIN – ALGINÁT SODNÝ. E – směs alginátu sodného a kaseinu v roztoku, <math>E_1</math> – převažuje alginát, <math>E_2</math> – téměř čistý roztok kaseinu [44] .....</i>   | <i>27</i> |
| <i>Obrázek 8: Graf k vyhodnocení texturní profilové analýzy taveného sýra [39] .....</i>  | <i>32</i> |

**SEZNAM GRAFŮ**

|   |           |
|---|-----------|
| <i>Graf 1: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C .....</i>               | <i>35</i> |
| <i>Graf 2: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C.....</i>              | <i>36</i> |
| <i>Graf 3: Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C.....</i>             | <i>36</i> |
| <i>Graf 4: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C.....</i>     | <i>37</i> |
| <i>Graf 5: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C .....</i>  | <i>38</i> |
| <i>Graf 6: Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C .....</i> | <i>38</i> |
| <i>Graf 7: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 1 dni skladování při 6 °C.....</i>            | <i>39</i> |
| <i>Graf 8: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6 °C .....</i>         | <i>40</i> |
| <i>Graf 9: Závislost kohezivnosti tavených sýrů na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1% w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6 °C .....</i>        | <i>40</i> |

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Příspěvek na konferenci: NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., MYNARČÍKOVÁ, L.  
Vliv přídavku alginátu sodného na tvrdost tavených sýrů. In Food Hygiene and  
Technology 41th Lenfeld's and Hökl's Days. Brno: VFU, 12. – 13. října 2011,  
s. 149 – 151. ISBN 978-80-7305-594-3.

# PŘÍLOHA P I: VÝZKUM – TEXTURNÍ VLASTNOSTI

## Vliv přídatku alginátu sodného na tvrdost tavených sýrů

### *Influence of sodium alginate on hardness of processed cheese*

Gabriela Nagyová, František Buňka, Lucie Mynarčíková

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

#### Abstract

The aim of this work was to produce processed cheese with addition of different concentrations of sodium alginate in range of 0.05–1.00 % w/w. The values of hardness were determined by texture analysis after 1, 7, and 30 days of storage. The results show that increase of alginate concentrations leads to growth in cheese hardness. With increasing storing time the hardness of all processed cheeses rose in all sodium alginate concentrations tested.

#### Úvod

Tavené sýry se vyrábí zahříváním směsí různých druhů přírodních sýrů, které mohou být v různém stupni prozrálosti, s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání do chvíle, než je dosaženo homogenní struktury hmoty požadovaných vlastností. (Guinee *et al.*, 2004; Buňka *et al.*, 2009).

Algináty patří do skupiny hydrokoloidů, což jsou látky polymerního charakteru, které jsou schopné stabilizovat popř. modifikovat strukturu taveného sýra (Draget, 2009). Svým složením jsou algináty nevětvené lineární kopolymery  $\beta$ -D-mannuronové (M) a  $\alpha$ -L-guluronové (G) kyseliny spojené glykosidovými vazbami (1→4). Lineární alginátový řetězec lze modelově rozdělit do tří základních sekvencí, ve kterých se střídají různě dlouhé úseky obsahující pouze molekuly M, nebo výhradně molekuly G či smíšené pravidelně se střídající úseky MG (Draget, 2009). Významnou

vlastností alginátů je tvorba gelu. Sodné algináty jsou schopny specifické vazby s ionty vápníku následně tvořící alginát vápenatý (Velíšek 1999; Pathak *et al.*, 2010). Pokud se vápenaté ionty navážou na alginátový úsek obsahující řetězce s jednotkami G, dochází ke spojení rovinným dvojdimenzionálním způsobem a vytvoří se tak struktura zvaná „egg box model“, jehož výsledkem je tuhý gel (Velíšek, 1999; Andriamanantoanina, 2010; Pathak, 2010). Úseky řetězce tvořené jednotkami M tvoří plochou strukturu a proto je jejich schopnost vázat ionty vápníku nízká. Gel se tvoří pomalu a je měkký a pružnější. Střídající se úseky MG v alginátovém řetězci vytváří také měkký ale méně pružný gel. (Draget, 2009).

