

# **Studium texturních vlastností blokových tavených sýrů s různými typy hydrokoloidů**

Bc. Markéta Havranová

---

Diplomová 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 DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Markéta HAVRANOVÁ**  
Osobní číslo: **T10399**  
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Studium texturních vlastností blokových tavených sýrů s různými typy hydrokoloidů**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Charakterizujte výrobu tavených sýrů
2. Popište výrobovou skupinu blokových tavených sýrů a její základní vlastnosti
3. Charakterizujte faktory ovlivňující texturu blokových tavených sýrů

### II. Praktická část

1. Vyroberte modelové vzorky blokových tavených sýrů
2. Do modelových vzorků aplikujte  $\kappa$ -karagenan,  $\iota$ -karagenan, lokustovou a arabskou gumu v různých koncentracích
3. Sledujte změny textury modelových vzorků v průběhu 30 denního skladování
4. Výsledky vyhodnoťte a formulujte závěr



Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. Základní principy výroby tavených sýrů. Brno, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8. Monografie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
2. COLLEN, Pi Nyvall, et al. Enzymatic Degradation of  $\kappa$ -Carrageenan in Aqueous Solution. *Biomacromolecules*. 2009, 10, 7, Pp 1757-1767.
3. PHILLIPS, G.O., ed. Handbook of Hydrocolloids. Boca Raton: CRC Press, 2000. ISBN:9780849308505.
4. CARIC, M., KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2. Major Cheese Groups, 2.* Elsevier Applied Science, London and New York, 1997.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. Ing. František Buňka, Ph.D.**

Ústav technologie a mikrobiologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

**1. února 2012**

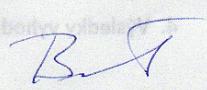
Termín odevzdání diplomové práce:

**2. 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: HAVRANOVÁ MARKĚTA

Obor: THEV

## 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 2.5.2012

Havranová

<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 nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledek 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 nahlázení 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 přihlídá k vyšší výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Teoretická část této diplomové práce se zabývá charakteristikou a výrobou tavených sýrů, popisuje blokové tavené sýry a jejich vlastnosti a faktory ovlivňující texturu tavených sýrů. Cílem praktické části bylo sledovat vliv vybraných hydrokoloidů (arabská guma, lokustová guma,  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan) v různých koncentracích na texturu vyrobených tavených blokových a roztíratelných sýrů během 14 a 30 denního skladování. Modelové vzorky tavených sýrů byly podrobeny základní chemické analýze, testu roztékavosti a texturní profilové analýze se zaměřením na texturní vlastnosti: tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost.

Z výsledků práce vyplývá, že hodnota pH tavených sýrů byla ovlivněna aplikací a druhem hydrokoloidu a také dobou skladování, zatímco koncentrace hydrokoloidu se na pH neprojevila. Testem roztékavosti po opětovném záhřevu taveného sýra byl zjištěn stupeň roztékání roztíratelných i blokových sýrů. Texturní analýzou bylo zjištěno, že vybrané texturní vlastnosti tavených sýrů ovlivnil jak druh a koncentrace aplikovaného hydrokoloidu, tak doba jeho skladování.

Klíčová slova: tavený sýr, blokový tavený sýr, hydrokoloidy, texturní profilová analýza, roztékavost



## **ABSTRACT**

The theoretical part of this thesis deals with characterization and production of processed cheese, describes block processed cheese and their properties and factors affecting the texture of processed cheese. The aim was to study the practical effects of selected hydrocolloids (Arabic gum, Carob bean gum,  $\kappa$ -Carrageenan and  $\iota$ -Carrageenan) in various concentrations on the texture of block type processed cheese and processed cheese spreads during 14 and 30-day storage. Processed cheese samples underwent basic chemical analysis, test of meltability and texture profile analysis focused on the textural properties of hardness, cohesiveness, adhesiveness and relative adhesiveness.

The results show that the pH of processed cheese was affected by the application and type of hydrocolloid and storage time, while no influence of hydrocolloid concentration on pH was found. It was observed that during repeated heating process most samples of spreadable cheese melted and block type processed cheese shrunk. Texture analysis found that the selected textural properties of processed cheese were influenced by the type and concentration of hydrocolloid and the period of storage time.

Keywords: processed cheese, block type processed cheese, hydrocolloids, texture profile analysis, meltability

## Poděkování

Za odbornou pomoc, konzultace a vedení děkuji svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Františku Buňkovi, Ph.D. Za cenné rady a odborné vedení při práci v laboratoři děkuji Ing. Zuzaně Hanákové, bez které by se praktická část mé diplomové práce nemohla uskutečnit. Nejen za psychickou podporu v období celého studia a především v jeho závěru, děkuji svému příteli a jeho i své rodině.

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



# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 TAVENÉ SÝRY</b> .....	<b>13</b>
1.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA TAVENÝCH SÝRŮ.....	13
1.1.1 Dělení tavených sýrů .....	13
1.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ.....	14
1.2.1 Surovinová skladba tavených sýrů .....	14
1.2.2 Hlavní kroky při výrobě tavených sýrů .....	15
1.2.3 Princip výroby tavených sýrů .....	16
<b>2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURU BLOKOVÝCH TAVENÝCH SÝRŮ</b> .....	<b>19</b>
2.1 VLIV SUROVINOVÉHO SLOŽENÍ NA TEXTURU TAVENÝCH SÝRŮ .....	19
2.2 VLIV ZPRACOVÁNÍ TAVENINY NA TEXTURU TAVENÝCH SÝRŮ.....	20
2.3 VLIV SKLADOVÁNÍ NA TEXTURU TAVENÝCH SÝRŮ .....	21
<b>3 HYDROKOLOIDY</b> .....	<b>22</b>
3.1 ARABSKÁ GUMA.....	23
3.1.1 Chemická struktura arabské gummy .....	23
3.1.2 Vlastnosti arabské gummy .....	24
3.1.3 Využití arabské gummy.....	24
3.2 LOKUSTOVÁ GUMA.....	25
3.2.1 Chemická struktura lokustové gummy.....	25
3.2.2 Vlastnosti lokustové gummy .....	26
3.2.3 Využití lokustové gummy .....	27
3.3 KARAGENANY .....	27
3.3.1 Chemická struktura karagenanů .....	28
3.3.2 Vlastnosti karagenanů .....	30
3.3.3 Využití karagenanů.....	31
3.3.4 Tvorba gelu karagenanů .....	32
3.3.5 Interakce karagenanů s kaseiny .....	34
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>4 CÍL PRÁCE</b> .....	<b>37</b>
<b>5 MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>38</b>
5.1 POPIS EXPERIMENTŮ DIPLOMOVÉ PRÁCE.....	38
5.1.1 Experiment 1 .....	38
5.1.2 Experiment 2 .....	39

5.2	LABORATORNÍ VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ .....	40
5.3	ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA.....	40
5.4	TEXTURNÍ ANALÝZA.....	41
5.5	OPĚTOVNÁ ROZTÉKAVOST.....	42
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>44</b>
6.1	EXPERIMENT 1 .....	44
6.1.1	Základní chemická analýza .....	44
6.1.2	Stanovení tvrdosti taveného sýra.....	45
6.1.3	Stanovení soudržnosti taveného sýra .....	46
6.1.4	Stanovení lepivosti taveného sýra .....	47
6.1.5	Stanovení relativní lepivosti taveného sýra.....	48
6.1.6	Stanovení opětovné roztékavosti taveného sýra.....	49
6.2	EXPERIMENT 2 .....	50
6.2.1	Základní chemická analýza .....	50
6.2.2	Stanovení tvrdosti taveného sýra.....	53
6.2.3	Stanovení soudržnosti taveného sýra .....	59
6.2.4	Stanovení lepivosti taveného sýra .....	64
6.2.5	Stanovení relativní lepivosti taveného sýra.....	70
6.2.6	Stanovení opětovné roztékavosti taveného sýra.....	76
<b>7</b>	<b>DISKUZE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ.....</b>	<b>80</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>89</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>90</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>91</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>92</b>



## ÚVOD

Tavený sýr je definován jako potravina vyrobená zahříváním směsi různých druhů přírodních sýrů s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena požadovaná homogenní hmota [2]. Tavený sýr rozšiřuje sortiment mléčných výrobků, vytvořil si své nezastupitelné místo v lidské stravě a mezi konzumenty je oblíben.

