

# **Texturní vlastnosti tavených sýrů vyrobených s použitím binárních směsí karagenanu a alginátu**

Helena Bačová

---

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: **Helena BAČOVÁ**  
Osobní číslo: **T09003**  
Studijní program: **B 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Téma práce: **Texturní vlastnosti tavených sýrů vyrobených s použitím binárních směsí karagenanu a alginátu**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Prostudujte tavené sýry, jejich konzumaci a princip výroby.
2. Zaměřte se na využití, strukturu a vlastnosti karagenanů.
3. Charakterizujte tvorbu karagenanových gelů.
4. Popište interakce karagenanu a alginátu s mléčnými bílkovinami.

### II. Praktická část

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

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. 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.
2. IMESON, Alan. Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of hydrocolloids (2nd Edition)*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2009. p. 807-828. ISBN 978-1-84569-4142.
3. IMESON, Alan. *Food Stabilizers, Thickeners and Gelling Agents*. 2010. Blackwell Publishing. ISBN 978-1-4051-3267-1.
4. SYRBE A., W. J. BAUER a H. KLOSTERMEYER. *Polymer Science Concepts in Dairy Systems, An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction*. *International Dairy Journal*. 1998, vol. 8, p. 179-193.
5. ROSENTHAL, Andrew, J. *Hydrocolloids*. In *Food texture: measurement and perception*. Eds: Rosenthal, A. J., Aspen Publishers, 1999. p 282-303. ISBN 978-0-8342-1238-1.

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: BACOVÁ HELENA

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 4.5.2012

Bacová Helena

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

## **ABSTRAKT**

Tato práce se zabývá tavenými sýry a studuje vliv binárních směsí alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu na tvrdost, relativní lepivost, kohezivnost a pH těchto výrobků. Pro účely experimentu byly použity různé poměry přídatku alginátu a karagenanu, přičemž tyto poměry byly voleny s následující vzrůstající tendencí po 10 % (0:100; 10:90; ...90:10; 100:0). Celkový přídatek binárních směsí byl konstantní a činil 0,3 % na celkovou hmotnost taveného sýra. Měření byla prováděna 1., 7. a 30. den po utavení. Vzorčky byly skladovány při teplotách 6 °C.

U vzorků tavených sýrů byly zkoumány texturní vlastnosti, stanovováno pH a obsah sušiny. S prodlužující se dobou skladování lze usoudit, že se tvrdost tavených sýrů zvyšovala. Lokální maximum pevnosti bylo detekováno při poměru alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu 1:4. Kohezivnost tavených sýrů se v průběhu skladování mírně zvyšovala, naopak relativní lepivost měla klesající tendenci.

**Klíčová slova:** tavené sýry, alginát,  $\kappa$ -karagenan, tavicí soli

## **ABSTRACT**

This work deals with influence of binary mixtures of sodium alginate and  $\kappa$ -carrageenan on hardness, relative adhesiveness, cohesiveness and pH of processed cheese. Addition of different ratios of sodium alginate and  $\kappa$ -carrageenan were used in the experiment. These ratios of individual hydrocolloids were chosen with the increasing trend by step of 10 % (0:100; 10:90; ...90:10; 100:0). The total addition of binary mixtures was 0,3 % on the total weight of processed cheese. Measurements were tested after 1, 7 and 30 days after the manufacture. Samples were stored at 6 °C.

Samples of processed cheese were examined for texture properties, value of pH and dry matter. It was found that hardness of processed cheese rose with the increasing storage time. The local maximum of strength was detected at a ratio sodium alginate and  $\kappa$ -carrageenan 1:4. Cohesiveness of processed cheese mildly increased during the storage time, on the other hand relative adhesiveness decreased.

**Keywords:** processed cheese, alginate,  $\kappa$ -carrageenan, emulsifying salts

Ráda bych poděkovala vedoucí mé bakalářské práce, Ing. Gabriele Nagyové, za odborné vedení, konzultace a trpělivost při vytváření bakalářské práce a také za pomoc při realizaci a vyhodnocování praktické části.

Dále bych ráda poděkovala doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D., za odborné konzultace a cenné rady.

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>11</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>12</b>
1.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ.....	12
1.2 KONZUMACE A VÝŽIVOVÉ HLEDISKO TAVENÝCH SÝRŮ .....	13
1.3 PRINCIP VÝROBY TAVENÝCH SÝRŮ .....	14
<b>2 KARAGENANY</b> .....	<b>16</b>
2.1 STRUKTURA A VLASTNOSTI KARAGENANŮ .....	16
2.2 TVORBA GELU .....	18
2.3 INTERAKCE KARAGENANŮ S KASEINY.....	19
2.4 VYUŽITÍ KARAGENANŮ.....	20
<b>3 ALGINÁTY</b> .....	<b>22</b>
3.1 STRUKTURA A VLASTNOSTI ALGINÁTŮ .....	22
3.2 INTERAKCE A TVORBA GELU .....	23
3.3 INTERAKCE ALGINÁTŮ A KASEINY .....	25
3.4 VYUŽITÍ ALGINÁTŮ.....	26
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>28</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>29</b>
<b>5 METODIKA PRÁCE</b> .....	<b>30</b>
5.1 POPIS EXPERIMENTU .....	30
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ TAVENÝCH SÝRŮ .....	30
5.3 TEXTURNÍ ANALÝZA.....	31
5.4 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA.....	32
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>33</b>
6.1 VÝSLEDKY PH A SUŠINY .....	33
6.2 VÝSLEDKY TVRDOSTI .....	33
6.3 VÝSLEDKY KOHEZIVNOSTI .....	35
6.4 VÝSLEDKY RELATIVNÍ LEPIVOSTI .....	37
6.5 DISKUZE .....	39
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>42</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>46</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>47</b>

<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>48</b>
---------------------------	-----------

## ÚVOD

Tavené sýry jsou poměrně dosti oblíbeným sortimentem mléčných výrobků. Jsou vyráběny zahříváním směsí různých druhů přírodních sýrů, tavicích solí a dalších složek za částečného podtlaku a stálého míchání do vytvoření homogenní struktury požadovaných vlastností. Proces tavení zajišťuje taveným sýrům delší dobu trvanlivosti, čímž se významně liší od zbylých skupin mléčných výrobků. Tavené sýry jsou vhodnou ukázkou variability. Na trhu jsou o různé textuře, chuti, vůni, velikosti a tvaru, což je předurčuje k různé možnosti uplatnění a využitelnosti.

Teoretická část bakalářské práce se zabývá třemi kapitolami, kde úvodem jsou zmíněny tavené sýry, jejich základní charakteristika, výroba a malá zmínka je věnována i výživovému hledisku tavených sýrů. Další kapitola pojednává o karagenanech, což jsou přírodní hydrokoloidy na bázi polysacharidů, které jsou získávány z extraktů mořských řas. Pozornost je zaměřena na jejich strukturu, vlastnosti a využití. Práce se také zabývá interakcemi karagenanů s mléčnými bílkoviny a charakterizuje tvorbu karagenanových gelů. Závěr teoretické části se týká alginátů, jejich struktury, vlastností, využití a tvorby gelu.

Cílem a smyslem této bakalářské práce bylo studovat vliv přídatku binárních směsí alginátu a karagenanu na texturní vlastnosti (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost), pH a sušinu tavených sýrů. Hydrokoloidy byly aplikovány ve vzájemných poměrech 0:100; 10:90; ...90:10; 100:0 a jejich přídavek činil 0,3 % hmotnostních. Experimentální část byla prováděna po dobu 30 dnů, v pravidelných intervalech (1., 7. a 30 den).

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TAVENÉ SÝRY

## 1.1 Základní charakteristika tavených sýrů

Z hlediska vyhlášky Ministerstva zemědělství České republiky č. 77/2003 Sb., v platném znění, jsou tavené sýry považovány za sýry, které byly tepelně upraveny za přídavku tavicích solí. V této vyhlášce jsou také uvedeny 2 podskupiny podle obsahu tuku v sušině. Jako nízkotučný (roztíratelný) lze označit takový tavený sýr, jehož obsah tuku je nejvýše 30 % hmotnostních. Tavený sýr s obsahem tuku nejméně 60 % hmotnostních je dle vyhlášky nazván jako vysokotučný (roztíratelný) [1]. V literatuře se ještě rozlišují na plnotučné, kde obsah tuku v sušině činí 45 - 55 % hmotnostních a tavené sýry polotučné, kde je obsaženo 30 - 45 % tuku v sušině. Tavené sýry, kde je obsah tuku menší než 20 % hmotnostních, prakticky nejsou vyráběny. Naopak při velmi vysokém zastoupení tuku v sušině, např. 70 % hmotnostních, tento výrobek ztrácí charakter taveného sýra [2]. Je stanoveno, že minimálně 51 % hmotnosti sušiny taveného sýra musí pocházet z přírodního sýra. Výrobek s názvem tavený sýr může obsahovat nejvýše 5 % hmotnostních laktózy. Označování těchto mléčných výrobků, musí být opatřeno i zařazením do podskupiny, což znamená, zda jde o výrobek nízkotučný či vysokotučný, naplňují-li parametry podskupin [1].

Tavené sýry jsou nejmladší skupinou sýrů. Začaly se vyrábět na začátku minulého století, kolem roku 1911, zatímco zmínky o konzumaci přírodních sýrů jsou známy už u starověkých národů [3]. Tavené sýry jsou charakteristické tím, že jsou vyráběny zahříváním směsi přírodních sýrů s tavicími solemi za stálého míchání a částečného podtlaku do vytvoření homogenní hmoty, která má určité požadované vlastnosti [4]. Technologie výroby těchto mléčných výrobků dovoluje zahrnout do surovinové skladby i přírodní sýry, které jsou sice chuťově nepozměněné, ale je u nich zjištěna mechanická vada, která by bránila přímému prodeji spotřebitelům. Není doporučováno používat k výrobě přírodní sýry, které byly napadeny plísněmi či sporulujícími mikroorganismy. V posledních letech se výrobci snaží takovýmito nevhodným produktům vyhýbat [4, 5]. Tavené sýry jsou určeny buď pro přímou konzumaci, nebo mohou být použity jako surovina pro další výrobu, např. pomazánky, toppingy na pizzu apod. [6]. Při použití mladých nezralých sýrů při výrobě se může stát, že výsledný produkt bude mít nevýraznou, prázdnou chuť a bude hůře tavitelný. Dále je zde riziko nadměrného bobtnání a možnosti tvorby vzduchových bublin v důsledku vysoké viskozity utavené směsi. Také není příliš vhodné použít pouze zralou surovinu. Nevýhodou

může být tvorba příliš ostré chuti či příliš měkká konzistence. Aby se předcházelo těmto nežádoucím jevům, je výhodné, aby byly do surovinové skladby zařazeny směsi přírodních sýrů o různém stupni zralosti [4].

Výhodou tavených sýrů je, že proces tavení prodlouží jejich trvanlivost na dobu delší, než je tomu u klasických přírodních sýrů. Další výhodou je výběr ze širokého sortimentu a různých chuťových variant tavených sýrů. Tavené sýry jsou ukázkou velké variability. Na trhu jsou nabízeny výrobky o různé textuře (krájitelnosti, pevnosti), vůni, tvaru, chuti a velikosti. Tyto parametry si každý výrobce určí sám a je jen na preferencích spotřebitele, který finální výrobek je pro něj žádoucí [7, 8].

## 1.2 Konzumace a výživové hledisko tavených sýrů

Dle statistik z roku 2010 zkonsumuje každý Čech 2,1 kg taveného sýra za rok. Za několik posledních let je u nás spotřeba tavených sýrů nebyvale vysoká, i když v posledních letech došlo k jejímu mírnému poklesu [9]. Nutriční hodnota těchto mléčných výrobků závisí na surovinové skladbě, která byla při technologii výroby použita. Tavené sýry jsou zdrojem bílkovin, lipidů, vitaminů, zejména riboflavinu, některých minerálních látek a také cholesterolu. Co se týče posledního zmiňovaného cholesterolu, ten je v České republice potravou přijímán v nadměrném množství. Obsah této látky v potravě je třeba si hlídat i přesto, že novější práce uvádí vyšší význam faktorů ovlivňujících rovnováhu mezi endogenním a exogenním cholesterolem [10].

Mléko a mléčné výrobky jsou známými zdroji vápníku, který má v našem těle prvotně stavební funkci, ale také ovlivňuje nervovou činnost a srážlivost krve. Využitelnost vápníku z tavených sýrů je velmi diskutabilní téma. Je možné se setkat s názorem, že tyto výrobky jsou horším zdrojem vápníku než ostatní mléčné produkty. Většina úvah je založena na poměru obsahu fosforu a vápníku v tavených sýrech, který je obvykle u těchto výrobků 1,8:1, přičemž za optimální poměr je považována hodnota nejméně 1:1. Konkrétní posouzení založené na experimentech však bylo publikováno jen velmi zřídka [4].

Tavené sýry však do skladby naší stravy patří, ale měly by se konzumovat v rozumném množství, což bezesporu platí u všech potravin [3].

### 1.3 Princip výroby tavených sýrů

Tavení je proces, který zahrnuje technologickou úpravu přírodních sýrů. Hlavní surovinou pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry, které se před tavením musí očistit, nakrájet na menší kusy a rozemlít. Takto připravený sýr je následně smíchán s dalšími surovinami. Přidávány jsou i mléčné bílkovinné složky, např. tvaroh, kaseinát, sušené mléko, atd. Další složkou je mléčný tuk ať už ve formě másla nebo smetany, apod. Taktéž základní složkou pro výrobu je pitná voda, jejíž úlohou je regulace obsahu sušiny. U ochucených sýrů se dále přidávají různé dochucovací složky. Do surovinové skladby mohou být také použity konzervační a stabilizující látky. Podmínkou správného tavení rozemleté sýrové hmoty je přídavek 2 až 3 % hm. tavicích solí. Druh a množství přídavku tavicích solí do směsi je závislý na jejich vlastnostech [4, 11]. Dle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb. v platném znění, kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin, jsou tavicí soli látky, které mění vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [12]. Tavicí soli jsou emulgující činidla, která upravují prostředí v tavenině tak, aby přítomné bílkoviny (kaseinové frakce) mohly uplatnit své přirozené emulgační schopnosti [13]. Nejčastěji se jako tavicí soli používají sodné soli fosforečnanů či citranů. Fosforečné soli na sebe váží větší množství vápníku a jejich použití hraje roli při výrobě roztíratelných tavených sýrů. Citrátové soli se využívají pro výrobu takových tavených sýrů, jejichž konzistence je spíše tužší. Základní schopnost tavicích solí je založena na narušení vápenato-fosforečnanového spojení proteinové sítě, která je přítomná v přírodních sýrech. Vápenaté ionty spojují jednotlivé kaseinové proteiny (resp. jejich hydrolytické štěpy) do trojrozměrné matrice, čímž se tento parakaseinan vápenatý stává nerozpustnou sloučeninou (situace v přírodním sýru). Přítomnost vody a tavicích solí způsobí v průběhu tavení zprostředkování výměny iontů  $\text{Ca}^{2+}$  na ionty  $\text{Na}^+$ . Důležitou roli při výměně iontů hraje zahřev a postupné promíchávání směsi, čímž je podpořena přeměna nerozpustných vápenatých solí kaseinu (parakaseinan vápenatý) na rozpustnější sodné (parakaseinan sodný). Pomocí této výměny je přítomným proteinům umožněno uplatnit své emulgační schopnosti. Parakaseinan sodný je charakteristický tím, že má větší schopnost vázat vodu, roste viskozita taveniny, což vede k zesíťování celé matrice a následně k tzv. krémování. Během krémování dochází k odhalení hydrofobních a hydrofilních segmentů peptidů. Kaseiny jsou hydratovány, projevují se zde interakce mezi hydrofilními částmi a vodnou fází a také reakce mezi hydrofobními segmenty a tukovou

fází. Hydratované proteiny, které jsou obsaženy ve vodné fázi, obalují povrch tukových kuliček, což má za následek emulgaci tuku. Při dalším působení teploty a mechanického míchání dochází k bobtnání rozptýlených bílkovin, což má za následek nárůst viskozity taveniny. K vytvoření finální struktury a konzistence dochází při chladnutí taveniny vlivem vzniku vodíkových a disulfidických můstků a vlivem hydrofobních interakcí. Rovněž fosfáty vytváří můstky mezi proteinovými molekulami, což přispívá k vytvoření trojrozměrné sítě. Tavicí soli se také podílejí na úpravě a stabilizaci pH taveného sýra. Optimální pH pro roztíratelné tavené sýry se obvykle pohybuje v rozmezí intervalu 5,6 - 6,0. Při výraznější odchylce od tohoto intervalu dochází ke zhoršení jakosti finálních výrobků. Při výrazně nižším pH jsou tavené sýry obvykle tuhé až drobivé a naopak při výrazně vyšším pH jsou velmi měkké [4, 13, 14].