Cílem práce bylo studovat tvrdost tavených sýrů v závislosti na přídatku alginátu sodného (0–1 % w/w; koncentrační krok 0,05 %) po 1, 7 a 30 dnech skladování při 6°C.

### **Materiál a metodika**

Pro tento experiment byla vytvořena modelová řada tavených sýrů s 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. Základními surovinami byla eidamská cihla (obsah sušiny ~50 % w/w, ~30 % tuku v sušině w/w; zralost 7 týdnů), máslo (obsahu sušiny ~84% w/w, tuk v sušině ~82 % w/w), pitná voda, alginát sodný (Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) a tavicí soli. Alginát sodný byl přidán v koncentraci od 0 do 1 %, přičemž koncentrační krok byl dán posunem vždy o 0,05 %. Tavicí soli byly aplikovány v množství 3 % w/w celkové hmotnosti taveného sýra a byly tvořeny směsí dihydrogenfosforečnanu sodného a hydrogenfosforečnanu sodného (Fosfa, a. s., Břeclav). Modelová řada byla vyrobena v laboratorních podmínkách za použití přístroje Vormerk Thermomix TM31. Tavicí teplota byla 90°C s výdrží po dobu 1 minuty. Vyrobena tavenina byla dávkována do polypropylenových kelímků (válcový tvar, výška 50 mm, průměr 52 mm) s přivařitelným víčkem. Vzorky byly až do okamžiku analýz skladovány při chladírenských teplotách (6±2°C).

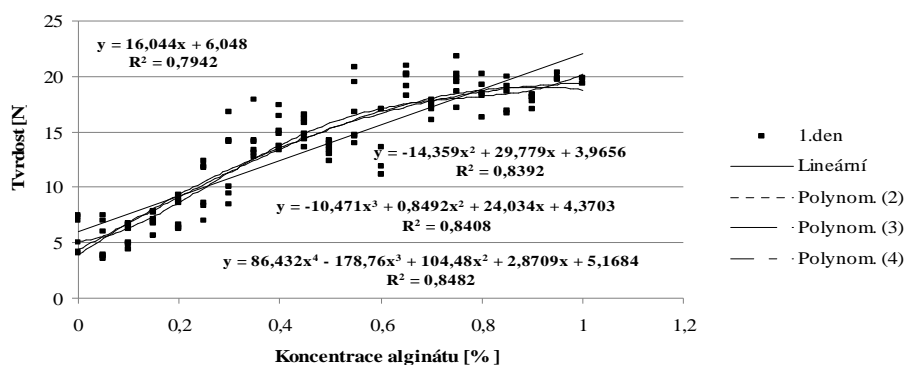
Texturní analýza byla provedena pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd.) penetrací sondy (hloubka 10 mm, rychlost penetrace sondy 2 mm·s<sup>-1</sup>, zahájení při síle odpovídající 5 g), a to 1., 7. a 30. den od data výroby. Test byl proveden s použitím sondy o průměru 20 mm (P20). Tvrdost je definována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku (Floury *et al.*, 2009). Tvrdost byla sledována jako