Mezi základní suroviny pro výrobu tavených sýrů patří přírodní sýr (v České republice nejčastěji Eidamská cihla), tavicí soli (sodné soli polyfosforečnanů či citranů) a voda. Dále se přidává máslo, tvaroh, ochucující složky, aromata a barviva, suroviny nahrazující část přírodního sýra (např. sušená syrovátka či kasein), hydrokoloidy a další [2, 3, 4, 5]. V České republice se používá především diskontinuální způsob výroby taveného sýra při teplotách 90 až 100 °C [2].

Výhodou tavených sýrů je jejich hladká kompaktní textura, lepší schopnost plátkování, jednoduché opětovné roztavení bez oddělování fází a univerzální kuchyňské použití – vaření, zapékání nebo výroba omáček. Větší stabilita během skladování, dlouhá doba trvanlivosti nebo snížení nákladů na skladování a přepravu jsou výrobci ceněné vlastnosti tavených sýrů. Oblíbenost tavených sýrů spočívá v široké škále chutí a vůní, ze kterých si konzument může vybírat, dále zpracování do různých tvarů a balení do širokého spektra materiálů [3, 4].

Nejen v technologii výroby tavených sýrů je využito vlastností hydrokoloidů. Jedná se o vysokomolekulární látky mající schopnost vázat velké množství vody. Mezi další vlastnosti těchto polysacharidů patří zahušťování, želírování vodných roztoků, stabilizace pěn a emulzí, zpomalení tvorby ledových či cukerných krystalků, zvyšují viskozitu, omezují uvolňování vody z výrobku během skladování, napomáhají ke kontrolovanému uvolňování příchutí, nahrazují tuk či dotvářejí texturu u výrobků se sníženým obsahem tuku [4, 20, 21, 22].

Smyslem diplomové práce bylo sledovat vliv vybraných hydrokoloidů (arabská guma, lokustová guma,  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan) v různých koncentracích na texturu vyrobených tavených blokových a roztíratelných sýrů během skladování. Ve 14. a 30. dni byly modelové vzorky tavených sýrů podrobeny základní chemické analýze, testu roztékavosti a texturní profilové analýze se zaměřením na texturní vlastnosti: tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TAVENÉ SÝRY

## 1.1 Obecná charakteristika tavených sýrů

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. V této vyhlášce je definováno množství sušiny taveného sýra, která musí minimálně z 51 hm. % pocházet z přírodního sýra [1]. Tavené sýry jsou vyráběny zahříváním směsi různých druhů přírodních sýrů v různém stupni zralosti, s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností [2]. Dle jiné definice je tavený sýr potravina vyrobená mletím a mícháním různých typů přírodních sýrů formovaná do jednotné hmoty za působení tepla [3].

Pro výrobce tavených sýrů je výhodou možnost využití vzhledově nestandardních přírodních sýrů, jinak chuťově či mikrobiálně nezávadných, které by se však hůře prodávaly v běžné obchodní síti. Další předností je hladká kompaktní textura, lepší schopnost plátkování, hladké roztavení bez oddělování fází a univerzální kuchyňské použití – vaření, zapékání nebo tvorba omáček. Dlouhá doba trvanlivosti a větší stabilita během skladování či snížení nákladů na skladování a přepravu jsou výrobci ceněné vlastnosti tavených sýrů. Široká škála chutí a aromat v závislosti na použitých surovinách, zpracování do různých tvarů a balení do různých materiálů rozšiřuje oblíbenost tavených sýrů [3, 4].

### 1.1.1 Dělení tavených sýrů

Tavené sýry je možné dělit z různých hledisek. Dle Vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění, jsou tavené sýry rozděleny na vysokotučné, s obsahem tuku v sušině nejméně 60 %, na nízkotučné, s obsahem tuku v sušině nejvýše 30 % a tavené sýry s obsahem tuku v sušině 30 – 60 %. Poslední zmíněnou nepojmenovanou skupinu tavených sýrů lze dále rozdělit na sýry plnotučné (45 – 60 % tuku v sušině) a polotučné (30 – 45 % tuku v sušině) [1, 4].

Podle autorů Guinne a kol. [5] lze vyráběné tavené sýry dělit do těchto pěti skupin:

- Pasteurized blended cheese (možný český překlad: pasterovaný sýr) – základní suroviny: sýr, smetana, bezvodý mléčný tuk, voda, sůl, barviva, koření, aromata

a prostředek omezující růst plísní (např. kyselina sorbová). Konečný produkt je ve formě plátku nebo bloku.

- Pasteurized processed cheese (možný český překlad: tavený sýr) – základní složení: sýr, smetana, bezvodý mléčný tuk, voda, sůl, barviva, koření, aromata, prostředek omezující růst plísní, dále může obsahovat tavicí soli a organické kyseliny (např. mléčná, octová a citrónová) pro úpravu konečného pH produktu ( $\geq 5,3$ ).
- Pasteurized processed cheese foods (možný český překlad: výrobky z tavených sýrů) – základní složení: sýr, smetana, bezvodý mléčný tuk, voda, sůl, barviva, koření, aromata, prostředek omezující růst plísní, tavicí soli a organické kyseliny, dále je možné přidávat další mléčné suroviny (mléko, smetana, podmásli, sladká syrovátka, sérové proteiny – v tekuté nebo sušené formě).
- Pasteurized processed cheese spread (možný český překlad: tavené sýrové pomazánky) – základní složení: sýr, smetana, bezvodý mléčný tuk, voda, sůl, barviva, koření, aromata, prostředek omezující růst plísní, tavicí soli a organické kyseliny, dále je možné přidávat hydrokoloidy (např. guarová a lokustová guma, karagenany, xantany, karboxymethylcelulózu) a sladidla (např. cukr, dextróza, glukózový sirup, hydrolyzovaná laktóza).
- Pasteurized cheese spread (možný český překlad: sýrové pomazánky) – základní složení: sýr, smetana, bezvodý mléčný tuk, voda, sůl, barviva, koření, aromata, prostředek omezující růst plísní, organické kyseliny, hydrokoloidy a sladidla. Není dovoleno použití tavicích solí.

## 1.2 Výroba tavených sýrů

### 1.2.1 Surovinová skladba tavených sýrů

Mezi obvyklé složky tavených sýrů patří přírodní sýr, tavicí soli a voda. V zahraničí se pro výrobu tavených sýrů používají různé druhy přírodních sýrů podle dostupnosti v dané zemi, nejčastěji se jedná o sýr Čedar, Gouda, Mozzarella, sýr Švýcarský či sýr Colby. V České republice je výběr základních surovin soustředěn především na Eidamskou cihlu a blok, někdy je použit Moravský blok nebo Primátor [2, 3, 4, 5].