Směs surovin se za stálého promíchávání zahřeje na teploty obvykle 90 - 100 °C. Tavené sýry lze v současné době vyrábět diskontinuálně nebo kontinuálně, přičemž v České republice je nejrozšířenější diskontinuální způsob. Technologický proces výroby tavených sýrů probíhá v zařízení tzv. tavicím kotli, kde probíhá fáze od rozemletí na řezačkách, míchání až po tavení. Proces tavení při současném míchání probíhá až do doby, než se vytvoří kompaktní a homogenní hmota. Tento proces má dobu trvání řádově několik minut. Horká tavenina je následně formována, balena a dávkována do forem, které jsou předem vyloženy tenkou hliníkovou fólií potaženou vhodným lakem. Důležité je, aby se tavenina balila co nejdříve po natavení, aby se snížilo riziko kontaminace nežádoucí mikroflórou. V České republice se tavené sýry většinou balí do trojúhelníkových či hranolovitých forem, vyložených hliníkovou fólií, které jsou z vnitřní strany lakovány. V současné době se používají i další obalové materiály jako např. kelímky, sklenice, laminované hliníkové obaly, tuby, kovové konzervy, apod. Takto zabalený sýr je skladován při chladírenských teplotách (4 až 8 °C) [2, 4, 8].

Tavený sýr by jako finální výrobek měl splňovat určitá kritéria. Měl by mít optimální konečné pH v intervalu 5,6-6,0 a předepsaný obsah sušiny. Konzistence by měla být kompaktní a hladká [ 8, 15].



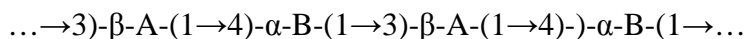
## 2 KARAGENANY

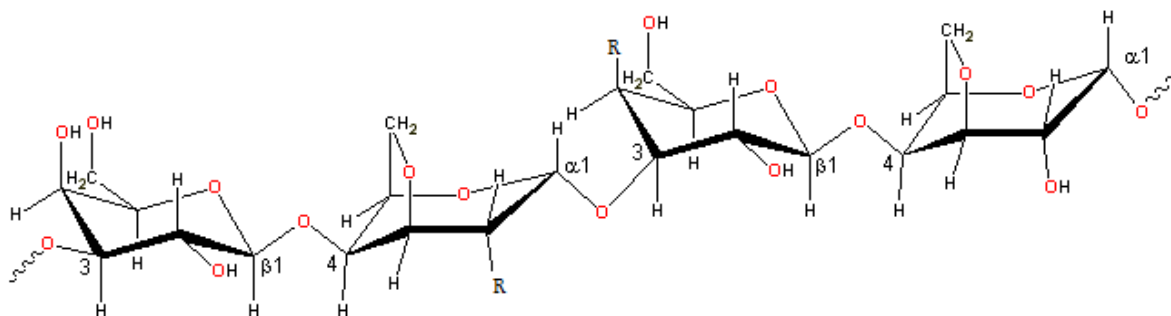
Hydrokoloidy jsou řazeny mezi přídatné látky. Do potravin jsou přidávány, pokud je to nezbytně nutné při technologickém procesu výroby či za účelem změn vlastností potravin, resp. její stabilizaci. Hydrokoloidy jsou látky sacharidické nebo bílkovinné povahy, které mají tu schopnost, že dokážou ovlivnit strukturu a stabilitu daného systému, a to jak při technologických operacích, tak i během skladování. Tyto biopolymery často působí jako zahušťující prostředky, které pomáhají vytvořit produkt o požadující finální textuře a viskozitě. Některé hydrokoloidy jsou schopny tvořit gely. Mezi hojně využívané hydrokoloidy na bázi polysacharidů při výrobě tavených sýrů patří karagenany, nativní i modifikované škroby různého biologického původu, algináty, lokusová guma, arabská guma, agary, různě esterifikované pektiny apod. [4, 16].

Karagenany jsou získávány extrakcí z červených mořských řas z čeledi *Rhodophyceae*, především z rodů *Chondrus*, *Euchema* a *Gigantina* [17]. Nejdříve jsou řasy sesbírány, rozříděny a očištěny od přebytečných zbytků písku či kamínků. Následně je provedena extrakce působením horké vody v alkalickém prostředí. Po skončení extrakce následuje fáze sušení a finální materiál je získán mletím. Tato operace je možná, pokud je zpracovatelský závod v blízkosti místa sklizně mořských řas. Pokud tato podmínka není splněna, musí se řasy po očištění vysušit, čímž se zabrání mikrobiální degradaci, ale nesníží se kvalita přítomného karagenanu. Dále jsou řasy zabaleny, expedovány do zpracovatelských podniků a zde uskladněny k následnému použití. Sušení a následné rehydratační operace jsou finančně nákladné, proto je snaha situovat zpracovatelské firmy co nejbližší k místu sklizně [17, 18].

### 2.1 Struktura a vlastnosti karagenanů

Karagenany jsou vysokomolekulární, lineární polysacharidy, které se skládají z opakujících se jednotek  $\beta$ -D-galaktopyranosy a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranosy. Tyto hexosy jsou navzájem střídavě propojeny vazbami  $\alpha$ -(1,3) a  $\beta$ -(1,4). Spojením těchto dvou monosacharidů vzniká disacharid karabiosa, která je základem struktury karagenanů. Ve skutečnosti je primární struktura karagenanů mnohem komplexnější a vyjádřit ji lze tímto zkráceným zápisem, kde A a B jsou jednotky D-galaktosy a jejích derivátů [17, 18, 19]:





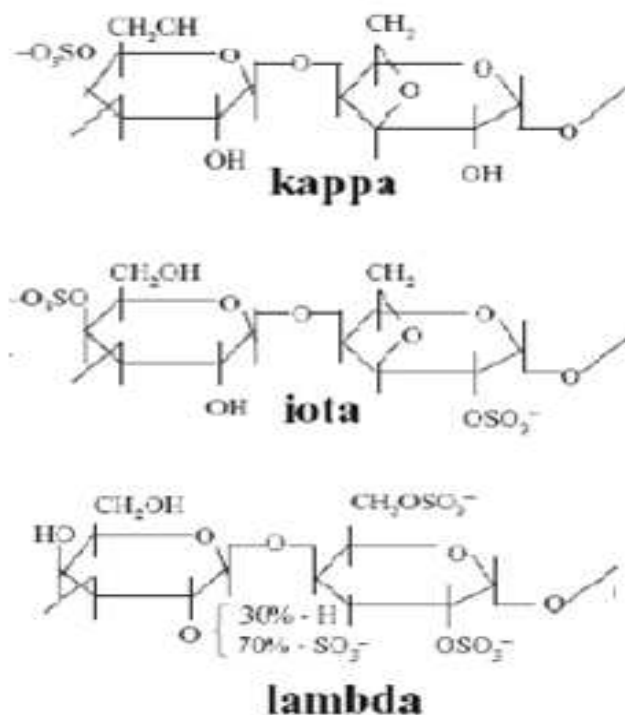
Obrázek 1: Obecný strukturální vzorec karagenanů [20]

Je známo 8 různých typů karagenanů, ovšem mezi v potravinářství nejvyužívanější patří:  $\kappa$ -karagenan,  $\lambda$ -karagenan a  $\iota$ -karagenan lišící se stavební jednotkou, resp. počtem či polohou sulfátových skupin.

Kappa-karagenan je charakteristický tím, že jeho molekula karabiosy obsahuje 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranosu a jednu sulfátovou skupinu navázanou na  $\beta$ -D-galaktosu v poloze C<sub>4</sub>. Ve vodném prostředí se může vyskytovat ve dvou formách. První možností je uspořádaný stav, který je typický helikální (šroubovicovou) strukturou a druhou možností je stav neuspořádaný. Forma (uspořádaná a neuspořádaná) je dána zejména teplotou systému. Je méně rozpustný ve vodě než  $\iota$ -karagenan a jeho hlavní předností je schopnost vytvářet gelovité struktury [4, 21].

Iota-karagenan je strukturou podobný  $\kappa$ -karagenanu s tou výjimkou, že má ve své molekule obsaženy 2 sulfátové skupiny. Molekula karabiosy obsahuje  $\beta$ -D-galaktosa-4-sulfát a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktosa-2-sulfát. Vytváří gelovité struktury pružného charakteru. Iota-karagenan je lépe rozpustný ve vodě než  $\kappa$ -karagenan [4, 21].

Lambda-karagenan obsahuje celkem 3 sulfátové skupiny. Základní struktura tohoto karagenanu je složená z jednotek D-galaktosa-2-sulfátu, které jsou spojeny vazbami  $\beta$ -(1,3) a jednotek D-galaktosa-2,6-disulfátu, jejichž spojení je zajištěno vazbami  $\alpha$ -(1,4). Lambda-karagenan nevytváří šroubovici, ale nachází se díky poloze a počtu sulfátových skupin v tzv. cik-cak konformaci. Z tohoto důvodu narozdíl od  $\kappa$ -karagenanu a  $\iota$ -karagenanu nevytváří gel. Lambda-karagenan je velmi dobře rozpustný ve vodě [4, 19, 22].



Obrázek 2: Strukturální vzorce  $\kappa$ -karagenanu,  $\iota$ -karagenanu a  $\lambda$ -karagenanu [23]

## 2.2 Tvorba gelu

Karagenany jsou hydrofilní anionaktivní koloidy. Rozpustnost ve vodě závisí na druhu karagenanu, přítomných iontech, teplotě a pH daného prostředí. Na rozpustnost má vliv poměr hydrofilních hydroxylových a sulfátových skupin a hydrofobních 3,6-anhydro-D-galaktosových zbytků. Vysoce sulfátovaný  $\lambda$ -karagenan je velmi dobře rozpustný, vytváří viskózní disperze, avšak netvoří gely. Kappa-karagenan, který obsahuje méně hydrofilních funkčních skupin (zejména sulfátů) je méně rozpustný. Rozpustnost  $\iota$ -karagenanu je mezi rozpustnostmi  $\kappa$ -karagenanu a  $\lambda$ -karagenanu, což lze připisovat zejména počtu sulfátových skupin [17]. V horké vodě (cca při 80 °C) jsou rozpustné všechny tři zmíněné typy karagenanů. Při teplotě vody 20 °C je rozpustný  $\lambda$ -karagenan a  $\kappa$ -karagenan, v případě  $\iota$ -karagenanu pouze jeho sodná sůl [24].

Vlastní tvorba gelu u  $\kappa$ -karagenanu a  $\iota$ -karagenanu probíhá ve dvou fázích. Kappa-karagenan v první fázi podstoupí svinutí polymerního řetězce do šroubovice. Tato změna je závislá na teplotě a na prostředí. Ve druhé fázi dochází k intermolekulární asociaci dvojitých helixů a k tvorbě trojrozměrné sítě. Kappa-karagenan obvykle poskytuje pevné

a křehké gely podléhající synerezi čili vylučování kapalně fáze z gelu. Kappa-karagenan je velmi citlivý k draselným iontům i při jejich nízkých koncentracích. V jejich přítomnosti se rychlost gelace zvyšuje [17, 24].

U iota-karagenanu je průběh první i druhé fáze gelace prakticky stejný jako u  $\kappa$ -karagenanu. Iota-karagenan vytváří pružné a soudržné gely. Tyto gely nepodléhají tak intenzivní synerezi. Iota-karagenan je citlivý především k vápenatým iontům [18, 23].

Síla gelu  $\kappa$ -karagenanu i  $\iota$ -karagenanu je závislá i na přítomnosti kationtů a iontové síle prostředí. Závislost platí jen do určité koncentrace daného kationtu. Při překročení limitní koncentrace může síla karagenanových gelů klesat a při extrémním překročení může být celý systém dokonce destabilizován [18, 23, 25].

### 2.3 Interakce karagenanů s kaseiny

Významnou vlastností, která je pro karagenany charakteristická, je schopnost interakce s mléčnými proteiny, přesněji s kaseiny.

V mléku je obsaženo cca 3,3 % hm. bílkovin, z čehož 2,6 % hm. jsou ve formě kaseinů. Kaseiny představují komplex čtyř frakcí:  $\alpha_{s1}$ -,  $\alpha_{s2}$ -;  $\beta$ - a  $\kappa$ -kasein [26]. Kappa-kasein se vyskytuje na povrchu kaseinových micel a poskytuje elektrostatickou stabilitu zevního obalu. Je také označován jako tzv. ochranný koloid z důvodu toho, že v přítomnosti vápenatých iontů chrání zbylé frakce kaseinu před vysrážením [4, 22]. Schopnost interagovat s mléčnými bílkovinami mají všechny tři typy karagenanů -  $\kappa$ -karagenan,  $\iota$ -karagenan i  $\lambda$ -karagenan. Reakce karagenanů a kaseinových micel jsou přisuzovány především elektrostatickým interakcím mezi negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanů a převážně pozitivně nabitými oblastmi peptidového řetězce [27]. Zmíněnou oblastí je segment mezi 97. a 112. aminokyselinou  $\kappa$ -kaseinu, který se nachází na povrchu kaseinové micely. Obecně, chování systému mléčné bílkoviny a karagenanu závisí na velkém množství parametrů, např. na typu zvoleného hydrokoloidu, pH, iontové síle prostředí (zejména na koncentraci draselných a vápenatých iontů), cukerné složce, teplotě, molekulové hmotnosti atd. Vlastní interakce mezi karagenany a micelárním kaseinem jsou závislé na skutečnosti, zda teplota systému je pod nebo nad teplotou přechodu na helikální (uspořádanou) strukturu [4, 22].