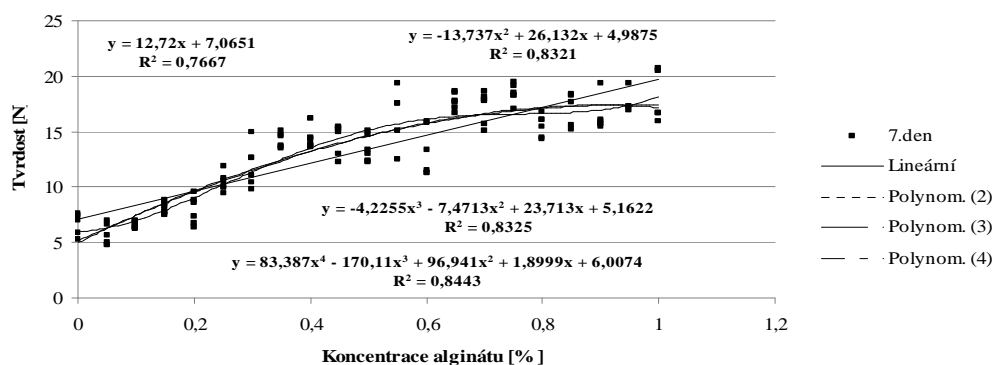
maximální síla potřebná pro vtažení sondy do hloubky 10 mm. Závislost tvrdosti tavených sýrů na přídatku alginátu sodného byla v jednotlivých dnech modelována pomocí lineární regrese s využitím polynomických modelů prvního až čtvrtého stupně. Vhodnost modelu byla posuzována pomocí koeficientu determinace ( $R^2$ ). (Hebák *et al.*, 2005)

## Výsledky a diskuse

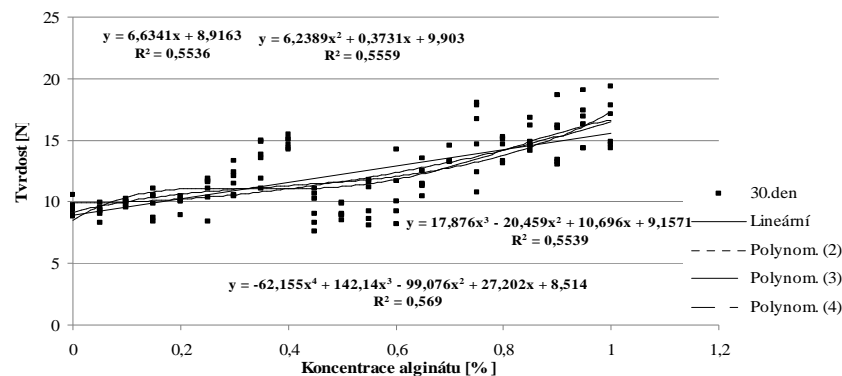
Pomocí texturní analýzy byly sledovány hodnoty tvrdosti tavených sýrů v závislosti na koncentraci přidaného alginátu sodného a na době skladování. Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků jsou zobrazeny na Grafech 1 – 3.



**Graf 1:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1 % w/w); měřeno po 1 dnu skladování při 6°C



**Graf 2:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1 % w/w); měřeno po 7 dnech skladování při 6°C



**Graf 3:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] na koncentraci přidaného alginátu sodného (0 – 1 % w/w); měřeno po 30 dnech skladování při 6°C

Z naměřených výsledků je patrné, že po celou dobu skladování se s rostoucí koncentrací alginátu zvyšovala i tvrdost taveného sýra. Z regresních modelů a zejména z hodnot koeficientu determinace ( $R^2$ ) lze u 1. a 7. dne vysledovat, že přímkový model je za daných podmínek nejméně vhodným modelem ze čtyř testovaných. To poukazuje na nelineární průběh závislosti tvrdosti tavených sýrů na přídatku alginátu sodného. Z průběhu závisle proměnné veličiny vyplývá, že tvrdost vzorků narůstá relativně rychle do koncentrace alginátu sodného 0,4 %. Následně dochází ke zpomalení růstu tvrdosti nebo ke stagnaci. Další zvyšování lze pozorovat až ve vyšších koncentracích. Zdůvodnění tohoto jevu lze hledat ve skutečnosti, že v nízkých koncentracích může docházet k intenzivní vazbě vody a pravděpodobně také k interakcím s kaseinovými bílkovinami (resp. jejich hydrolytickými štěpy). Draget (2009) uvádí, že ve vyšších koncentracích může docházet k mírnému porušení kompaktnosti kaseinové matrice a tím k jevům s protichůdným vlivem na texturní vlastnosti (vazba vody a porušení matrice).