Obvykle používané tavicí soli jsou fosforečnany, polyfosforečnany či citrany, což jsou soli s vícetytnými anioty a monovalentními alkalickými kovy. Pro výrobu tavených sýrů se nejvíce využívají sodné soli fosforečnanů, v omezeném množství pak soli draselné, jejichž použití je rizikové z hlediska vzniku hořké chuti taveného sýra. Méně využívané jsou citrany, které se přidávají do blokových a plátkových tavených sýrů. V některých případech můžeme nalézt použití mono- a diacylglycerolů [4, 5].

Další surovinou pro výrobu tavených sýrů je tvaroh, který se přidává z důvodu zvýšení tukuprosté sušiny nebo pro dodání kaseinu a snížení pH. Máslo se používá pro zvýšení obsahu tuku a smetana pro zjemnění výrobku. Rovněž může být přidáván tzv. krém, což je již utavený sýr z předešlé výroby, který zajistí jemnější konzistenci, zlepšit tavitelnost a zvýší závěrečnou pevnost sýra. Pro úpravu sušiny se přidává pitná voda. Dále se mohou přidávat přísady ovlivňující chuť a barvu jako je zelenina, žampiony nebo masová složka. Pro lepší vazbu vody, zlepšení viskozity a celkové dotvoření textury hotového taveného sýra se přidávají hydrokoloidy [4, 5].

Část přírodních sýrů je možné nahradit mléčnými koncentráty jako je sušené podmásílí, sušená syrovátka, sušené odstředěné mléko, kasein či kaseináty, a to z důvodu snížení nákladů na vstupní suroviny. Může však dojít ke zhoršení výsledné jakosti taveného sýra [4].

### 1.2.2 Hlavní kroky při výrobě tavených sýrů

Výroba taveného sýra začíná výběrem základních surovin, jejichž složení zásadně ovlivňuje vlastnosti a jakost výsledného sýra.

Mladé sýry jsou pro výrobu taveného sýra vybírány pro svou vysokou vaznost vody a tvorbu tužší konzistence výsledného produktu. Sýry zralejší se lépe taví a poskytují finálnímu výrobku výraznou chuť a vůni. Pro různé druhy tavených sýrů se proto používají směsi s odlišným poměrem mladých a zralých sýrů. Například pro výrobu blokových tavených sýrů se používají sýry mladé, zatímco pro roztíratelné se vybírají středně zralé sýry [5].

Vstupní suroviny jsou očištěny, nakrájeny či rozemlety a je naváženo jejich potřebné množství. Následně jsou nadávkovány do tavicího kotle za přídavku tavicích solí.

Dle požadovaných vlastností taveného sýra je vybrána směs tavicích solí. Ty jsou výjimečně dodávány samostatně, obvykle se jedná o směs různých chemických látek, u kterých výrobci tají konkrétní složení, pouze charakterizují účinky na krémování, úprav pH a výměnu vápenatých iontů za sodné. Důležitá je volba jejich správného množství. Obsah tavicích solí v konečném výrobku by neměl přesáhnout 3,5 % hmotnosti taveného sýra, obvykle přidávané množství se pohybuje v rozmezí 2 – 3 % hmotnosti surovinové skladby. Při vyšších koncentracích by mohlo docházet ke vzniku hořké chuti nebo nežádoucí konzistence sýra [2, 4].

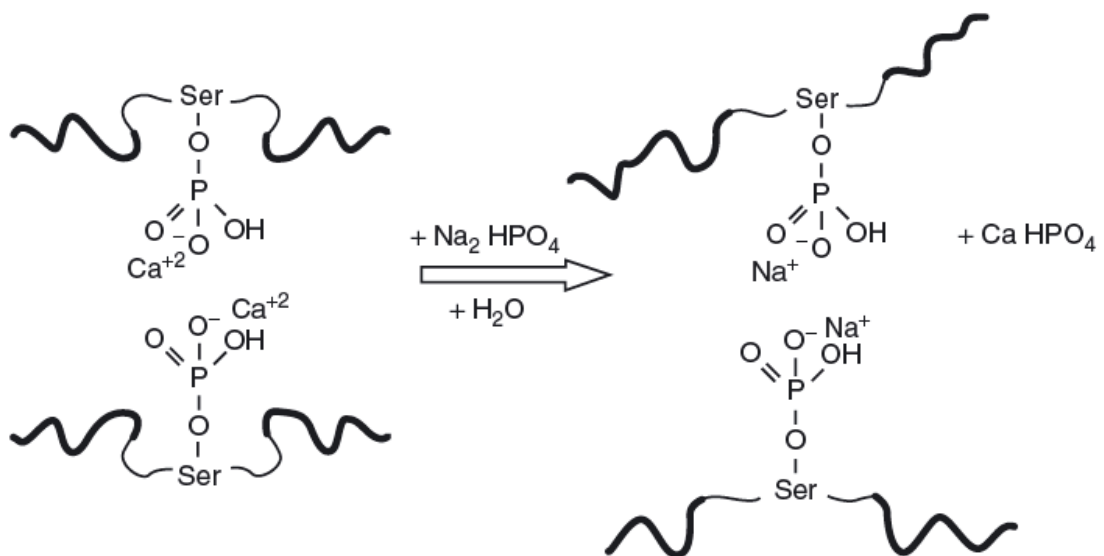
Následně je kotel uzavřen a probíhá vlastní tavení za sníženého tlaku a zvýšené teploty. V České republice se používá především diskontinuální způsob výroby při teplotách 90 až 100 °C. Tavicí proces je potřeba průběžně kontrolovat a případně upravovat. Po dosažení tavicí teploty je tato udržována několik minut. Je možné také provádět kontinuální proces tavení při teplotách 130 – 145 °C v nerezových trubkách po dobu 2 – 3 s. Tento proces poskytuje sterilaci produktu na rozdíl od diskontinuálního způsobu tavení, kdy jsou použity teploty nižší, které usmrtí pouze vegetativní formy mikroorganismů, jedná se tedy o pasterační efekt [2].

Vzniklá tavenina je přepravena v nerezových vozících k balicímu zařízení a je balena nejčastěji do trojúhelníkových forem vyložených hliníkovou fólií. Jsou možné i jiné tvary sýra nebo použití jiných obalových materiálů, například plastové kelímky s víčkem, skleněné nebo kovové nádoby a další. Je důležité zabezpečit aseptické balení co nejdříve po utavení směsi, aby se zabránilo vniknutí nežádoucích mikroorganismů způsobujících kažení taveného sýra. Takto zabalený tavený sýr pomalu chladne ve skladech při teplotě do 8 °C. Vychlazený tavený sýr je skupinově balen, skladován a expedován [2, 4].

### 1.2.3 Princip výroby tavených sýrů

Výroba tavených sýrů spočívá v tvorbě hladké homogenní hmoty požadovaných vlastností ze sýra přírodního. Bez přídavku tavicích solí bychom však tavený sýr vyrobit nedokázali. Po zahřátí směsi vstupních surovin bez tavicí soli by totiž došlo k destrukci membrán tukových kuliček, které pokrývají jejich povrch. Ty by se následně začaly spojovat do větších útvarů a došlo by k agregaci a zkrácení kaseinů, následkem toho by nastalo oddělení hydrofobní a hydrofilní fáze a došlo by k uvolnění vody [5].