K adsorpci  $\kappa$ -karagenanu a  $\iota$ -karagenanu na micelární  $\kappa$ -kasein dochází pouze při nižších teplotách, kdy se oba typy karagenanů vyskytují v helikálním uspořádání. Interakce rovněž závisí na hustotě elektrostatického náboje v molekule karagenanů, která je určena vzdále-

ností mezi sulfátovými skupinami. Pokud je  $\kappa$ -karagenan, popř.  $\iota$ -karagenan uspořádán do helikální struktury, pak je vzdálenost mezi sulfátovými skupinami 0,4 nm, resp. 0,2 nm. V neuspořádaném stavu se vzdálenosti mezi sulfátovými skupinami naopak zvětšují na 1,0 nm, resp. 0,5 nm. Je-li vzdálenost sulfátových skupin menší než 0,4 nm, pak k interakcím dochází, protože helikální stav karagenanů má za následek zvýšení hustoty náboje a přiblížení sulfátových skupin, což usnadňuje vzájemné elektrostatické interakce mezi oběma biopolymerními látkami [4, 24]. Lambda-karagenan interaguje s mléčnými bílkoviny bez ohledu na teplotu, neboť vzdálenost mezi sulfátovými skupinami je stále 0,3 nm, což je dostačující pro interakci [26, 28].

Adsorpce karagenanů na  $\kappa$ -kasein se liší v teplotní reverzibilitě. Iota-karagenan je teplotně ireverzibilní, to znamená, že při zvýšení teploty systému nad teplotu přechodu z helikální struktury do neuspořádaného stavu, již nenastane separace  $\iota$ -karagenanu a  $\kappa$ -kaseinu. Na druhou stranu adsorpce  $\kappa$ -karagenanu na micelární  $\kappa$ -kasein je teplotně reverzibilní, což má za následek, že při zvýšení teploty (cca nad 50 °C) nastane desorpce obou biopolymerů. Poměrně důležitým parametrem ve zmíněných interakcích a následné tvorby gelu je koncentrace přítomných karagenanů. Za limitní koncentraci u  $\iota$ -karagenanu je považována hodnota 0,2 %. Je-li u  $\iota$ -karagenanu jeho koncentrace tzv. podlimitní, pak  $\iota$ -karagenan vytváří mezi jednotlivými kaseinovými micelami pouze můstky (mezivrstvy). Pokud je však koncentrace zvýšena nad limitní hodnotu, pak je  $\iota$ -karagenan schopen tvořit kromě můstků i trojrozměrnou strukturu z vlastních řetězců. U kappa-karagenanu je tvorba gelu při interakcích na micelární  $\kappa$ -kasein uskutečněna prostřednictvím pouze svých řetězců. Minimální koncentrace pro vytvoření stabilního gelu u  $\kappa$ -karagenanu byla stanovena na 0,018 % [4, 18, 23].

## 2.4 Využití karagenanů

Karagenany se v evropské nomenklatuře přídatných látek označují jako E 407. Jsou zařazeny do kategorie stabilizátorů, což jsou látky umožňující udržovat fyzikálně-chemické vlastnosti a spojení jednotlivých složek v potravině. Používají se také jako zahušřovadla a želírující látky. Svůj význam nachází při výrobě mléčných produktů, kde interval koncentrací, které se obvykle používají, je poměrně široký a činí 0,01-0,30 % hmotnostních. Použitá koncentrace závisí na druhu výrobku a jeho očekávané funkci a použitelnosti. Při výrobě tavených sýrů se karagenany používají pro vylepšení technologických vlastností, např.

jako prevence proti nalepení sýru na obal, zajištění vhodné konzistence ke krájení či zlepšení pocitu plnosti v ústech při jejich konzumaci [4, 29]. Při přidavku karagenanů do tavených sýrů bylo zjištěno, že se zvyšováním koncentrace  $\kappa$ -karagenanu i  $\iota$ -karagenanu mění povaha jejich gelů, které vykazují vyšší tuhost. Tato skutečnost je dána tím, že s rostoucím množstvím  $\kappa$ -karagenanu i  $\iota$ -karagenanu dochází k více intenzivním interakcím mezi karagenanovými řetězci, které vedou k tvorbě „hustší sítě“. V případě přidavků  $\iota$ -karagenanu je možno předpokládat, že s jeho rostoucí koncentrací bude docházet k intenzivnější absorpci šroubovic  $\iota$ -karagenanu na kaseinové frakce a vytvoření můstků mezi přítomnými frakcemi. Bylo také zjištěno, že aplikace velmi malých koncentrací (~0,05 %) nemusí vždy vést k jednoznačnému zvýšení tuhosti vzorků tavených sýrů. Vysvětlení je takové, že existuje určitá limitní koncentrace pro efektivní tvorbu karagenanového gelu. Vhodná koncentrace karagenanů se bude teda s největší pravděpodobností nacházet v rozmezí intervalu 0,05-0,30 %. Konkrétní koncentrace pro určitý typ výrobků je závislá na řadě faktorů, např. síle gelu bílkovinné matrice taveného sýra, stupni hydrolýzy přítomných proteinů, pH, přítomnosti a koncentraci iontů aj [4, 18, 23].

Karagenany jsou dále využívány k výrobě mražených krémů, mléčných dezertů, mléčných nápojů, pudinků, apod. Naopak u některých výrobcích mléčného charakteru, např. jogurty, zakysaná mléka apod. je použití karagenanů nevhodné. Nízké pH v těchto výrobcích zvyšuje elektrostatické interakce mezi proteinem a karagenanem, což má za následek vznik nestabilního gelu, u kterého hrozí jeho oddělení od vodné fáze [4, 17]. Jejich využití není pouze jednostranné - v potravinářském průmyslu. Využívají se též v kosmetickém a farmaceutickém průmyslu k výrobě tělových a čistících krémů [29].

### 3 ALGINÁTY

Patří do skupiny hydrokoloidů, tudíž se jedná o vysokomolekulární látky, stabilizující konečnou texturu výrobků. Algináty jsou označovány jako soli alginové kyseliny a poprvé byly objeveny a extrahovány v roce 1881 a patentovány v roce 1883 britským chemikem a farmaceutem Edwardem Charlesem Cortisem Stanfordem [17, 30]. Jsou izolovány z hnědých mořských řas čeledi *Phaeophyceae*, které rostou při pobřeží severního Atlantiku a algináty zde tvoří až 40 % sušiny. Vyskytují se hlavně v mezibuněčné hmotě a buněčných stěnách řas jako nerozpustná směs vápenatých a rozpustná směs sodných a draselných solí. Přítomnost alginátů v řasách se podílí na jejich pevnosti a flexibilitě stélek a navíc slouží jako zásobárna vody před dehydratací částí řas, které jsou odkryty na vzduchu. Mezi hlavní průmyslové a komerční zdroje pro výrobu alginátů jsou řazené řasy *Macrocystis pyrifera*, *Laminaria hyperborea* a řasy rodů *Sargassum* a *Ascophyllum*. Složení a následná struktura alginátů se může měnit v závislosti na sezónních a růstových podmínkách [30].

Řasy nejsou jediným zdrojem alginátů. Některé druhy bakterií jsou taktéž významnými zdroji, např. *Azotobacter vinelandii* a řada druhů bakterie *Pseudomonas*. Pro komerční použití alginátů jsou spíše využívány extrakty z řas [30].

Chemický proces získávání sodných alginátových solí z hnědých mořských řas je principiálně relativně jednoduchý. Algináty jsou podobně jako např. karagenany získávány z řas pomocí extrakce. Nejdříve jsou řasy sesbírány, rozemlety a následně promyty kyselinou před samotnou extrakcí horkými alkáliemi (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Poté následuje filtrace, jejímž cílem je odstranění nežádoucích částic ze směsi, např. celulosy. Dále se aplikuje vysrážení s vápenatou solí (CaCl<sub>2</sub>) a dalším krokem je okyselení směsi k následnému získání alginové kyseliny. Z alginové kyseliny je neutralizací (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) získán požadovaný finální produkt (sodná sůl)-alginát [31].

#### 3.1 Struktura a vlastnosti alginátů

Na molekulární úrovni jsou algináty popisovány jako lineární polysacharidy složené z β-D-mannuronové kyseliny (M) a α-L-guluronové kyseliny (G), které jsou vzájemně propojeny glykosidovými vazbami (1→4). Poměr a rozmístění M a G zbytků má značný dopad na vytváření alginátového gelu a jejich střídavé uspořádání může ovlivnit chování výsledného produktu [32]. V polymerním řetězci se mohou vyskytovat úseky obsahující pouze moleku-

ly M, dále pak úseky tvořené výhradně molekulami G anebo smíšené úseky MG. Zastoupení a střídání obou komponent je velmi proměnlivé, je závislé především na původu alginátu [17].



Obrázek 3: Obecná struktura alginátů [17]

Algináty jsou koloidní hydrofilní látky, účinné i při nízkých koncentracích. Tyto výtažky z mořských řas jsou netoxické a biologicky odbouratelné [33]. Alkalické soli (sodné a draselné), amonné soli a hořečnaté soli alginátů jsou ve vodě rozpustné za vzniku gelu, zatímco vápenaté soli alginátů jsou nerozpustné. Rozpustnost je ovlivněna mnoha činiteli, např. hodnotou pH, iontovou silou a druhem iontů [34]. Rychlost snižování pH může zásadně ovlivnit rozpustnost alginátových roztoků. Při náhlém a prudkém snížení pH vzniká v roztoku sraženina alginové kyseliny, zatímco při pozvolném snižování pH se utváří gel alginové kyseliny [17, 18].

Roztoky alkalických kovů alginátů vykazují vysokou viskozitu a z reologického hlediska se chovají jako pseudoplastické systémy. Viskozita alginátových roztoků je silně závislá na iontové síle (jedná se o polyelektrolyty) a s její rostoucí tendencí viskozita klesá. Pokud mají algináty jako polyelektrolyty příznivé podmínky, mohou se ovlivňovat pomocí elektrostatiky s ostatními nabitými polymery (např. bílkoviny). Tyto druhy vzájemného ovlivňování mohou být využity k tomu, aby se stabilizovaly a zvýšily mechanické vlastnosti výsledného produktu [17, 18].

Záhřevem a při působení redukčních činidel, např. kyseliny askorbové, dochází k degradaci polymerní struktury a poklesu viskozity [17, 18].

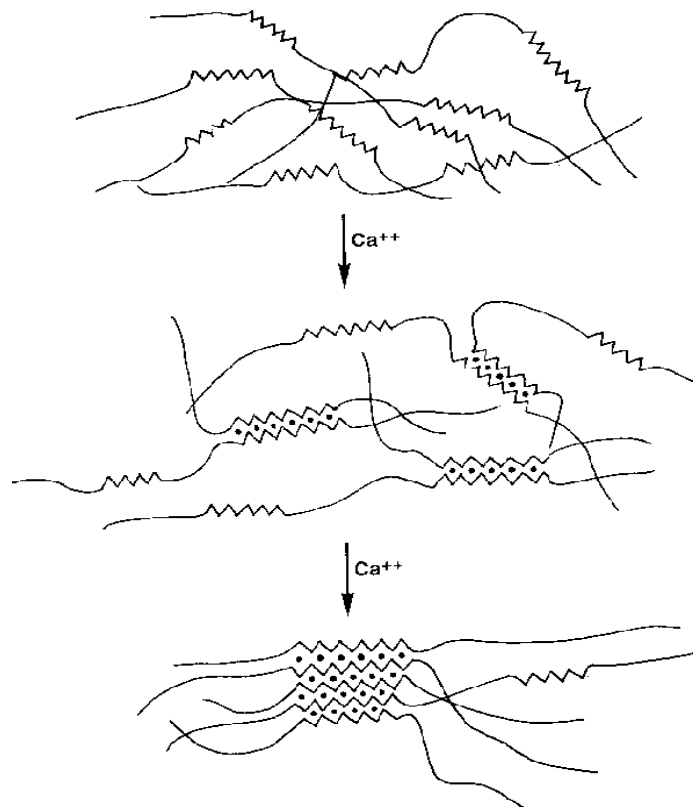
### 3.2 Interakce a tvorba gelu

Významnou vlastností alginátů je schopnost tvorby termostabilních gelů a filmů. Algináty jsou vysoce citlivé k přítomnosti dvojmocných kationtů, s nimiž extrémně rychle vytváří gelovité struktury. Tato iontově-vazebná schopnost je přímo úměrná také složení alginátu. Schopnost gelace je ovlivněna obsahem guluronové a mannurové kyseliny.



V polyguluronových G segmentech probíhá zesílení vazby nejčastěji na vápenaté ionty a tímto společným mechanismem je vápník zapojen v gelaci. Uspořádání dvou sousedících polyguluronových řetězců nabízí vhodný prostor pro interakce karboxylových skupin řetězců s vápenatými ionty. Z tohoto důvodu může alginát s vysokým obsahem G jednotek tvořit silné a pevné gely. V případě bloků, které obsahují vysoký obsah polymannuronových M jednotek, dochází k tvorbě příliš těsného uspořádání vazeb, tudíž prostor pro navázání vápenatých iontů je značně omezen. Výsledkem je tvorba měkkého a slabého gelu [34, 35].

Hydratované alginátové řetězce jsou volně rozptýleny v roztoku. Vápenaté ionty, které jsou pozvolna zaneseny do tohoto systému, způsobí, že se alginátové řetězce začnou navzájem k sobě přibližovat a sousední řetězce jsou navzájem spojovány dohromady. Vápenaté soli, resp. vápenaté kationty, jsou v roztoku s neutrálním pH prakticky nerozpustné. Avšak v kyselém prostředí jsou rozpustné, tudíž se mohou podílet na procesu gelace. Větší množství  $\text{Ca}^{2+}$  iontů má za následek vytvoření trojrozměrné sítě. Výsledkem je struktura obsahující komplex vápenatých iontů a alginátových bloků, které tvoří pevný a silný gel. Interakce, při kterých jsou vápenaté ionty a alginátové řetězce propojeny do trojrozměrné struktury, nejlépe popisuje model zvaný „egg-box“ [35, 36].



Obrázek 4: Schéma utváření modelu „egg box“ [36]

Síla vytvořeného gelu a jeho vlastnosti závisí na celé řadě faktorů, např. použitém typu a koncentraci alginátu, stupni jeho polymerace, zdroji vápenatých iontů a na jejich koncentraci. Algináty obsahující vysoký podíl G úseků vytváří pevné a křehké gely, které se tvoří docela rychle, pokud je v roztoku dostatečná koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů. Na druhou stranu algináty, u nichž převažuje vyšší procento M segmentů, se formují pozvolna do měkčích, ale plastičtějších gelů [36]. Alginátové gely jsou specifické tím, že jsou schopny tuhnout za studena, z čehož vyplývá, že jsou více či méně nezávislé na teplotě [37].