Ve 30. den skladování došlo k mírné změně trendu závislosti tvrdosti na přídatku alginátu sodného. Všechny 4 testované modely vykazovaly velmi obdobné hodnoty koeficientu determinace ( $R^2$ ). V průběhu skladování docházelo ke zvyšování tvrdosti tavených sýrů, což vyplývá ze srovnání absolutních členů prakticky všech regresních modelů. V průběhu skladování lze tedy předpokládat interakce v oblasti vazby vody a pravděpodobně také reakce s kaseinovými bílkovinami, které „dotvoří“ finální matici taveného sýra.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo vyrobit tavené sýry s různým přídatkem alginátu v koncentracích 0 až 1 % w/w, přičemž koncentrační krok byl volen po 0,05 %. Ze získaných výsledků bylo zjištěno, že se vzrůstající koncentrací alginátu rovněž roste tvrdost tavených sýrů. Měření po 1. a 7. dnech skladování vykazovalo nelineární průběh závislosti tvrdosti na koncentraci alginátu. Po 30. dnech skladování byl již pozorován téměř lineární nárůst tvrdosti se zvyšující se koncentrací alginátu sodného. Dochází pravděpodobně ke stabilizaci matrice taveného sýra, jež je zřejmě způsobena pevnější vazbou vody. S prodlužující se dobou skladování se tvrdost tavených sýrů ve všech aplikovaných koncentracích alginátu sodného zvyšovala.

## **Poděkování**

Tato práce vznikla za podpory interního grantu UTB ve Zlíně č. IGA/18/FT/11/D financovaného z prostředků specifického vysokoškolského výzkumu.

## **Kontaktní adresa**

Ing. Gabriela Nagyová, Ústav technologie a mikrobiologie potravin,  
Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Náměstí T. G. Masaryka 5555,  
760 01, Zlín

Tel.: 00420 576 033 025; e-mail: nagyova@ft.utb.cz

## **Literatura**

BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. *Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů*. Acta fytotechnica et zootechnica – Mimoriadne číslo, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 2009. s. 69-78

DRAGET, Kurt, 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.

FLOURY, J., B. CAMIER, F. ROUSSEAU, Ch. LOPEZ, J. P. TISSIER, M. H. FAMELART, Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW-Food Science and Technology*, 42, 2009. p. 1611-1620. ISSN 0023-6438.

GUINEE, T. P., M. CARIC a M. KALÁB, *Pasteurized Processed Cheese and Substitute/Imitation Cheese Products*. 2004. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Third edition – Volume 2: Major Cheese Groups, ISBN 0-1226-3653-8.

HEBÁK, P., J. HUSTOPECKÝ a I. MALÁ: *Vícerozměrné statistické metody 2.*, 1. vyd. Praha: Informatorium 2005. 239 s. ISBN 80-73333-036-9

KODET, J., I. ŠOTOLOVÁ a S. ŠTĚRBA. *Plnicí, zahušťovací a gelotvorné a stabilizační látky pro potraviny*. 1.vyd. Praha: Středisko potravinářských informací, 1993. 236 s.

PATHAK, T. S., J. H. YUN a J. LEE. Effect of calcium ion (cross-linker) concentration on porosity, surface and morphology and thermal behavior of calcium alginates prepared from algae (*Undaria pinnatifida*). *Carbohydrate Polymers*. 2010, v. 81, č. 3, 633 – 639 s.

VELÍŠEK, Jan: *Chemie potravin I*. 1.vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-902391-3-7.

ANDRIAMANANTOANINA, Hanta a Marguerite RINAUDO. Relationship between the molecular structure of alginates and their gelation in acidic conditions. *Polymer International*. 2010, v. 59, č. 11, 1531 - 1541 s.