Přidané tavicí soli tedy upravují prostředí v tavené směsi tak, aby mohly proteiny sýra uplatnit své přirozené emulgační schopnosti. Je to dáno tím, že kaseiny ve své molekule mají nepolární a polární část. Působením solí dojde k vyvázání vápníku z proteinu sýra a jeho nahrazení sodíkem z těchto solí, jak je znázorněno na obrázku 1. Tím se zvýší rozpustnost kaseinu ve vodě a nerozpustný parakaseinan vápenatý se přemění na rozpustnější parakaseinan sodný [2, 4, 6].



Obrázek 1: Působení tavicích solí na sýr, výměna iontů vápníku za ionty sodíku [6]

Během tavení, kdy teplota působí po delší dobu a za účinku mechanického míchání dojde díky vápenatým iontům k vazbě polyvalentních aniontů na proteiny, čímž se zvýší jejich hydrofilní charakter. Polyvalentní anionty mají schopnost vázat velké množství vody, dojde tedy k navázání vody a tím vzroste viskozita taveniny. Tím dochází k tvorbě proteinové matrice, tzv. procesu krémování [2].

Hydratace proteinů a emulgace tuku jsou důležitými procesy při závěrečné tvorbě struktury taveného sýra. Čím jsou tyto procesy intenzivnější, tím tužší konzistenci výsledného produktu obvykle získáme. Během chladnutí taveniny se vlivem vznikajících vodíkových můstků, hydrofobních interakcí, vápenatých a disulfidických můstků vytváří konečná struktura taveného sýra [4].

Na strukturu a konzistenci taveného sýra má zásadní vliv obsah tuku a velikost tukových kuliček, které jsou procesem krémování zmenšovány a rozptylovány v sýru.

Ke zmenšování velikosti tukových kuliček, a tedy zvyšování jejich počtu, dochází při intenzivnějším a delším míchání taveniny [4].



## 2 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ TEXTURU BLOKOVÝCH TAVENÝCH SÝRŮ

### 2.1 Vliv surovinového složení na texturu tavených sýrů

Textura tavených sýrů je ovlivněna použitými vstupními surovinami, mezi něž patří přírodní sýr a jeho zralost. Pro výrobu blokových a plátkových tavených sýrů se používá velmi mladý, téměř nedozrálý přírodní sýr, čímž vzniká gumovitá a tužší konzistence sýra. Výhodou je vysoká vaznost vody a možnost ušetření vstupních nákladů na přírodní sýr. Použití této neproзраlé suroviny má však řadu nevýhod, ke kterým patří horší tavitelnost, nadměrné bobtnání bílkovin, nevýrazná chuť výsledného sýra a díky vysoké viskozitě hrozí tvorba vzduchových bublin v tavenině. Naopak použitím zralého přírodního sýra získáme tavený sýr s výraznou vůní a plnou chutí, dobrou tavitelností a roztíratelností. Nevýhodou může být nestabilita vytvořené emulze a konzumenty nepřijatelná ostrá chuť, proto je výhodné vlastnosti různě zralých přírodních sýrů kombinovat a využít je ve směsích [2, 5, 6, 7].

Také množství vody a obsah tuku v sušině má vliv na konzistenci tavených sýrů. Čím je jejich obsah vyšší, tím lépe roztíratelný a méně tuhý tavený sýr získáme. Naopak se zvyšujícím se množstvím bílkovin se zhoršuje roztíratelnost a zvyšuje tuhost taveného sýra [4, 5, 8]. Tuk v sýru přispívá k pružnosti a roztékavosti. Pokud je obsah tuku v sýru při výrobě snížen pod 10 % vzniká sýr tuhý, gumovitý, s málo rozvinutou chutí, nízkou tavitelností a problematickým kuchyňským zpracováním. Tyto vlastnosti můžeme zlepšit, jestliže obsah vody v sýru zvýšíme přidáním hydrokoloidů, které váží vlhkost. Pro tyto schopnosti a z důvodu dobré interakce s mléčnými bílkovinami jsou široce používány karagenany [9].

Dalším faktorem, který má vliv na konzistenci taveného sýra je kyselost. Optimální hodnota pH se pohybuje v rozmezí 5,6 – 6,0. V této oblasti je vytvořena homogenní síť s rovnoměrnou fixací tukových kuliček, která částečně brání agregaci proteinů. Při poklesu pH pod optimální hodnotu se proteiny přiblíží izoelektrickému bodu kaseinu a dojde k jejich agregaci, čímž získá sýr mnohem pevnější konzistenci, která může vést až k drobivému charakteru. Naopak, když pH taveniny vzroste nad optimální hodnotu,

dochází ke snížení izoelektrického bodu kaseinu a sýr nabývá velmi měkkého charakteru [10, 11].

Obsah vápenatých iontů v tavenině je dalším faktorem, který má vliv na texturu tavených sýrů. Bylo zjištěno, že vyšší obsah vápníku v použitém přírodním sýru způsobí větší tuhost výsledného sýra díky zapojení vápenatých iontů do zesílení proteinové matrice finálního výrobku [12, 13].

Skladba a množství použitých tavicích solí má také podstatný vliv na texturu a konzistenci taveného sýra. Při použití většího množství fosforečnanových a citranových tavicích solí dochází ke zvýšení tuhosti hotového výrobku, což je nejspíše dáno intenzivnější výměnou vápenatých iontů za sodné ionty [14]. Směsí tavicích solí je také ovlivněna opětovná tavitelnost vyrobeného taveného sýra, což má význam při využití tavených sýrů na pizza výrobky [15].

Přídavkem tzv. krému (již utaveného sýra z předešlé výroby) při procesu krémování se zvýší stabilita a viskozita vznikající struktury a zároveň je zjemněna konzistence roztíratelných tavených sýrů [2].

Přídavek hydrokoloidů a emulgátorů do surovinové skladby zvyšuje tuhost finálního taveného sýra a také jeho elastickou strukturu [4].

Přídavek laktózy do surovinové směsi v podobě sušené syrovátky nebo sušeného odstředěného mléka způsobí porušení kontinuity, sníží tuhost a zvýší roztíratelnost taveného sýra [2, 4]. Přídavek podmásli zvýší intenzitu emulgace tuku a díky tomu je dosaženo tužší konzistence výrobku [16].

## 2.2 Vliv zpracování taveniny na texturu tavených sýrů

Rychlost a délka míchání taveniny má podstatný vliv na texturu taveného sýra. Rychlost míchání je důležitá z hlediska průměru tukových kuliček, jejichž velikost klesá se zvyšující se intenzitou míchání, díky tomu dochází k narůstání tuhosti taveného sýra [2].

Dalším faktorem, který ovlivní konzistenci taveného sýra je rychlost chlazení utavené hmoty sýra. Čím pomaleji je tavenina chlazena, tím je dosaženo tužší konzistence a horší schopnosti roztírání sýra [7]. Pokud byl jako základní surovina použit prozrálý přírodní sýr je třeba taveninu chladit pomaleji než pokud byl použit méně prozrálý přírodní sýr, abychom dosáhli vyrovnané konzistence výsledného taveného sýra [4, 16].

Pokud byly použity příliš vysoké teploty a příliš dlouhá doba tavení, může dojít k tzv. překrémování, při kterém dochází k agregaci proteinu a k uvolnění vody [4, 16].