Kromě tvorby gelů mohou algináty utvářet filmy, což jsou spíše viskózní disperze. Algináty vytváří 2 typy filmů, které jsou charakteristické odlišnými vlastnostmi. Prvním typem je film rozpustný ve vodě (obvykle z alginátu sodného) a druhým typem je film nerozpustný ve vodě (nejčastěji z alginátu vápenatého). Alginátový film rozpustný ve vodě vzniká buď odpařováním alginátu, anebo extruzí alginátového roztoku v nerozpustné fázi, která je smíchána s acetonem nebo etanolem. Tyto filmy nepropouští tuky ani vosky, ale vodní pára jimi volně prochází. V suchém stavu jsou velmi křehké, ale pokud jsou smíchány s glycerolem, sorbitolem či močovinou, stávají se z nich plastické hmoty. Jejich dobrou vlastností je nepřilnavost k povrchu, které se využívá při výrobě skelných vat, kdy slouží jako separační činidlo. Alginátové filmy nerozpustné ve vodě vznikají při přidání nejčastěji  $\text{Ca}^{2+}$  kationtů do alginátového rozpustného roztoku. Některé algináty, např. alginát zinečnatý, je rozpustný pouze v přebytku roztoku amoniaku. Pokud se ale amoniak odpaří, stává se z něj nerozpustný alginát zinečnatý. Tyto filmy při dlouhodobém působení vody bobtnají [36].

### 3.3 Interakce alginátů a kaseiny

Algináty jsou polyelektrolyty, což znamená, že mohou interagovat s jinými elektrostaticky nabitými polymery, například proteiny. Ve smíšených systémech lze očekávat fázový přechod nebo zvýšení viskozity. Tyto elektrostatické interakce se využívají ke stabilizaci a zesílení mechanických vlastností při zpracování některých potravin (např. tavení přírodních sýrů). Pokud jsou tyto interakce nežádoucí, mělo by míchání alginátu a proteinu probíhat při vyšším pH, kdy většina bílkovin nese záporný náboj [18, 30].

Kaseinové a alginátové roztoky jsou tvořeny supramolekulární strukturou s výraznou vnitřní viskozitou, přičemž lze mezi molekulami sledovat vazebné interakce (např. elektrostatické síly). Během koagulace se mezi těmito supramolekulárními strukturami vytvářejí vzá-

jemné vazby, ale vnitřní viskozita struktury se nemění. Změny probíhající ve struktuře jsou závislé na podmínkách koagulace (pH, koncentrace vápenatých iontů) [18, 30].

### 3.4 Využití alginátů

Uplatnění alginátů v potravinářském průmyslu má poměrně velký význam. Algináty jsou zařazeny mezi přídatné látky a jsou používány zejména jako zahušťovadla, stabilizátory a emulgátory zlepšující konzistenci finálního výrobku. Jsou to velmi všestranné biopolymery. Nejvíce jsou využívány při mlékárenském zpracování. Komplexně je možné je využít při výrobě širokého sortimentu mlékárenských produktů, kdy nejčastěji alginát sodný reaguje s vápenatými ionty. Nejdříve byl účinek alginátu testován při výrobě mražených krémů, kde byl dáván z důvodu redukce ledových krystalků a k získání hladké konzistence. Algináty rovněž brání synerezi a zpomalují roztávání zmrzliny. Podílí se na stabilizaci textury při výrobě jogurtů, mléčných pudingů, krémů, kondenzovaných mlék a čokoládových krémů. Využívají se jako stabilizátory pěny smetany a v neposlední řadě se používají k výrobě tavených sýrů. V pekárenském průmyslu se používají při přípravě náplní, kdy zajistí, že náplň bude stabilní a nebude se roztékat při dalších technologických operacích, např. při zmrazování či pečení výrobku. Gelotvorných vlastností se využívá k výrobě ovocných želé a bonbonů, pudingů a rekonstituovaného ovoce z ovocné dřeně. Instantní dezertní želé je dobrým příkladem typických gelovitých vlastností alginátu i při nízkých teplotách. Dezertní želé je v podstatě suchá směs alginátu, mléčné komponenty, regulátorů kyselosti a chuťové složky, která je rozpuštěna ve studené vodě a je schopna vytvářet gel o požadované struktuře. Dále je třeba zmínit, že nachází uplatnění také při výrobě omáček, dressingů a majonéz, kde zabraňují oddělování vodné a tukové fáze. Využívání alginátů bylo zaznamenáno i při výrobě nealkoholických a alkoholických nápojů. U výroby ovocných šťáv jsou prevencí vzniku sraženin, v pivovarnictví stabilizují pивní pěnu a při výrobě vína zamezují tvorbu zákalů. V potravinářském průmyslu jsou algináty používány rovněž v kombinacích s vysoce esterifikovanými pektiny. Hlavní předností vzniklých gelů je jejich termoreverzibilita. Takové gely jsou téměř vždy nezávislé na stupni cukernatosti, tudíž mohou být přidávány i do nízko energetických výrobků [17, 23, 36].

Tyto polymery se uplatňují i ve farmaceutickém průmyslu jako potahový obal léků. Algináty, resp. kyseliny alginové, zprostředkovává uvolňování léčiva z tablety [38]. Užitečné jsou i zubní otiskovací směsi, které jsou rovněž na bázi alginátů [37].

Algináty bývají používány v textilním a papírenském průmyslu pro vylepšení povrchových vlastností textilních materiálů, papírů a lepenek [37].

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem teoretické části bakalářské práce bylo:

- prostudovat tavené sýry, jejich konzumaci a princip výroby,
- zaměřit se na využití, strukturu a vlastnosti karagenanů,
- charakterizovat tvorbu karagenanových gelů,
- popsat interakce karagenanu a alginátu s mléčnými bílkovinami.

Cílem praktické části bakalářské práce bylo:

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

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Popis experimentu

Praktická část této bakalářské práce byla zahájena výrobou modelových tavených sýrů, do kterých byly aplikovány binární směsi alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu (A:K). Poměr zmíněných hydrokoloidů se měnil vždy po 10 % (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0). Tímto bylo vyrobeno 11 typů modelových vzorků s binárními směsmi hydrokoloidů. Vyrobena byla také 12. typ vzorku bez aplikace hydrokoloidů – tzv. kontrolní vzorek. Všechny typy vzorků byly vyrobeny dvakrát. Vzorky byly podrobeny texturní analýze, přičemž byla sledována jejich tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost. U vzorků byla prováděna i chemická analýza, která zahrnovala měření pH a sušiny. Všechna tato měření probíhala v 1., 7. a 30. dnu od data výroby.

### 5.2 Výroba modelových vzorků tavených sýrů

Pro tento experiment byla připravena modelová řada tavených sýrů s 40 % hmotnostními sušiny a 50 % hmotnostními tuku v sušině.

Základní použité suroviny:

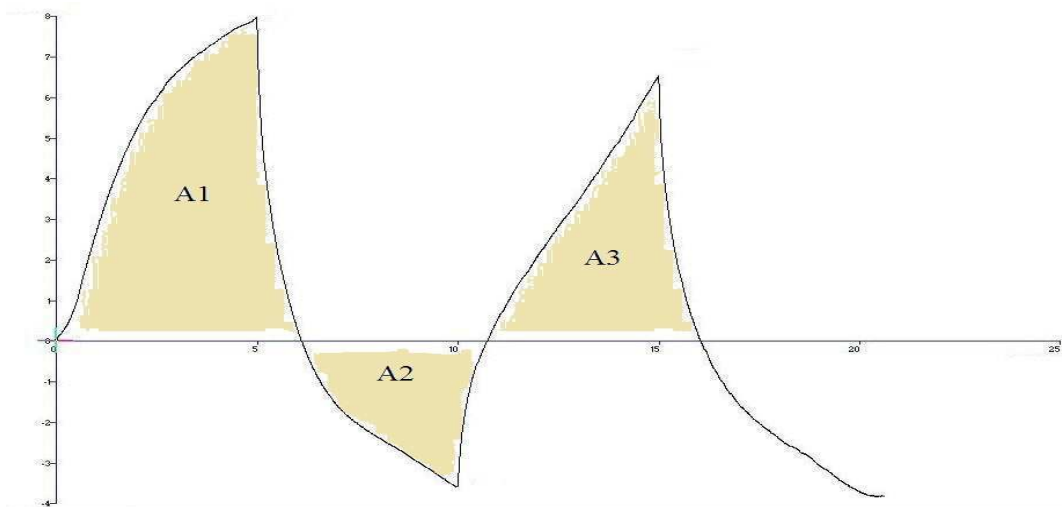
- eidamská cihla (obsah sušiny ~50 % hmotnostních, obsah tuku v sušině ~30 % hmotnostních; zralost 7 týdnů; firma Kromilk, s. r. o., Kroměříž, ČR)
- máslo (obsahu sušiny ~84 % hmotnostních, tuk v sušině ~82 % hmotnostních)
- směs fosforečnanových tavicích solí; dihydrogenfosforečnan sodný ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) a hydrogenfosforečnan sodný ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) v poměru 70:30; aplikovány 3 % tavicích solí z celkové hmotnosti taveniny; (Fosfa akciová společnost, Břeclav)
- binární směsi složené z vybraných hydrokoloidů (alginát sodný,  $\kappa$ -karagenan; Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) byly přidávány v celkovém množství 0,3 % hmotnostních. V binárních směsích se měnil poměr obou hydrokoloidů s intervalem po 10 % (0:100, 10:90, 20:80, 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30, 80:20, 90:10, 100:0)
- pitná voda

Modelová řada tavených sýrů byla vyrobena v laboratorních podmínkách za použití tavicího přístroje Vorwerk Thermomix TM31, přičemž teplota při tavení dosahovala 90 °C

s výdrží po dobu 1 minuty. Vzniklá horká tavenina byla ihned nadávkována do předem připravených polypropylenových kelímků válcového tvaru o průměru 52 mm a výšce 50 mm. Po nadávkování byly kelímky se vzorkem opatřeny hliníkovým víčkem. Modelové vzorky byly až do okamžiku experimentu uchovávány při chladírenských teplotách ( $6 \pm 2$  °C).

### 5.3 Texturní analýza

V tomto experimentu byly modelové vzorky tavených sýrů podrobeny texturní analýze pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd.). Analýza textury byla provedena penetrací válcové sondy o průměru 20 mm do hloubky 10 mm. Rychlost penetrace sondy činila  $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Každý typ vzorku byl měřen šestkrát (3 měření pro každou šarži). Z výsledků texturní analýzy byly určeny následující parametry: tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost taveného sýra.



Obrázek 5: Graf k vyhodnocení texturních vlastností taveného sýra [39]

Tvrdost je definována jako síla potřebná k dosažení deformace výrobku [40, 41]. Tvrdost je vyhodnocena jako maximální síla, která je potřebná pro vtlačení sondy do hloubky 10 mm. Čím vyšších hodnot dosahuje maximum křivky na ose x, tím více síly bylo třeba k požadované deformaci taveného sýra.

Kohezivnost je definována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu [40, 41]. Při vyhodnocování je dána poměrem ploch  $A3 : A1$ . Čím více se hodnota kohezivnosti blíží k 1, tím jsou intenzivnější síly vnitřních vazeb taveného sýra. Výrobek je tudíž soudržnější.



Relativní lepivost je chápána jako práce potřebná k překonání přitažlivých sil mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy [40, 41]. Tato texturní vlastnost byla v experimentu zvolena z důvodu studie vlivu stupně tvrdosti matrice na práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku. Relativní lepivost je možno spočítat jako poměr absolutní hodnoty plochy záporného píku A2 k ploše A1. Čím větší plochu křivka zaujímá (při konstantní tuhosti matrice), tím větší práce je potřeba k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy, a tím je tavený sýr lepivější.

Výsledky texturní analýzy byly modelovány pomocí lineární regresní analýzy s použitím polynomu 3. stupně (k výpočtům byl použit Microsoft Excel). Vhodnost zvoleného modelu byla posuzována pomocí koeficientu determinace ( $R^2$ ).

#### **5.4 Základní chemická analýza**

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus aktivity oxoniových iontů. Stanovení pH bylo prováděno vpichovým pH-metrem Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Vpichové pH-metry jsou konstruovány pro snadné a rychlé zjištění hodnoty pH ve vzorku. Při experimentu byl pH-metr aplikován do kelímků se vzorkem celkem třikrát.

Stanovení sušiny se provádělo vysušením tavených sýrů do konstantního úbytku hmotnosti. Sušina byla stanovena sušením 3 g modelového taveného sýra s 25 g předsušeného písku při teplotě  $102 \pm 1$  °C.

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

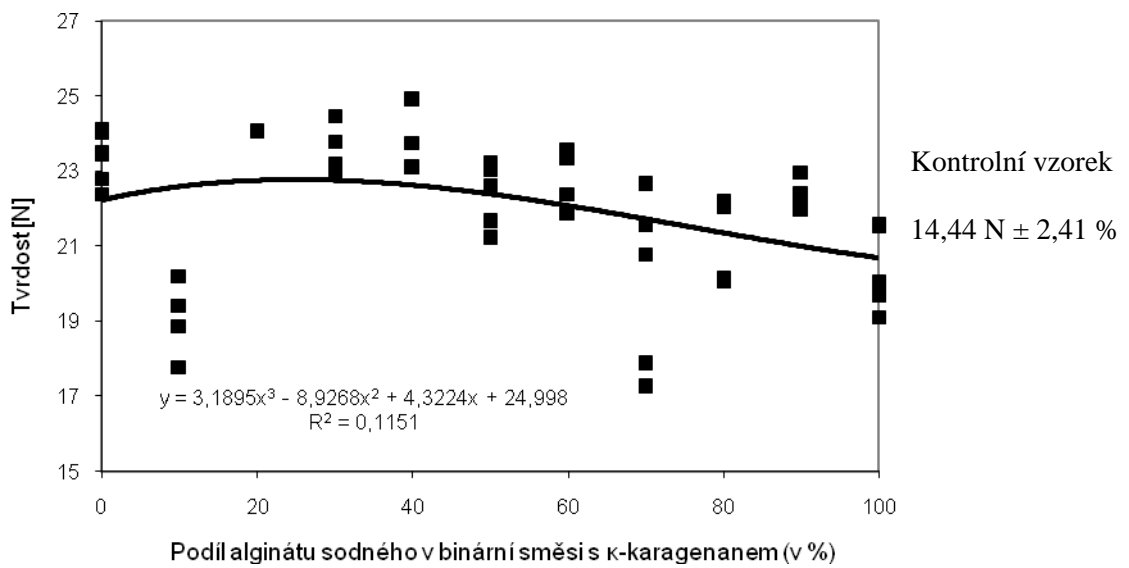
### 6.1 Výsledky pH a sušiny

Binární směsi alginátu a karagenanu po 1 dnu skladování ( $6 \pm 2$  °C) vykazovaly hodnoty pH v rozmezí 5,75 - 5,83, což odpovídá optimálním hodnotám vzhledem ke skutečnosti, že by se pH tavených sýrů mělo pohybovat v rozmezí 5,6 až 6,1, jak uvádí Buňka *et al.* [4]. Nejvyšší hodnoty pH byly naměřeny v krajních koncentracích A:K (0:100; 90:100 a 100:0). Naopak nejnižší hodnota pH byla vyzorována u koncentrace A:K 50:50. Rozdíly v pH po 1. dnu skladování jsou však zanedbatelné. V 7. dnu pH taveniny mírně vzrostlo na 5,84 - 5,94. Hodnoty pH zde byly téměř konstantní, ale opět u krajních koncentrací A:K 0:100; 90:10 a 100:0 došlo ke zvýšení. Poslední 30. den po utavení měly hodnoty pH spíše kolísavý průběh. Interval pH se pohyboval v rozmezí 5,82 - 5,90. Nejvyšší hodnoty byly stejné jako v předešlých dnech u koncentrací A:K 0:100; 90:10 a 100:0. Nejnižší pH bylo zaznamenáno u poměru A:K 80:20. V průběhu skladování po dobu 30 dní ( $6 \pm 2$  °C) byl pozorován nárůst hodnoty pH cca o 0,15, což není tak výrazný rozdíl.