### 2.3 Vliv skladování na texturu tavených sýrů

Na konečnou texturu taveného sýra mají vliv podmínky (především teplota) a doba skladování. Obecně platí, že tužší produkty si zachovají kvalitu déle než výrobky roztíratelné, které mají obvykle vyšší obsah vody [17]. Při vyšších teplotách a delší době skladování dochází k většímu tuhnutí tavených sýrů. Je to způsobeno zvyšováním sušiny sýra v důsledku postupného odparu přítomné vody, kterému se nedá zabránit ani použitím sebelepších obalových materiálů. Na tuhnutí taveného sýra má nejspíše také vliv hydrolyza polyfosforečnanových tavicích solí, které se začínají rozpadat již při procesu tavení a během skladování jejich uvolňování pokračuje [2, 4, 17].

Naopak při skladování tavených sýrů za nižších teplot (pod 5 °C) hrozí krystalizace tavicích solí [2]. V případě vzniku fosforečnanových krystalů dochází k jakési písčitosti sýra, zatímco pokud jde o krystaly citranové vzniká mramorovaný vzhled a struktura sýra. Vykrytalizovat mohou také jiné složky sýra, například laktóza, pokud je v taveném sýru obsažena ve velkém množství [17].

Během skladování dochází rovněž ke změnám barvy a chuti taveného sýra. Za působení vyšších teplot a přístupu slunečního světla dochází k tmavnutí a k rostoucímu obsahu těkavých látek, což ovlivňuje aroma sýru. Dochází k tomu nejspíše v důsledku Maillardových reakcí. Intenzita těchto změn se zvyšuje za přístupu světla a vlivem vyššího obsahu kyslíku [17, 18, 19].

Aby se předešlo výše zmíněným texturním a sensorickým změnám, měly by být tavené sýry skladovány v chladných (4 – 8 °C), suchých a zatemněných skladech, které jsou čisté a dobře větratelné.

### 3 HYDROKOLOIDY

Mezi hydrokoloidy patří řada polysacharidů a bílkovin, které jsou široce využívány v různých průmyslových odvětvích, kde vykonávají řadu funkcí. Jsou to vysokomolekulární látky, které mají schopnost vázat velké množství vody, čehož se využívá nejen v mlékárenské technologii. Mezi jejich schopnosti patří zahušťování a želírování vodných roztoků, stabilizace pěn a emulzí, zpomalení či zabránění tvorby ledových či cukerných krystalků, zvyšují viskozitu, omezují uvolňování vody z výrobku během skladování, napomáhají ke kontrolovanému uvolňování příchutí, nahrazují tuk či dotvářejí texturu u výrobků se sníženým obsahem tuku. Hydrokoloidy se používají do omáček a salátových dresinků, aby se předešlo usazování částic smetany a aby produkt lépe a snadněji vytékal po protřepání z lahve [4, 20, 21, 22].

Hydrokoloidy jsou vybírány podle požadovaných vlastností na výrobek, ovšem v dnešní době hraje nemalou roli také cena daného polysacharidu [22]. Do výrobků se obvykle přidává v malém množství (méně než 1,0 %) [21].

Mezi komerčně významné hydrokoloidy patří následující: hydrokoloidy rostlinného původu (škrob, pektin, celulóza, arabská guma, tragantová guma, guma guar, lokustová guma a další), hydrokoloidy živočišného původu (želatina, kasein, kaseináty, syrovátkové bílkoviny a chitosan), hydrokoloidy mikrobiálního původu (xantanová guma, dextran či guma gelan) a pak hydrokoloidy získané z řas, agar a karagenan (z červených řas) a alginát (z hnědých řas) [22].

Jsme schopni získat řadu textur a vzhledů gelu, některé gely mohou být opticky čiré jiné zase zakalené. Tvorba gelu nastává nad kritickou minimální koncentrací, která je specifická pro každý hydrokoloid. Například agaróza tvoří gely při koncentraci 0,2 %, zatímco u škrobů zředěných kyselinou se gely tvoří až při koncentraci 15 %. Obvykle však bývají zapotřebí koncentrace menší než 1 %. Pevnost gelu se zvyšuje s rostoucí koncentrací hydrokoloidu. Molekulová hmotnost použitého hydrokoloidu je také důležitá. Bylo prokázáno, že se pevnost gelu výrazně zvýší, jakmile se zvýší relativní molekulová hmotnost nad 100 000 kDa. Zvýšení křehkosti gelu je obvykle doprovázeno zvýšením tendence k synerzi a je přičítáno zvýšenému stupni agregace molekulových řetězců [22].

Některé polysacharidy, jako třeba xantanová guma, mají tendenci ke vzniku slabých mezimolekulárních řetězových spojení v roztoku, které vedou k formování trojrozměrné

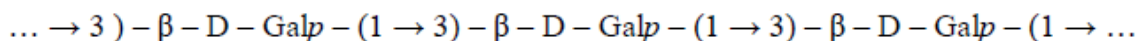
strukturní síť. Další polysacharidy, jako například agaróza, karagenan nebo guma gelan, mohou tvořit stabilní mezimolekulární spojení a v důsledku toho vytvořit silnou strukturu gelu [22].

### 3.1 Arabská guma

Jedná se o polysacharid rostlinného původu, který se získává ze stromů *Acacia senegal* L. nebo *Acacia seyal*, které rostou v Africe, zejména v Senegalu a Nigérii. Existují různé druhy těchto akácií, které se rozšířily do celého světa. Stromy akácie rostou v zeměpisném pásu nazývaném "pás gumy", který se rozprostírá v oblasti od okraje pouště v západní části Afriky v Senegalu až po východní část v Etiopii. Jeden akáciový strom je schopen za rok vyprodukovat pouze okolo 400 g gumy. Největším producentem této suroviny je Súdán a největším spotřebitelem je Evropa [20, 23, 24].

#### 3.1.1 Chemická struktura arabské gumy

Základní strukturou arabské gumy jsou arabinogalaktany tvořené základními stavebními jednotkami jako jsou D-galaktóza, L-arabinóza a  $\alpha$ -L-rhamnopyranóza. Dále mohou být přítomny v menším množství  $\beta$ -D-glukuronová kyselina a 4-O-methyl- $\beta$ -D-glukuronová kyselina. Hlavní řetězec tohoto polysacharidu tvoří  $\beta$ -D-galaktopyranózy (Galp) spojené  $\beta$ -(1→3) glykosidickou vazbou, jak ukazuje obrázek 2. Na zbytcích  $\beta$ -D-galaktopyranózy hlavního řetězce se vyskytují mnohonásobně větvené postranní řetězce. V postranních řetězcích převládá  $\beta$ -D-galaktopyranóza, která je na hlavní řetězec vázána  $\beta$ -(1→6) vazbami [2, 20, 24, 25]. Arabská guma má složitou strukturu. Jednotlivé molekuly gumy jsou sférické globule, které mají stočený hlavní řetězec. Bylo zjištěno, že má nejméně dvě frakce s různou molekulovou hmotností. Frakce s nejvyšší molekulovou hmotností obsahuje většinu bílkovin, ale představuje minoritní podíl gumy [20, 23].



Obrázek 2: Část hlavního řetězce arabské gumy [20]

### 3.1.2 Vlastnosti arabské gummy

Arabská guma se získává ve formě bílého prášku nebo tvoří oranžové až hnědé krystaly o relativní molekulové hmotnosti 260 – 1 200 kDa. Je to mírně kyselá látka. Jsou možné její různé formy kyselosti [20, 24, 25].

Významnou vlastností arabské gummy je dobrá rozpustnost ve vodě, snadno zde můžeme dosáhnout koncentrace 40 – 50 %. Ve vodném roztoku tvoří kulovité struktury s několika interakcemi s ostatními složkami potravin. Guma je rozpustná také v roztocích sacharózy, v solných roztocích a v roztocích s ethanolem. Naproti tomu rozpustnost v rostlinných olejích a propylenglykolu je omezená. Roztoky arabské gummy mají nízkou viskozitu a poskytují dobré emulgační vlastnosti. Arabská guma má hodně větvenou pevnou arabinogalaktanovou strukturu s centrálním atomem proteinu. Pro emulgační vlastnosti arabské gummy je důležitý obsah malého množství bílkovin, které jsou však citlivé na tepelnou denaturaci. Proto je výběr teploty a času klíčovým parametrem pro určení kvality arabské gummy [23].

Za normálních koncentrací (do 30 %) není guma schopna tvořit gely. Ke tvorbě gelu dochází pouze při její vysoké koncentraci (40 – 50 %) a ve spojení s cukry [20, 25]. Viskozita je silně ovlivněna pH prostředí, kdy maxima dosahuje při pH 4,5 – 8,0, a také přítomností solí, kdy naopak viskozita klesá [26]. V porovnání s ostatními ve vodě rozpustnými polysacharidy s podobnou molekulovou hmotností, vykazuje arabská guma velmi nízkou viskozitu. Ta je způsobena kulovitou, hodně rozvětvenou strukturou gummy, která brání vytváření vzájemných vazeb vodíku s vodou. Toto rozvětvení činí gumu vysoce odolnou vůči hydrolýze v kyselém prostředí i vůči působení enzymů [23].

### 3.1.3 Využití arabské gummy

V potravinách je guma využívána ke stabilizaci a emulgaci potravinářských produktů díky své schopnosti tvořit koncentrované disperze (až 50 %), aniž by se výrazně zvyšovala jejich viskozita. Guma brání krystalizaci cukru v cukrovinkách a přispívá k vytvoření jemné konzistence ve zmrzlínách, stabilizuje pěnu cukrovinek a dotváří chuť sirupů. Používá se v široké škále hotových výrobků, včetně bonbónů, pastilek nebo polyoly, pro lakované i nelakované žvýkačí výrobky, do žvýkaček i pro cukrovinky bez sacharózy a v dalších výrobcích, kde je potřeba vázat nějakou strukturu [23]. Také se používá jako látka ovlivňující aroma, zvlhčující látka, zahušťovadlo, zpevňující látka a pozitivně působí



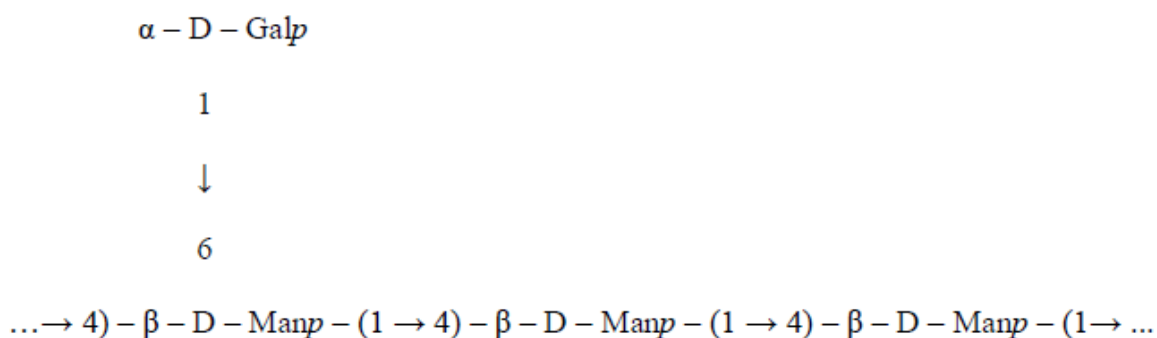
na vytváření struktury výrobku. Je dobře kombinovatelná s ostatními gumami, škroby, želatinou a sacharidy [20, 25, 26].

## 3.2 Lokustová guma

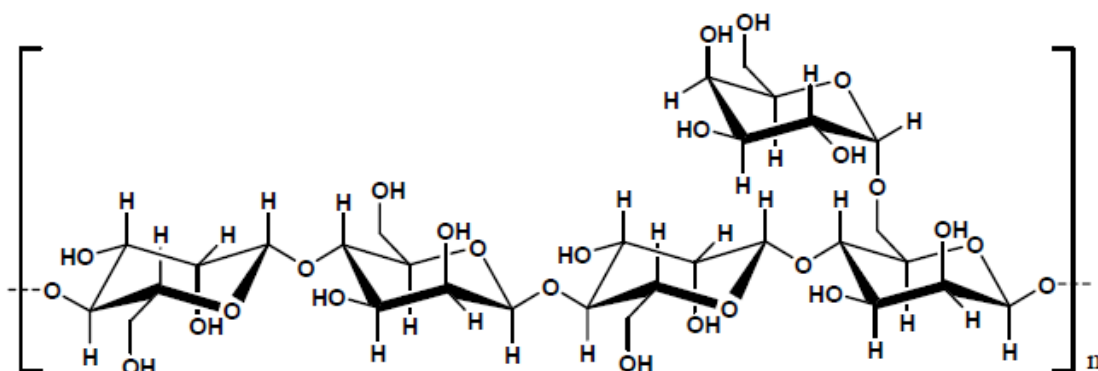
Lokustová guma, také známá jako karubin, je mouka, která se získává z endospermu semen stromu *Ceratonia siliqua*, který je též znám pod názvem svatojánský chléb či rohovník. Tento strom je pěstován v oblasti západního Středomoří [20, 27]. Plodem rohovníku jsou jedlé lusky, jež jsou z 90 % tvořeny dřeni, která je bohatá na sacharidy, glukózu, celulózu a třísloviny a patří mezi vyhledávaná krmiva pro dobytek. Ve dřeni lusků byla zjištěna látka pinitol (*O*-methyl inositol), který je indikátor ke zjištění falšování kakaa lokustovou gumou [28].

### 3.2.1 Chemická struktura lokustové gummy

Lokustová guma je vysokomolekulární polysacharid tvořený galaktomannany, které se nachází v endospermu semen. Galaktomannany jsou schopny poskytnout synergické interakce při použití v kombinaci s jinak nabitými polysacharidy [28]. Na obrázku 3 je znázorněn hlavní řetězec galaktomanannu tvořený jednotkami *D*-mannózy spojené  $\beta$ -(1→4) glykosidovými vazbami, na které je jako postranní řetězec vázána  $\alpha$ -*D*-galaktóza vazbami  $\alpha$ -(1→6). Obrázek 4 ukazuje celou strukturu lokustové gummy [20, 25, 27, 29].