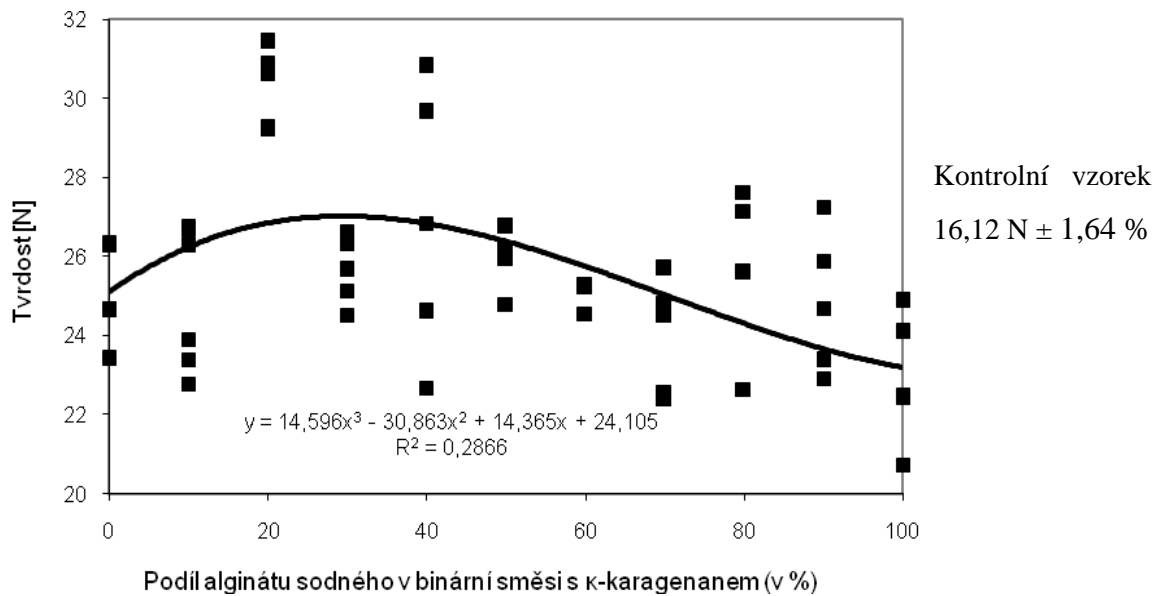
Cílem bylo získat tavené sýry o požadované sušině 40 % hmotnostních. Byly vyrobeny vzorky, jejichž obsah sušiny se pohyboval v intervalu 41,17 – 42,59 % hmotnostních.

### 6.2 Výsledky tvrdosti

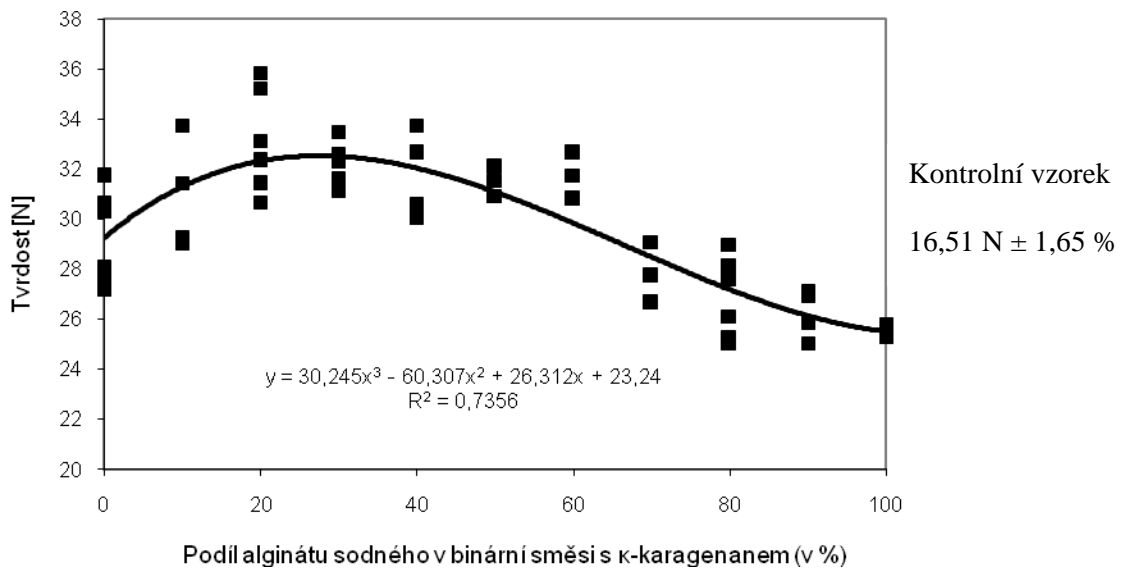
Měření tvrdosti modelových vzorků tavených sýrů jsou zobrazena v Obrázcích 6-8. Závislost tvrdosti tavených sýrů na složení binární směsi alginátu a karagenanu lze popsat pomocí regresních modelů s použitím polynomu 3. stupně.



Obr. 6: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 1. dne skladování  
(v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)



Obr. 7: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 7. dne skladování  
(v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)

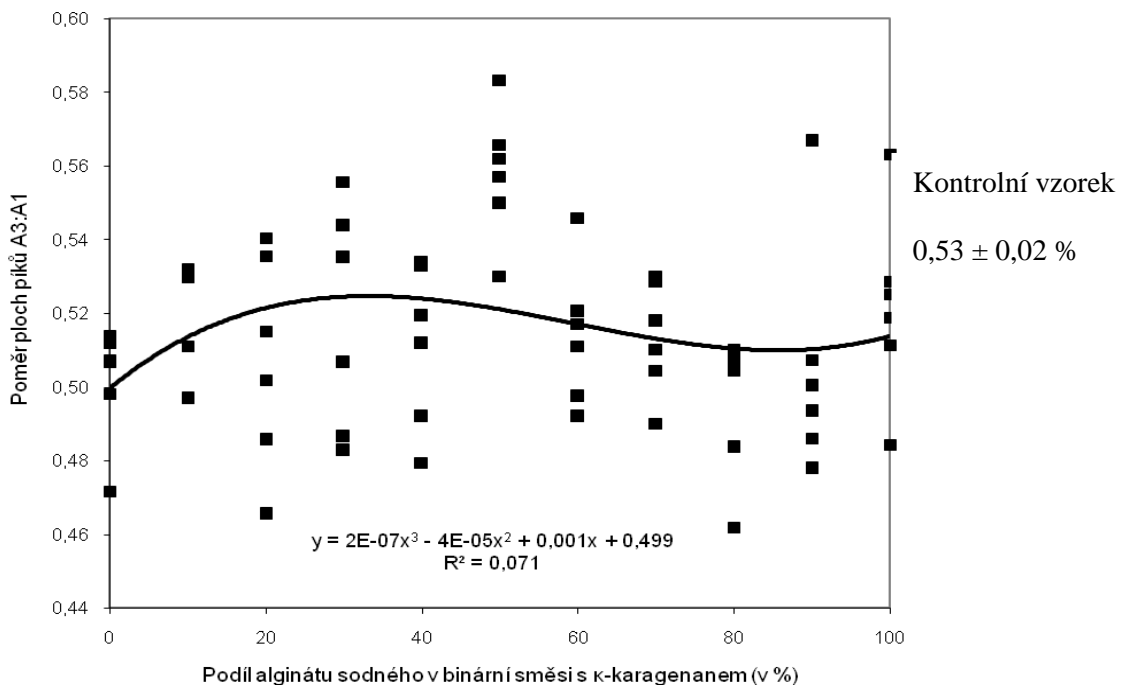


Obr. 8: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 30. dne skladování  
(v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)

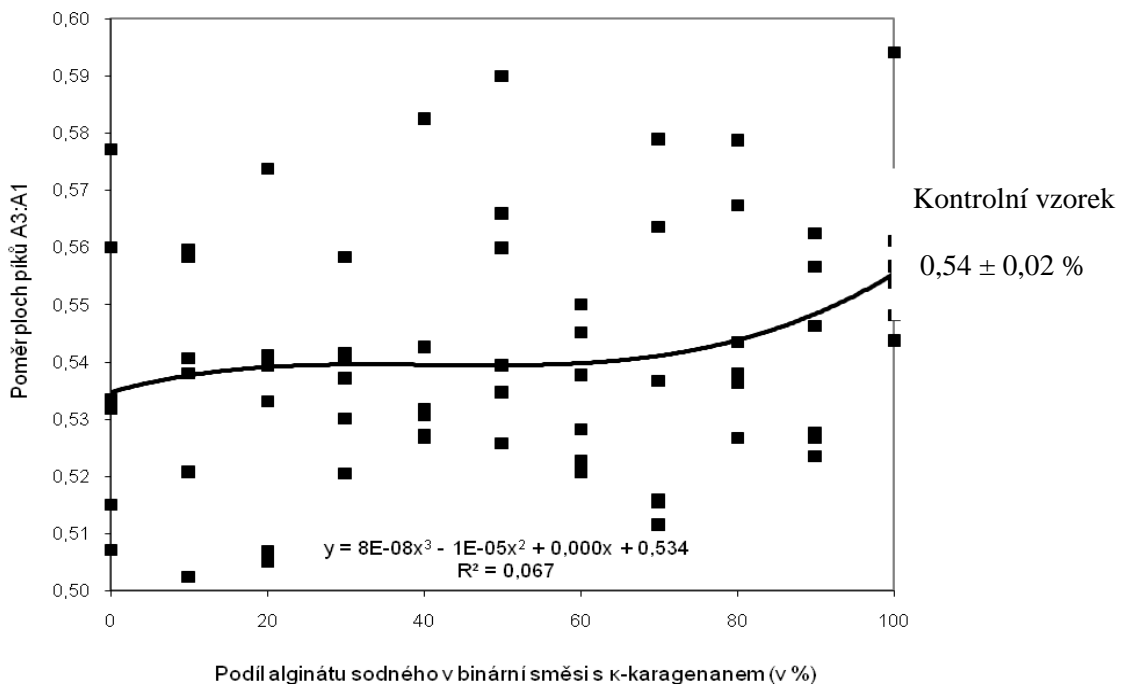
Po 1. dnu bylo minimum tvrdosti nalezeno u koncentrace A:K 10:90, naopak maximum tvrdosti u koncentrace A:K 40:60. Se zvyšující se koncentrací alginátu sodného tvrdost klesala. V 7. dnu skladování byl vliv poměrů hydrokoloidů více patrný. Do koncentrace A:K 20:80, kde bylo také nalezeno lokální maximum, měla tvrdost vzrůstající tendenci. Od této koncentrace se tvrdost snižovala, až dosáhla svého lokálního minima v koncentraci A:K 100:0. V 30. dnu po utavení byl průběh obdobný jako v dnu sedmém. Maximum bylo nalezeno v koncentraci A:K 20:80 a minimum v koncentraci A:K 100:0. S prodlužující se dobou skladování v průběhu 30 dní lze usoudit, že se tvrdost tavených sýrů zvyšovala. Lokální maximum pevnosti bylo detekováno v koncentraci A:K 20:80.

### 6.3 Výsledky kohezivnosti

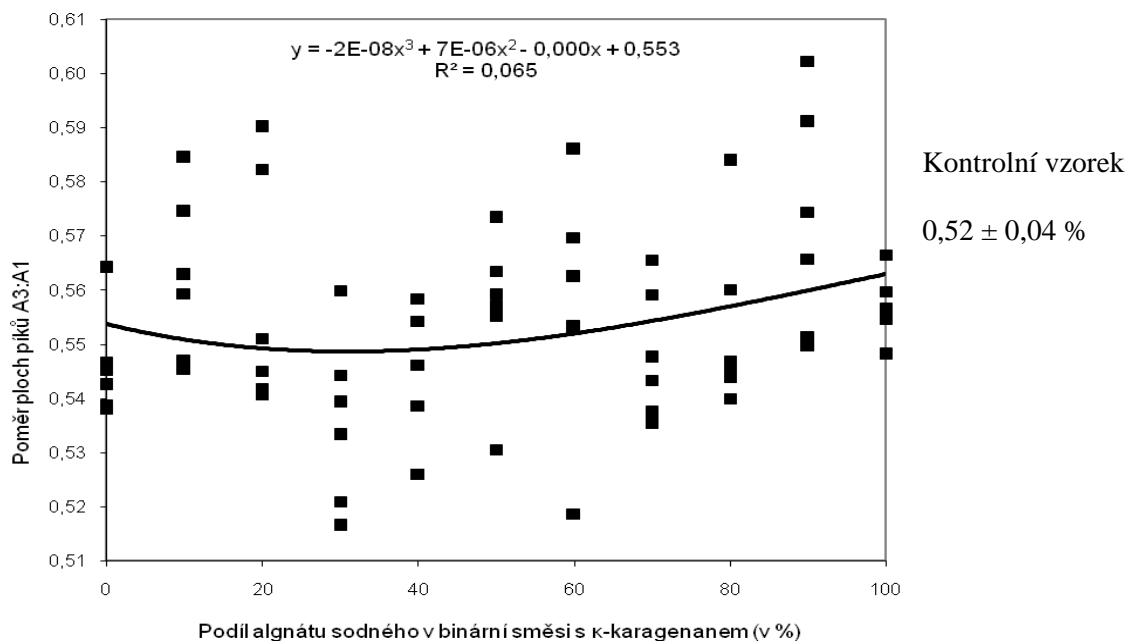
Měření kohezivnosti modelových vzorků tavených sýrů jsou zobrazena v Obrázcích 9-11. Závislost kohezivnosti tavených sýrů na složení binárních směsí alginátu a karagenanu je také popisována pomocí regresních modelů s použitím polynomu 3. stupně.