Obrázek 3: Základní struktura galaktomannanu (*Galp* označuje galaktopyranózu, *Manp* označuje mannopyranózu) [20]



Obrázek 4: Strukturní vzorec lokustové gumy [27]

### 3.2.2 Vlastnosti lokustové gumy

Lokustová guma je bílý až žluto-hnědý prášek bez zápachu o průměrné relativní molekulové hmotnosti 310 kDa [20, 25, 27]. Ve většině organických rozpouštědel včetně etanolu je lokustová guma nerozpustná. Také ve studené vodě je nerozpustná, pouze botná. Částečně rozpustná je ve vodě při pokojové teplotě (21 °C) a plně rozpustná ve vodě o teplotě 85 °C působící minimálně 10 minut [20, 25, 27]. Rozpustnost gumy klesá s rostoucí molekulovou hmotností a zvyšující se koncentrací a je na pH nezávislá (pohybuje se v rozmezí pH 4 až pH 8). Molekuly lokustové gumy mají vysoký hydrodynamický objem, což může způsobit zapletení přilehlých molekul. Takovéto spletení molekul má za následek změnu viskózních vlastností látky [25].

Interakce lokustové gumy s xantanovou gumou vede ke gelaci. Tyto interakce s xantanem jsou výraznější než interakce lokustové gumy s guarovou gumou. Oblasti molekul, které nejsou substitovány galaktózou jsou odpovědné za tuto interakci a lokustová guma má nižší poměr galaktózy:mannózy než guma guar. Lokustová a guarová guma mají podobnou strukturu, které se liší právě v poměru galaktóza:mannóza. Lokustová guma má nižší poměr galaktózy ku mannóze než guma guar [25, 27].

Bez přítomnosti jiných látek není samotná lokustová guma schopna tvořit gely, ale zvyšuje pevnost a elasticitu gelů karagenanů [20]. Při tvorbě gelu není lokustová guma závislá na přítomnosti elektrolytu, ale může dojít ke zhoršení či ztrátě viskozity za vysokých nebo nízkých hodnot pH nebo při vystavení vysokým teplotám [22].

Distribuce galaktózy v mannózovém lineárním řetězci určuje reologické vlastnosti lokustové gummy. Poměr množství mannózy a galaktózy je 3,6:4,2. Zejména při vyšším poměru mannóza:galaktóza dochází k vyšší schopnosti gummy tvořit gel. Galaktomannany se vyskytují jako náhodné nepříliš rozpustné struktury, z tohoto důvodu je pro jejich úplné rozpuštění ve vodě nutná vysoká teplota (nad 85 °C) a intenzivní míchání [20, 28].

Lokustová guma má tendenci vytvářet v roztoku agregáty. To proto, že v nízko substituovaných galaktomannanech jsou dlouhé úseky nesubstituovaných mannanů. A tyto dlouhé úseky jsou náchylnější k agregaci s jinými podobnými segmenty v roztoku [30].

### 3.2.3 Využití lokustové gummy

V potravinářském a chemickém průmyslu je lokustová guma často používaným zahušňovadlem a stabilizátorem díky vysoké viskozitě, kterou poskytuje při nízkých koncentracích. Slouží jako zahušňovadlo mléčných výrobků včetně mražených jako je například zmrzlina. Zvyšuje trvanlivost výrobků vazbou vody, udržuje pod kontrolou jejich strukturu, ovlivňuje krystalizaci, brání usazování smetany, brání synerézi a také retrogradaci škrobu u škrobnatých výrobků. Zabraňuje usazování kalu nealkoholických nápojů a džusů, používá se do ovocných konzerv, do potravin pro děti, do pudिंगů, ve formě prášku se přidává jako vláknina do různých produktů, též se přidává do krmiv pro domácí zvířata. Lokustovou gumu můžeme nalézt v náplních do pečárenských výrobků (kde váží vodu), v chlebu a pečivu. Její využití se nachází i mimo potravinářství, v kosmetickém, farmaceutickém i textilním průmyslu – barvení a potisk textilních materiálů, v papírenském průmyslu či ve stavebnictví [20, 22].

## 3.3 Karagenany

Karagenany jsou řazeny mezi rostlinné slizy. Jde o polysacharidy mořských řas, které se získávají extrakcí z červených řas třídy *Rhodophyceae*. Nejdůležitějším komerčním zdrojem karagenanů jsou řasy rodu *Eucheima* spp., *Chondrus crispus*, *Iridaea* spp. a *Gigantina* spp. Nejhojnějším místem růstu těchto řas jsou oblasti severního pobřeží Atlantiku od Norska po severní Afriku [20, 25].

Složení karagenanů v červených mořských řasách se liší druhem, respektive rodem řasy, jak ukazuje následující tabulka 1 [31].

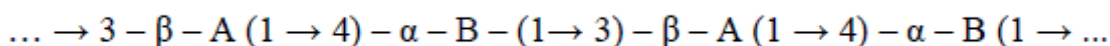


Tabulka 1: Obsah karagenanů ve vybraných červených řasách [31]

Rod červené řasy	Obsažený karagenan
<i>Chondrus crispus</i>	směs kappa a lambda
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	pouze kappa
<i>Eucheuma denticulatum</i>	pouze iota
<i>Gigantina skottsbergii</i>	převážně kappa, částečně lambda
<i>Sarcothalia crispata</i>	směs kappa a lambda

### 3.3.1 Chemická struktura karagenanů

Karagenan je vysokomolekulární lineární polysacharid, jehož základní strukturou je disacharid karabióza tvořený  $\beta$ -D-galaktopyranózou a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranózou spojených vazbou  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4), které se opakují. Pomocí vazby  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) jsou následně karabiózy pospojovány v karagenanu, jak ukazuje obrázek 5. Tabulka 2 uvádí strukturu jednotlivých typů karagenanů, kde písmena A, B označují D-galaktózu a její deriváty [4, 20, 22].



Obrázek 5: Primární struktura karagenanu [20]

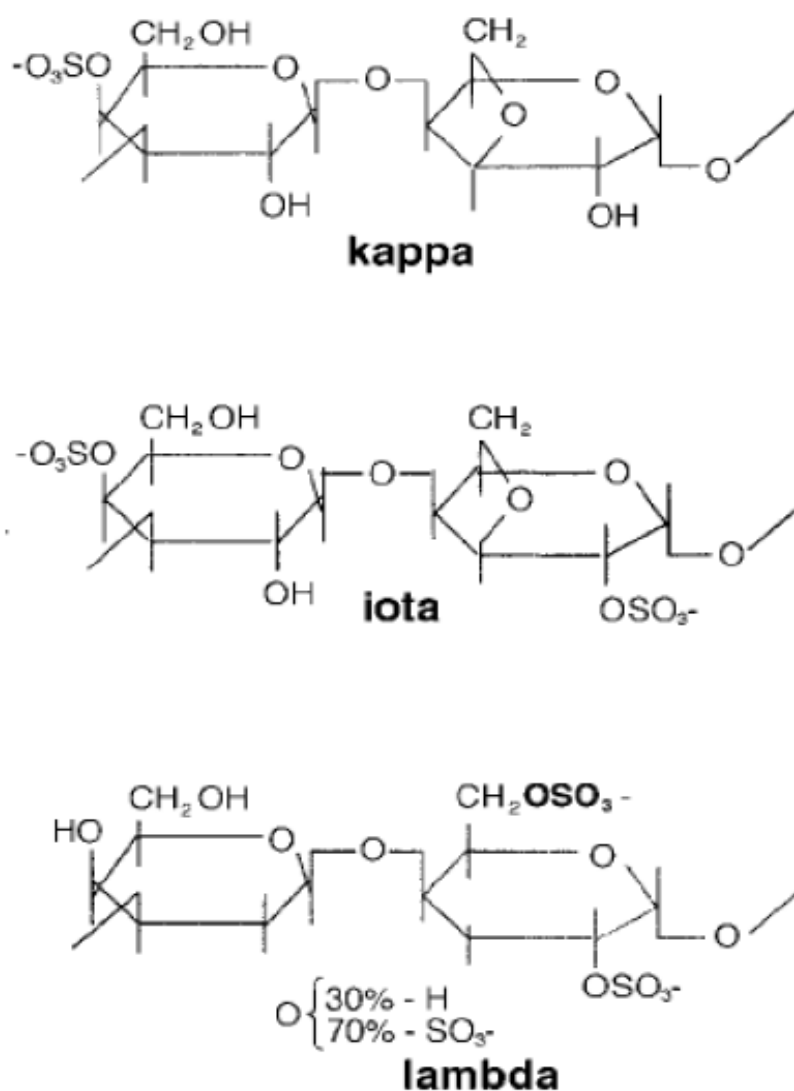
V současnosti známe 8 druhů karagenanů lišících se sekvencí monomerů ve své molekule. Jsou značeny řeckými písmeny beta –  $\beta$ , théta –  $\theta$ , iota –  $\iota$ , kappa –  $\kappa$ , lambda –  $\lambda$ , mí –  $\mu$ , ný –  $\nu$ , ksí –  $\xi$ . V potravinářství převládají tři z těchto polysacharidů a to  $\iota$ -karagenan,  $\kappa$ -karagenan a  $\lambda$ -karagenan [4, 20, 22].