Obr. 9: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 1. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)



Obr. 10: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 7. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)

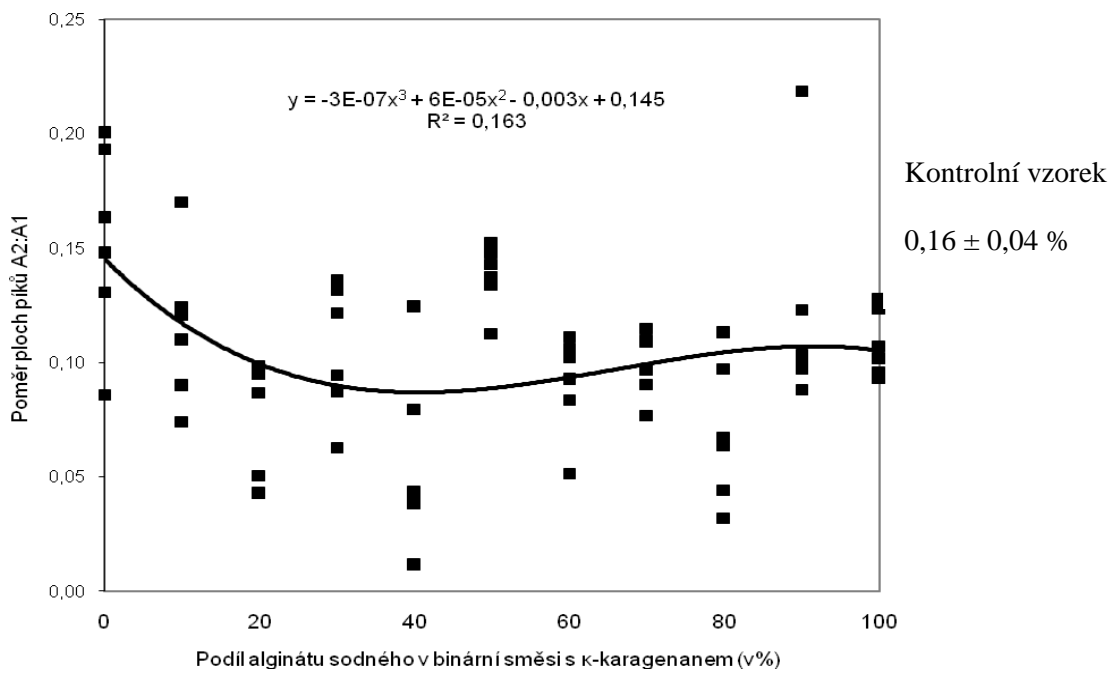


Obr. 11: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 30. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)

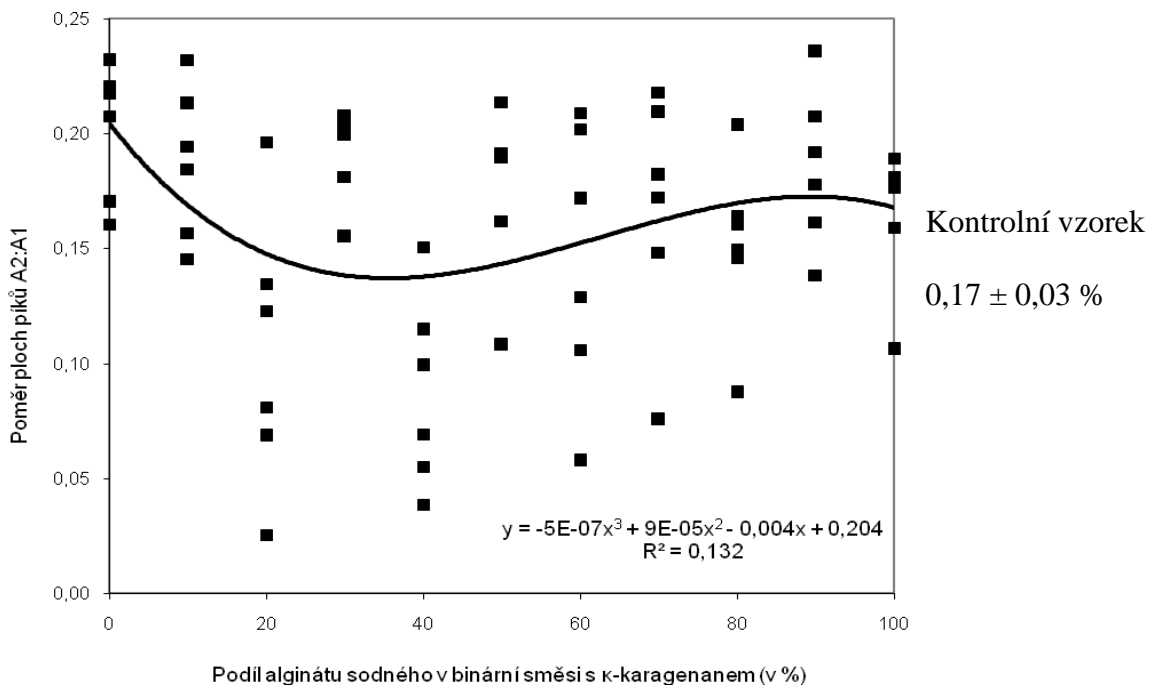
Z Obr. 9 – 11 je jednoznačně zřejmé, že poměr aplikovaných hydrokoloidů neměl na kohezivnost vzorků prakticky žádný vliv, což vyplývá mimo jiné z velmi nízkých indexů determinace. V průběhu 30denního skladování se kohezivnost vzorků mírně zvyšovala.

#### 6.4 Výsledky relativní lepivosti

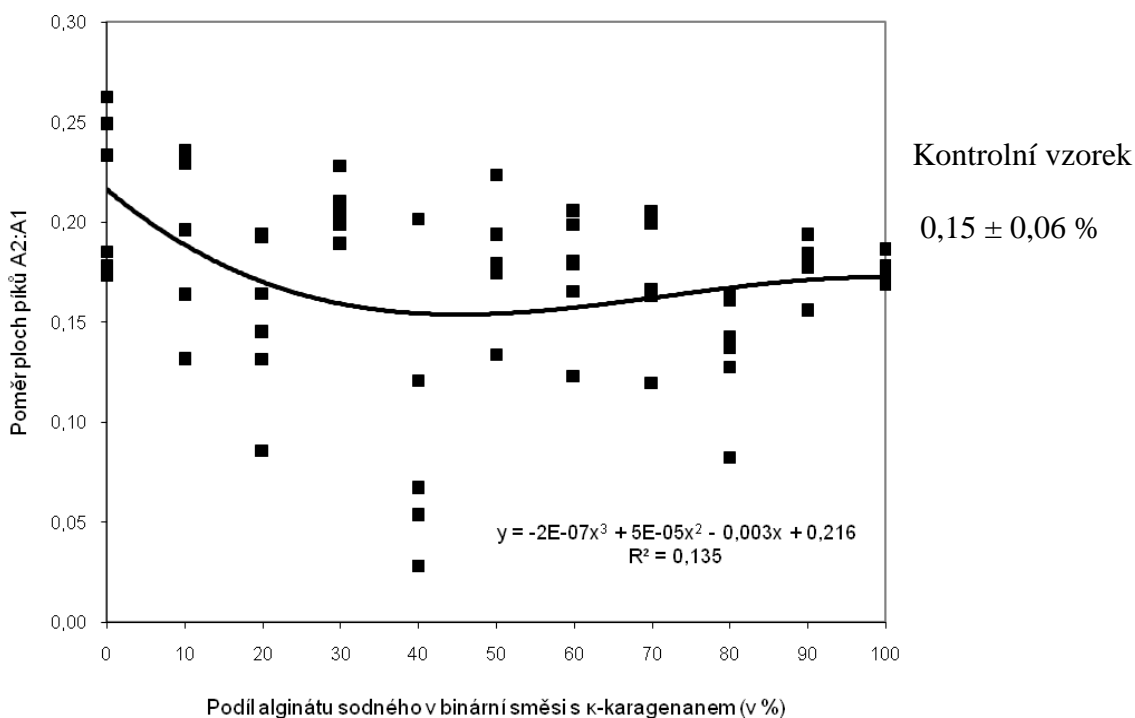
Měření relativní lepivosti modelových vzorků tavených sýrů jsou zobrazena v Obrázcích 12-14. Závislost relativní lepivosti tavených sýrů na složení binárních směsí alginátu a karagenanu je jako předešlých případech popisována pomocí regresních modelů s použitím polynomu 3. stupně.



Obr. 12: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů během 1. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)



Obr. 13: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů během 7. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)



Obr. 14: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů

během 30. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek)

Z Obr. 12 – 14 je patrné, že poměr aplikovaných hydrokoloidů neměl na relativní lepivost vzorků prakticky žádný vliv, což vyplývá mimo jiné z nízkých indexů determinace. V průběhu 30 denního skladování relativní lepivost tavených sýrů mírně klesala.

## 6.5 Diskuze

Během 30 denního skladování modelových vzorků tavených sýrů byly zjišťovány změny, které u těchto vzorků nastaly v důsledku interakcí mezi kaseinovými proteiny a hydrokoloidy. Tyto změny byly zjišťovány pomocí chemické analýzy (pH a sušina) a texturní analýzy (tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost).

Hodnota pH tavených sýrů, které byly vyrobeny za přídavku binárních směsí alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu, odpovídala optimálnímu intervalu 5,6 - 6,1. Aplikace hydrokoloidů hodnoty pH prakticky neovlivnily. Sušina modelových vzorků dosahovala rozptylu 41,17 - 42,59 % hmotnostních. Požadovaná hodnota sušiny byla 40 % hmotnostních, přičemž daná tolerance činila  $\pm 5$  % požadovaného obsahu sušiny. Nízká variabilita v obsahu je nutná



pro zabezpečení studovaných vzorků. Z hlediska texturní analýzy byla zkoumána nejprve tvrdost, která se s prodlužující dobou skladování v průběhu 30 dní zvyšovala. Podle Guinee *et al.*, změny pevnosti v průběhu skladování bývají připisovány také hydrolyze fosforečnanových solí [7]. Tvrdost vzorků se samostatně použitým  $\kappa$ -karagenanem byla vyšší ve srovnání s modelovými vzorky, do kterých byl aplikován pouze alginát sodný. U směsi alginátu sodného s  $\kappa$ -karagenanem byla zjištěna existence lokálního maxima tvrdosti vzorků při poměru hydrokoloidů 1:4. Zdůvodnění různé pevnosti tavených sýrů s  $\kappa$ -karagenanem ve srovnání s přísadkou alginátu sodného lze hledat v různém způsobu tvorby gelu daných biopolymerů a dále také v možných interakcích s kaseinovými proteiny. Vyšší tvrdost vzorků s  $\kappa$ -karagenanem lze přisuzovat přítomnosti vápenatých iontů a interakcím s kaseinovými bílkovinami, což ve své práci uvádí i Horne & Tziboula [27]. K vysvětlení existence lokálního maxima tvrdosti tavených sýrů při poměru alginátu sodného s  $\kappa$ -karagenanem (1:4) není v současné literatuře dostatek informací. Pravděpodobně může docházet k určitému typu rovnováhy mezi koncentrací hydrokoloidů, iontů a bílkovin, která vede k tvorbě pevnějšího a stabilnějšího gelu. Lze říci, že do určitého poměru koncentrace v binární směsi lze pozorovat synergii, ale při překročení této meze, je způsobena destabilizace systému. Dalšími zkoumanými parametry byly kohezivnost a relativní lepi-  
vost tavených sýrů. Ani jeden z těchto texturních parametrů nebyl měnícím se poměrem použitých hydrokoloidů výrazně změněn. Tato skutečnost je dána tím, že hydrokoloidy vytváří silnou a tuhou matici, proto se adhezivnost k ostatním materiálům snižuje.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na texturní vlastnosti tavených sýrů vyrobených s použitím binárních směsí karagenanu a alginátu. Úkolem této práce bylo vyrobit modelové vzorky tavených sýrů a přidavkem hydrokoloidů, konkrétně aplikací alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu, které byly v různých poměrech. Následně byla provedena chemická analýza, kde bylo stanovováno pH a sušina jednotlivých vzorků. Experimentální část zahrnovala také texturní analýzu, která byla zaměřena zejména na tvrdost, kohezivnost a relativní lepivost.

Z výsledků, které byly získány během experimentu, bylo možné učinit následující závěry:

- pH modelových tavených sýrů se pohybovalo v optimálním intervalu 5,6 - 6,1.
- aplikace hydrokoloidů nemá významný vliv na změnu pH.
- sušina vzorků byla v optimálním rozmezí 40 % hmotnostních  $\pm 5$  %.
- tvrdost se v průběhu 30 dní skladování zvyšovala.
- tvrdost vzorků se samostatně použitým  $\kappa$ -karagenanem byla vyšší oproti vzorkům, kde byl aplikován pouze alginát sodný.
- při poměru hydrokoloidů alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu 1:4 byla zjištěna existence lokálního maxima tvrdosti vzorků.
- kohezivnost a relativní lepivost se při použití binární směsi hydrokoloidů výrazně neměnily.

Závěrem lze říci, že při použití binárních směsí karagenanu a alginátu, se výrazně měnila pouze tvrdost tavených vzorků, přičemž maximum tvrdosti bylo nalezeno při poměru hydrokoloidů alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu 1:4, což lze považovat za optimum koncentrací.

**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] BŘEZINA, P., J. HRABĚ a P. VALÁŠEK. *Technologie výroby potravin živočišného původu*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-405-2.
- [3] INFO@EKLASA.CZ. Česko: jednička v konzumaci tavených sýrů. Eklasa.cz [online]. ©2011 [cit. 2011-11-02]. Dostupné z: <http://www.eklasa.cz/spotrebitele/magazin/clanek/:cesko-jednicka-v-konzumaci-tavenych-syru>
- [4] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno: MZLU, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [5] LANGMAIER, Ferdinand. *Nauka o zboží*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2002. ISBN 80-7318-092-8.
- [6] KROMILK A.S., MAX PORTMAN. Termizované smetanové sýry. *Kromilk.cz* [online]. ©2002-2009 [cit. 2011-11-02]. Dostupné z: <http://kromilk.cz/cz/kromilk-mlekarna-syry-vyroba-produkce.html>
- [7] CARIÉ, M., T.P. GUINEE a M. KALÁB. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. 2004. vol. 2, p. 349-394. ISBN 0-1226-3653-8.
- [8] KADLEC, Pavel a kolektiv. *Technologie potravin II*. Praha: VŠCHT Praha, 2007. ISBN 80-7080-510-2.
- [9] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Spotřeba obyvatelstva. *Czso.cz* [online]. ©2011 [cit. 2012-04-24]. Dostupné z: [http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/1e01747a199f30f4c1256bd50038ab23/4100f5e146962c05c12579d8003ba05f/\\$FILE/cpotr041012analyza.pdf](http://www.czso.cz/csu/csu.nsf/1e01747a199f30f4c1256bd50038ab23/4100f5e146962c05c12579d8003ba05f/$FILE/cpotr041012analyza.pdf)
- [10] BŘEZINA, P., K. MAROUNEK a J. ŠIMŮNEK. *Fyziologie a hygiena výživy*. 2.vyd. Vyškov: VVŠ PV Vyškov, 2003. ISBN 80-7231-106-9.
- [11] BŘEZINA, P., J. ČEPIČKA a kolektiv. *Obecná potravinářská technologie*. Praha: VŠCHT Praha, 1995. ISBN 80-7080-239-1.

- [12] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných a extrakčních látek při výrobě potravin, v platném znění
- [13] BUŇKA, František a Leona BUŇKOVÁ. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*. 2009. vol. 1, p. 13-16.
- [14] DUGGAN, E., M. EL-BAKRY, E. D. O'RIORDAN a M. O'SULLIVAN. Effects of emulsifying salts reduction on imitation cheese manufacture and functional properties. *Journal of Food Engineering*. 2010. vol. 100, p. 596-603.
- [15] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro naše zdraví*. Brno: Littera, 1996. ISBN 80-85763-09-5.
- [16] BUŇKA, F., L. BUŇKOVÁ a S. KRÁČMAR. Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů. *Acta fytotechnica et zootechnica-Mimoriadne číslo*. 2009, p. 69-78.
- [17] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin I*. Tábor: OSSIS, 1999. ISBN 80-902391-3-7.
- [18] PHILLIPS, Glyn a Peter WILLIAMS. *Handbook of hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press LLC, 2000. ISBN 1-85573-501-6.
- [19] JECFA. *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: FAO JECFA Monographs 4*. 2007. ISBN 978-92-5-105866-4.
- [20] CHAPLIN MARTIN. Water Structure and Science. *lsbu.ac.uk* ©2011 [cit 2011-11-12]. Dostupné z: <http://www.lsbu.ac.uk/water/hycar.html>
- [21] GUAN, H., A. S. IOANOVICIU, R. J. LINHARDT, S. A. SIKKANDER, CH. THANAWIROON, J. K. TOBACMAN, T. TOIDA a G. YU. Structural studies on  $\kappa$ -carrageenan derived oligosaccharides. *Carbohydrate Research*. 2002. vol. 337, p. 433-440.
- [22] BŘEZINA, P., F. BUŇKA, M. ČERNÍKOVÁ, J. HRABĚ, V. PAVLÍNEK a P. VALÁŠEK. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*. 2008. vol. 22, p. 1054–1061.
- [23] IMESON, Alain. *Food stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Oxford: Wiley-Blackwell. 2010. ISBN 978-1-4051-3267-1.

- [24] LANGENDORFF, V., G. CUVELIER, B. LAUNAY, C. MICHON, A. PARKER, a C. G. DE KRUIF. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*, 1999. vol. 13, p. 211–218.
- [25] ARAGON-PIÑA, A., E. BRITO-DE LA FUENTE, C. A. GÓMEZ-ALDAPA, L. MEDINA-TORRES a J. F. TORO-VAZQUEZ. Structural characteristics of gels formed by mixtures of carrageenan and mucilage gum from *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate polymers*. 2006. vol. 63, p. 299-309.
- [26] CUVELIER, G., C. G. DE KRUIF, V. LANGENDORFF, B. LAUNAY, C. MICHON a A. PARKER. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*. 1999. vol. 14, p. 273-280.
- [27] HORNE, David S. a Athina TZIBOULA. Influence of milk proteins on i-carrageenan gelation. *International Dairy Journal*. 1999. vol. 9, p. 359-364.
- [28] ARLTOFT, D., F. MADSEN, R. IPSEN a J. VRIS. Interactions between carrageenans and milk protein: a microstructural and rheological study. *Biomacromolecules*. 2007. vol. 8, p. 729-736.
- [29] INFO@ZDRAVAPOTRAVINA.CZ. Seznam éček. *Emulgatory.cz* ©2010 [cit 2011-11-11]. Dostupné z: <http://www.emulgatory.cz/seznam-ecek?prisada=E407>
- [30] REHM, Bernd H. A. *Alginates: Biology and Applications*. New York: Springer-Verlag. 2009. ISBN 354092678X.
- [31] COX, P., I. T. NORTON a F. SPYROPOULOS. *Practical Food Rheology: An Interpretive Approach*. Oxford: Wiley-Blackwell. 2011. ISBN 978-1-4051-9978-0.
- [32] CRAIG, D. Q. M., S. CHAUHAN, F. A. JOHNSON a A. D. MERCER. The effects of alginate molecular structure and formulation variables on the physical characteristics of alginate raft systems. *International Journal of Pharmaceutics*. 1997. vol. 159, p. 35-42.
- [33] FIGUEIREDO, I. V., A. R. GONCALVES, A. J. RIBEIRO, C. M. SILVA a F. VEIGA. Alginate microspheres prepared by internal gelation: Development and

- effect on insulin stability. *International Journal of Pharmaceutics*. 2006. vol. 311, p. 1-10.
- [34] LAAMAN, Thomas R. *Hydrocolloids in Food Processing*. Oxford: Wiley-Blackwell. 2011. ISBN 9780470961896.
- [35] DOMB, A. J., A. EZRA a N. KUMAR. *Biodegradable Polymers in Clinical Use and Clinical Development*. New Jersey: Wiley-Blackwell. 2011. ISBN 978-0-470-42475-9.
- [36] McHUGH, Dennis J. *Production and Utilization of Products from Commercial Seaweeds*. Rome: FAO. 1987. ISBN 92-5-102612-2.
- [37] PANIKKAR, Rajeendernath a Donald J. BRASCH. Composition and block structure of alginates from New Zealand brown seaweeds. *Carbohydrate Research*. 1996. vol. 293. p. 119-132.
- [38] PONGJANYAKUL, Thaned a Satit PUTTIPIPATKHACHORN. Xanthan-alginate composite gel beads: Molecular interaction and in vitro characterization. *International Journal of Pharmaceutics*. 2007. vol. 331, p. 61-71.
- [39] ANONYM. Křivka texturní profilové analýzy. [online] [cit. 2012-04-22], software Texture Exponent Lite (Stable Micro Systéme, Ltd.).
- [40] ROSENTHAL, Alan. J.: *Food Texture – Measurement and Perception*, A Chapman & Hall Food Science Book, Aspen Publishers, Inc., Gainthersurg, Maryland: 1999. ISBN 0-8342-1238-2.
- [41] CUNHA, Clarissa R. a Walkiria 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.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- A:K Poměr alginátu sodného a  $\kappa$ -karagenanu v binární směsi.
- M  $\beta$ -D-mannuronové kyselina.
- G  $\alpha$ -L-guluronová kyselina.

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1: Obecný strukturní vzorec karagenanů .....	17
Obrázek 2: Strukturní vzorce $\kappa$ -karagenanu, $\iota$ -karagenanu a $\lambda$ -karagenanu .....	18
Obrázek 3: Obecná struktura alginátů.....	23
Obrázek 4: Schéma utváření modelu „egg box“ .....	24
Obrázek 5: Graf k vyhodnocení texturních vlastností taveného sýra .....	31
Obrázek. 6: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 1. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek) .....	34
Obrázek 7: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 7. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek) .....	34
Obrázek 8: Vliv binárních směsí na tvrdost tavených sýrů během 30. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek) .....	35
Obrázek 9: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 1. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek).....	36
Obrázek 10: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 7. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek).....	36
Obrázek 11: Vliv binárních směsí na kohezivnost tavených sýrů během 30. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek) .....	37
Obrázek 12: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů během 1. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek).....	38
Obrázek 13: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů během 7. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek).....	38
Obrázek 14: Vliv binárních směsí na relativní lepivost tavených sýrů během 30. dne skladování (v grafu není zahrnut kontrolní vzorek).....	39



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Příspěvek na konferenci: NAGYOVÁ, G., BUŇKA, F., BAČOVÁ, H.,  
NOVÁK, P.: Vliv složení binárních směsí hydrokoloidů na pevnost tavených  
sýrů. Mléko a sýry. Praha: VŠCHT, 24.1.2012. 5 s.

# **PŘÍLOHA P I: VLIV SLOŽENÍ BINÁRNÍCH SMĚSÍ VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ NA PEVNOST TAVENÝCH SÝRŮ**

**Nagyová Gabriela, Buňka František, Bačová Helena,  
Novák Pavel**

**Ústav technologie a mikrobiologie potravin,  
Fakulta technologická, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**

***THE EFFECT OF DIFFERENT COMPOSITION OF BINARY MIXTURES ON PROCESSED CHEESE  
HARDNESS***

## **Summary**

The aim of this work was to observe the effect of different composition of binary mixtures of selected hydrocolloids (sodium alginate:agar, κ-carrageenan:agar, sodium alginate:κ-carrageenan in total addition 0.3% w/w) on hardness of model processed cheese stored 1, 7 and 30 days. Each of the 3 types of binary mixtures was applied in 11 percentage ratios of each component (0:100, 90:10, ... 10:90, 100:0). The results showed that there was not significant difference in hardness of samples with alginate and agar applied on their own. The local maxima of hardness of model processed cheese with binary mixtures of κ-carrageenan with agar and κ-carrageenan with sodium alginate were found for ratios approx. 3:2 and 4:1, respectively. Hardness of all processed cheeses grew during storage.

## **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 než je dosaženo homogenní hmoty požadovaných vlastností.<sup>1,2</sup>

Hydrokoloidy jsou polymery, které tvoří dvě velké skupiny vysokomolekulárních látek – bílkoviny a polysacharidy. Mezi jejich nejdůležitější funkce patří schopnost ovlivnit strukturu a stabilitu potravinářských gelů. Zpravidla vykazují vysokou vaznost vody a řada z nich je schopna vytvářet za určitých podmínek uspořádané trojrozměrné matrice – gely. Tyto biopolymery působí často jako zahušťující prostředky zvyšující viskozitu systému anebo jako látky, které stabilizují texturu finálních výrobků a zabraňují uvolňování vody během skladování.<sup>2-4</sup> Interakce hydrokoloidů s ostatními komponenty mléčných matric

(zejména bílkovinami) jsou ovlivněny celou řadou faktorů, ke kterým patří: vliv pH, chemické složení mléčného výrobku včetně koncentrace iontů, skladovací podmínky atd. Proto je třeba pečlivě vybírat vhodné hydrokoloidy pro specifický účel<sup>4-7</sup> a zohlednit schopnost těchto biopolymerů interagovat s ostatními složkami přítomnými v potravinové matici.<sup>2,3</sup>

Důležitým faktorem ovlivňujícím texturní vlastnosti tavených sýrů je schopnost jednotlivých hydrokoloidů tvořit gely. Při výrobě potravin, včetně mléčných výrobků, se jako hydrokoloidy schopné tvořit gely často využívají karagenany, algináty a agary.

Gel tvořený alginátem je založený na elektrostatických interakcích mezi jednotkami  $\beta$ -D-mannuronové nebo  $\alpha$ -L-guluronové kyseliny s vápenatými ionty.<sup>8</sup> Schopnost tvorby gelů u agaru je závislá na formaci vodíkových vazeb, kde náhodná seskupení vedou k tvorbě jednoduchých a násobných helixů. Tyto helixy jsou stabilizovány přítomností molekul vody, které jsou vázány v jejich meziprostorech.<sup>9</sup> Studium tvorby agarových gelů dále poukazuje na skutečnost, že pro jeho tvorbu není nutná přítomnost kladně nabitých iontů.<sup>11</sup> Formace trojrozměrné sítě  $\kappa$ -karagenanu v helikálním uspořádání je závislá na přítomnosti kationtů neutralizující záporně nabitě sulfátové skupiny.<sup>10</sup> V posledních několika letech se v literatuře objevují práce studující vliv přísadkových jednotlivých hydrokoloidů na vlastnosti různých výrobků. V průmyslové praxi se však pravidelně setkáváme s aplikací několika hydrokoloidů, o jejichž vzájemných interakcích velmi často není mnoho známo. Jednotlivé polymery mohou mezi sebou interagovat a vzájemně se ovlivňovat, včetně texturních vlastností výsledných gelů. V krajním případě může dokonce existovat specifický poměr jednotlivých hydrokoloidů, po jehož přidavku se konzistence výrobku změnit jinak, než se očekává.

Ve směsích agaru s  $\kappa$ -karagenanem je nutno vzít v úvahu, že agar na rozdíl od  $\kappa$ -karagenanu sestává z neutrálních polymerních řetězců, nejsou tedy na rozdíl od karagenanu pozorovány přímé interakce s kaseiny. Naopak záporně nabitý  $\kappa$ -karagenan prostřednictvím svých sulfátových skupin interaguje s kaseinovými bílkovinami, a to díky kladně nabitým segmentům kaseinu anebo za asistence vápenatých iontů. Z dostupné literatury dále vyplývá, že přítomností alginátů by neměla být ovlivněna tvorba agarových gelů.<sup>11</sup>

Cílem práce bylo sledovat změny tvrdosti (pevnosti) tavených sýrů v závislosti na složení přísadky tří typů binárních směsí (alginát sodný s agarem;  $\kappa$ -karagenan s agarem;

alginát sodný s  $\kappa$ -karagenanem) v celkovém přídávku 0,3 % w/w. Pevnost modelových vzorků byla sledována během 30denního 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, hydrokoloidy a směs fosforečnanových tavicích solí (dihydrogenfosforečnan sodný a hydrogenfosforečnan sodný; 3 % w/w celkové hmotnosti taveniny; výrobce Fosfa akciová společnost, Břeclav). Binární směsi složené z vybraných hydrokoloidů (alginát sodný, agar,  $\kappa$ -karagenan; Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) byly přidávány v celkovém množství 0,3 % (w/w). V binárních směsích se měnil poměr obou hydrokoloidů s krokem po 10 % (100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90, 0:100). Modelová řada byla vyrobena v laboratorních podmínkách za použití přístroje Vormerk Thermomix TM31. Tavicí teplota byla 90 °C s výdrží po dobu 1 minuty. Vyrobená 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 ( $6 \pm 2$  °C).

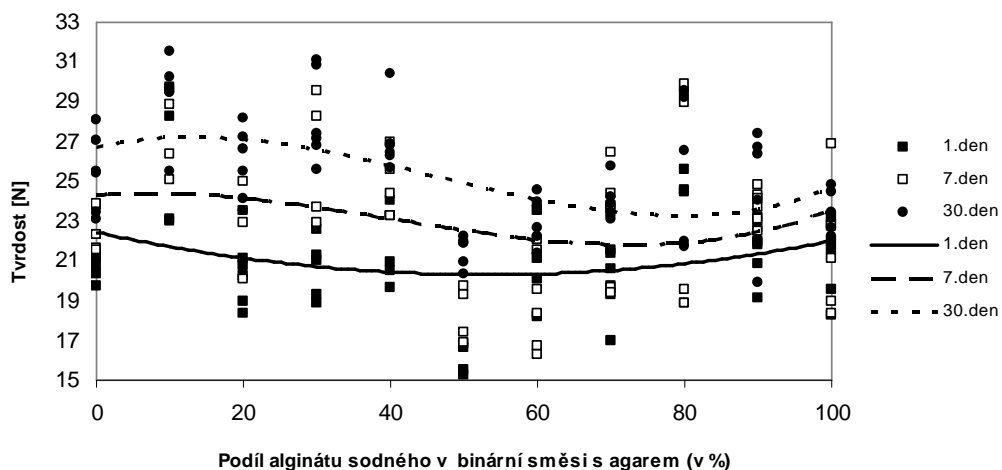
Texturní analýza byla provedena pomocí texturního analyzátoru TA-XT plus (Stable Micro Systems, Ltd.) penetrací válcové sondy o průměru 20 mm do hloubky 10 mm (rychlost penetrace sondy  $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ , zahájení měření při síle odpovídající 5 g), a to po 1, 7 a 30 dnech skladování. Tvrdost je definována jako síla potřebná k dosažení požadované deformace výrobku<sup>12</sup> a byla vyhodnocena jako maximální síla potřebná pro vtlačení sondy do hloubky 10 mm. Závislost tvrdosti tavených sýrů na přídávku jednotlivých binárních směsí byla modelována pomocí lineární regresní analýzy s využitím polynomických modelů 1. – 4. stupně (k výpočtům byl použit Microsoft Excel). Vhodnost modelu byla posuzována pomocí indexu determinace ( $R^2$ ) a zároveň byl vybírán model s nejmenším počtem parametrů.<sup>13</sup>

### **Výsledky a diskuse**

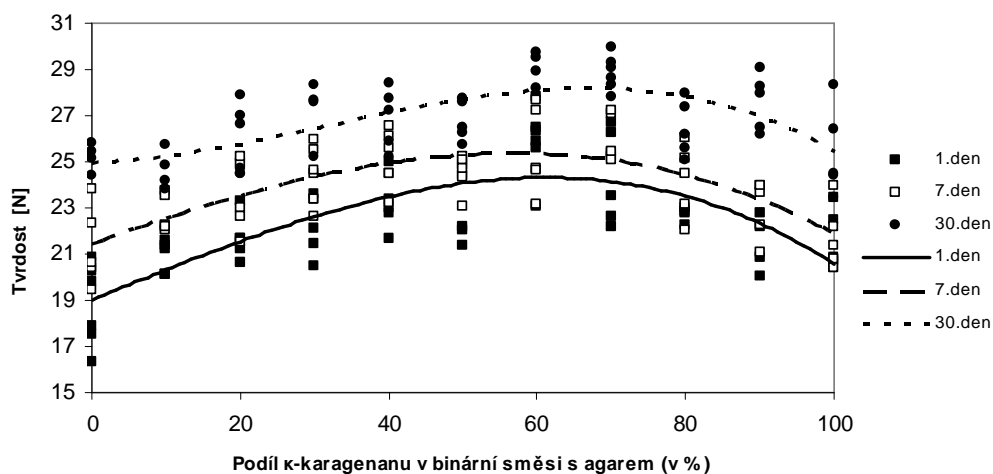
Výsledky měření tvrdosti modelových vzorků jsou zobrazeny na Obrázcích 1–3. Závislost pevnosti tavených sýrů na složení binárních směsích použitých hydrokoloidů lze

popsat pomocí regresních modelů s použitím polynomu 3. stupně. U většiny dnů analýzy (1., 7. a 30. den) byly indexy determinace pro polynomy 1. a 2. stupně významně nižší ve srovnání s modelem kubické funkce. Naopak použití polynomu 4. řádu již nevedlo k významnému zvýšení indexu determinace.

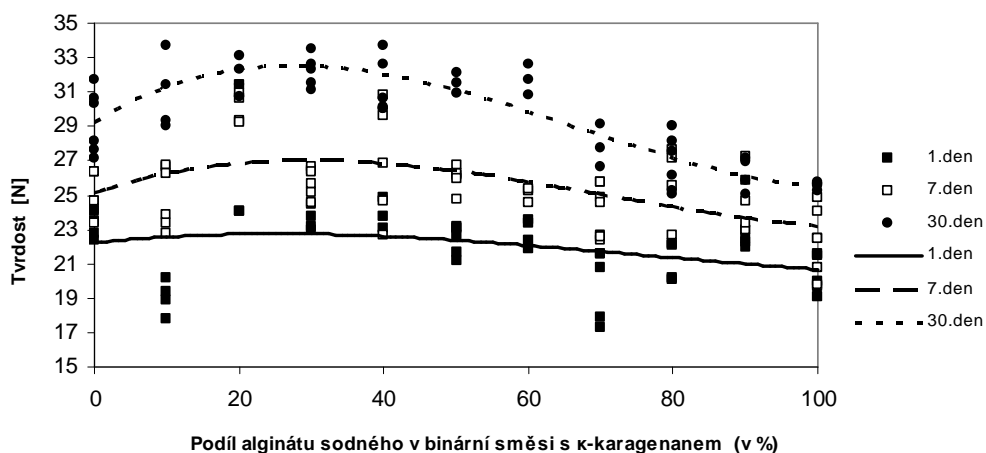
Tvrdość tavených sýrů s přidavkem 0,3 % (w/w) sodné soli alginátu nebo agaru byla prakticky obdobná ( $P \geq 0,05$ ). Rovněž pevnost sýrů se s aplikací binární směsi alginátu sodného a agaru v různých poměrech významně nelišila (Obrázek 1). Absenci významné závislosti tvrdosti sýrů na poměru obou hydrokoloidů naznačovaly i nízké indexy determinace ( $R^2 < 0,25$ ) zjištěné regresní analýzou s použitím polynomů 1. až 4. řádu. Tento stav byl pozorován ve všech dnech, kdy byly sýry analyzovány (1., 7. i 30. den). Prakticky obdobné hodnoty tvrdosti u této binární směsi lze hledat v rozdílném způsobu tvorby gelu jednotlivých hydrokoloidů. Draget<sup>8</sup> ve své studii uvádí, že k tvorbě alginátových gelů je nutná přítomnost kladných iontů. Tvorba agarových gelů je dána interakcemi jednotlivých helixů vodíkovými můstky.<sup>9</sup> Podle Imeson<sup>11</sup> by přítomnost alginátů neměla ovlivnit tvorbu agarových gelů. Rovněž k interakcím mezi kaseinovými bílkovinami a algináty nebo agary není v literatuře dostatek informací. U všech použitých poměrů binární směsi alginátu sodného a agaru byl pozorován signifikantní nárůst ( $P < 0,05$ ) tvrdosti v průběhu 30denního skladování při 6 °C.



**Obr. 1.:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] na složení přidané binární směsi alginátu sodného a agaru. Složení binární směsi je dáno procentuelním zastoupením alginátu sodného. Měření probíhalo po 1, 7 a 30 dnech skladování při 6°C



**Obr. 2.:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] na složení přidané binární směsi  $\kappa$ -karagenanu a agaru. Složení binární směsi je dáno procentuelním zastoupením  $\kappa$ -karagenanu. Měření probíhalo po 1, 7 a 30 dnech skladování při 6°C



**Obr. 3.:** Závislost tvrdosti tavených sýrů [N] složení přidané binární směsi  $\kappa$ -karagenanu a alginátu sodného. Složení binární směsi je dáno procentuelním zastoupením alginátu sodného. Měření probíhalo po 1, 7 a 30 dnech skladování při 6°C

Závislosti pevnosti modelových tavených sýrů na poměru jednotlivých hydrokolidů v binárních směsích s  $\kappa$ -karagenanem jsou uvedeny na Obrázcích 2 a 3. Tvrdost vzorků se samostatně použitým  $\kappa$ -karagenanem byla významně vyšší ( $P < 0,05$ ) ve srovnání s modelovými vzorky, do kterých byl aplikován pouze agar nebo alginát sodný. Tvrdost

tavených sýrů s binárními směsmi obsahujícími  $\kappa$ -karagenan se významně měnila v závislosti na složení binární směsi. U směsi alginátu sodného s  $\kappa$ -karagenanem a  $\kappa$ -karagenanu s agarem byla zjištěna existence lokálního maxima tvrdosti vzorků při určitém specifickém poměru hydrokoloidů. U směsi  $\kappa$ -karagenanem s agarem se lokální maximum nacházelo u poměru polymerů  $\sim 3:2$ . V případě binární směsi alginátu sodného s  $\kappa$ -karagenanem bylo toto lokální maximum pevnosti tavených sýrů detekováno při poměru hydrokoloidů  $\sim 1:4$ .

Zdůvodnění různé pevnosti tavených sýrů s  $\kappa$ -karagenanem ve srovnání s přísady agaru nebo alginátu sodného lze hledat v různém způsobu tvorby gelu všech tří polymerů a dále také v možných interakcích s kaseinovými proteiny, resp. v absenci těchto interakcí. Vyšší tvrdost vzorků s  $\kappa$ -karagenanem lze přisuzovat přítomnosti kladně nabitých iontů a interakcím s kaseinovými bílkovinami.<sup>2,3,10,11</sup> Mírně vyšší pevnost binárních směsí  $\kappa$ -karagenanu s alginátem sodným ve srovnání s binární směsí s agarem lze přisuzovat schopnosti  $\kappa$ -karagenanu i alginátu sodného vázat vápník a využívat jej k tvorbě svých gelů. Zcela vyloučit pravděpodobně nelze i interakce alginátu sodného s kaseiny, byť důkaz pro tuto hypotézu nebyl v literatuře nalezen.<sup>8,10,11,14</sup> Naopak tvorba agarových gelů nevyžaduje přítomnost kladných iontů a je založena zejména na vodíkových můstcích.<sup>11</sup> K vysvětlení existence lokálního maxima pevnosti tavených sýrů při specifickém poměru agaru nebo alginátu sodného s  $\kappa$ -karagenanem není v soudobé literatuře dostatek informací. Pravděpodobně může docházet k určitému typu rovnováhy mezi koncentrací hydrokoloidů, iontů a bílkovin, která vede k tvorbě pevnějšího gelu. Na skutečnost, že existují optima koncentrací jednotlivých komeponent ve smyslu tvorby pevných gelů, poukazují mnohé studie.<sup>10,11</sup> Některé práce<sup>3,10-12</sup> dokonce uvádí, že při překročení určitých koncentrací iontů či polymerů může dojít i k destabilizaci gelových soustav. K uspokojivému vysvětlení těchto procesů však bude třeba dalších studií.

V průběhu 30denního skladování byl zaznamenán nárůst pevnosti tavených sýrů ( $P < 0,05$ ), a to bez ohledu na použitý poměr v binárních směsích testovaných hydrokoloidů. Změny pevnosti v průběhu skladování bývají přisuzovány především hydrolyze fosforečnanových tavicích solí.<sup>1,2</sup> Takové vysvětlení však v tomto případě aplikovat nelze, protože jako tavicí soli byly použity pouze monofosforečnany, u kterých nelze uspokojivě předpokládat další hydrolyzu. Zdůvodnění těchto změn je tedy nutné hledat v jiných procesech, kam budou pravděpodobně patřit změny v disociaci některých přítomných sloučenin,

možná termodynamická nestabilita vzniklých gelů (známá například ze škrobových gelů), změny ve formě a rozsahu vazby vody aj.

## **Závěr**

Cílem této práce bylo studovat pevnost tavených sýrů s přidavkem binárních směsí s různým poměrem tří hydrokoloidů (alginát sodný, agar a  $\kappa$ -karagenan; 3 binární směsi). Aplikované množství binárních směsí bylo konstantní (0,3 % w/w) a měření probíhalo po 1, 7 a 30 dnech skladování při 6°C. Hydrokoloidy byly přidávány ve vzájemných poměrech 0:100; 10:90; ...90:10; 100:0. Po přidavku směsi alginátu sodného a agaru byla tvrdost taveného sýra prakticky obdobná bez ohledu na poměr jednotlivých polymerů. Výrazné změny tvrdosti byly pozorovány u tavených sýrů s přidavkem binárních směsí obsahujícími  $\kappa$ -karagenan, přičemž v obou kombinacích bylo nalezeno lokální maximum tvrdosti při určitém specifickém poměru hydrokoloidů. S prodlužující se dobou skladování v průběhu 30 dní se tvrdost tavených sýrů ve všech aplikovaných binárních směsích zvyšovala.

## **Poděkování**

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

## **Použitá literatura**

1. GUINEE, T. P., CARIC, M., KALÁB, M. *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.
2. BUŇKA, F., BUŇKOVÁ L., KRÁČMAR S. *Vybrané hydrokoloidy a emulgátory ve výrobě tavených sýrů*. Acta fytotechnica et zootechnica – Mimosiaden číslo, Nitra, Slovaca Universitas Agriculturae Nitriae. 2009. s. 69-78.
3. SYRBE A., BAUER, W. J., KLOSTERMEYER, H. Polymer Science Concepts in Dietary Systems – An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *International Dairy Journal*. 1998, vol. 8, p. 179-193.



4. DICKINSON, Eric. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. *Food Hydrocolloids*. 2003. vol. 17. p. 25-39.
5. PHILLIPS, G. O., WILLIAMS P. A. Preface. *In handbook of hydrocolloids*. Eds. PHILLIPS, G. O. & WILLIAMS, P. A. Woodhead Publishing Limited and CRC Press: Boca Raton, 2000. p. 87-102. ISBN 0-8493-0850-X.
6. ROSENHTAL, Andrew, J. Hydrocolloids. In *Food texture: measurement and perception*. Eds: Rosenthal, A. J., Aspen Publishers, 1999. p 282-303. ISBN 978-0-8342-1238-1.
7. TAN, Y. L., YE, A., SINGH, H., HEMAR, Y. Effects of biopolymer addition on the dynamic reology and microstructure of renneted skim milk systems. *Journal of Texture Studies*. 2007. vol. 38. p. 404-422.
8. 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.
9. ARMISEÂN R., GALATAS, F. HISPANAGAR S. A: Agar. In *Handbook of hydrocolloids (2nd Edition)*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2009. p. 807-828. ISBN 978-1-84569-4142.
10. IMESON, Alan. Carrageenan and furcellaran. In *Handbook of hydrocolloids (2nd Edition)*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2009. p. 807-828. ISBN 978-1-84569-4142.
11. IMESON, Alan. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. 2010. Blackwell Publishing. ISBN 978-1-4051-3267-1.
12. 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.
13. HEBÁK, P., HUSTOPECKÝ J., MALÁ I.: *Vícerozměrné statistické metody 2.*, 1. vyd. Praha: Informatorium 2005. 239 s. ISBN 80-73333-036-9.
14. CORREDIG, M., SHARAFBATI, N., KRISTO E. Polysaccharide-protein interactions in dairy matrices, control and design of structure. *Food Hydrocolloids*. 2011. vol. 23. p. 1833-1841

### **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