Tabulka 2: Typ karagenanu a struktura jeho řetězce [20]

Typ karagenanu	Struktura karagenanu	
	A	B
beta $\beta$	$\beta$ -D-galaktóza	3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktóza
théta $\theta$	$\beta$ -D-galaktóza-2-sulfát	3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktóza-2-sulfát
iota $\iota$	$\beta$ -D-galaktóza-4-sulfát	3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktóza-2-sulfát
kappa $\kappa$	$\beta$ -D-galaktóza-4-sulfát	3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktóza
lambda $\lambda$	$\beta$ -D-galaktóza-2-sulfát	$\alpha$ -D-galaktóza-2,6-disulfát
mí $\mu$	$\beta$ -D-galaktóza-4-sulfát	$\alpha$ -D-galaktóza-6-sulfát
ný $\nu$	$\beta$ -D-galaktóza-4-sulfát	$\alpha$ -D-galaktóza-2,6-disulfát
ksí $\xi$	$\beta$ -D-galaktóza-2-sulfát	$\alpha$ -D-galaktóza-2-sulfát

Kappa a lambda karagenany jsou identifikovány na základě polohy sulfátu a přítomnosti či absence anhydridu galaktózy, jak znázorňuje obrázek 6 [2, 22].

Kappa-karagenan je polymer tvořený disacharidem složeným z jednotky 4-*O*-sulfát- $\beta$ -D-galaktopyranózy a jednotky 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranózy, které se opakují. Iota-karagenan je polymer tvořený disacharidem složeným z jednotky 4-*O*-sulfát- $\beta$ -D-galaktopyranózy a jednotky 3,6-anhydro-2-*O*-sulfát- $\alpha$ -D-galaktopyranózy, které se opakují. Lambda-karagenan je polymer tvořený disacharidem složeným z jednotky 2-*O*-sulfát- $\beta$ -D-galaktopyranózy a jednotky 2,6 sulfát- $\alpha$ -D-galaktopyranózy [25].



Obrázek 6: Základní chemická struktura  $\kappa$ -karagenanu,  $i$ -karagenanu a  $\lambda$ -karagenanu [22]

### 3.3.2 Vlastnosti karagenanů

Karagenany (kappa, iota i lambda) jsou dostupné v sušené formě jako prášek či jako pevné vločky bílé až nažloutlé barvy, bez zápachu, se slizovitou chutí, s obsahem vody 0 – 22 % a průměrnou relativní molekulovou hmotností v rozmezí 100 až 1 000 kDa [20, 25].

Karagenany jsou hydrofilní hydrokoloidy, jejichž rozpustnost ve vodě je závislá na mnoha faktorech jako je druh karagenanu, teplota, pH prostředí, rozdílná struktura, molekulová hmotnost, soli či koncentrace [32]. Lambda-karagenan je obecně více rozpustný než  $\iota$ -karagenan, který je zase více rozpustný než  $\kappa$ -karagenan. Rozpustnost klesá se zvyšující se molekulovou hmotností a rostoucí koncentrací. Sodné soli jsou obecně více rozpustné než vápenaté a draselné soli. Kappa-,  $\iota$ - a  $\lambda$ -karagenany jsou rozpustné v horkém koncentrovaném cukerném roztoku (nad 60 °C),  $\iota$ - a  $\lambda$ -karagenan je rozpustný v horkých nasycených slaných roztocích a pouze sodná sůl  $\lambda$ -karagenanu je rozpustná v 35 % roztoku etanolu. Karagenany nejsou rozpustné v nepolárních rozpouštědlech jako jsou rostlinné oleje nebo propylen glykol [25].

Optimální rozpustnost je při pH 9 a následně klesá s klesajícím pH. Karagenany spontánně degradují při nízkých hodnotách pH. Zvýšená teplota zlepšuje rozpustnost karagenanů ve vodě. Především u draselných a vápenatých solí  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanů je potřeba pro úplné rozpuštění teplota vody nad 60 °C [25, 31]. Výjimku tvoří pouze  $\lambda$ -karagenan a sodná sůl  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanu, které jsou rozpustné i ve studené vodě [22].

Na rozpustnost karagenanu má vliv poměr hydrofilních hydroxylových a sulfátových skupin a hydrofilních 3,6-anhydro-D-galaktózových zbytků. Sulfátovaný  $\lambda$ -karagenan je dobře rozpustný, zatímco  $\kappa$ -karagenan je rozpustný méně. Karagenany jsou směsí polysacharidových frakcí, kde např. jedna frakce je ve studené vodě rozpustná, obsahuje D-galaktózu a 35 % esterifikovaného sulfátu, ale netvoří gel, druhá frakce karagenanu obsahuje D-galaktózu a 3,6-anhydro-D-galaktózu v poměru 1,4:1 a 25 % esterifikovaného sulfátu. Tato druhá frakce netvoří gel bez přídavku rozpuštěných látek, jejichž množství a povaha ovlivňuje vlastnosti gelu [20, 32].

Komerčně dostupné stupně karagenanů jsou komplexní směsi široké řady karagenanů (kappa, iota, lambda, atd.) s různou molekulovou hmotností, řadou různých kationtů (především draslík, sodík a vápník) a dalších složek (např. celulózy v semi-rafinovaných karagenanech). V důsledku toho jsou funkční vlastnosti velmi různorodé. Směsi s vysokým

podílem  $\kappa$ -karagenanu tvoří silně termoreverzibilní gely s vysokými body tání, a to zejména v kombinaci s ionty draslíku nebo s kaseinem. Karagenany obohacené  $\iota$ -karagenanem mohou být použity pro kompatibilní gely a s ionty vápníku tvoří silnější gely než s ionty draslíku [25].

Reaktivita karagenanů s proteiny závisí na množství a pozici sulfátových skupin. Anionty jako je fosfátová skupina tvoří stabilní koloidní komplex protein-karagenan, který vzájemně působí s protonovou amino skupinou v postranních řetězcích aminokyseliny. Tato interakce je přímočařejší než interakce mezi dvěma negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanu a oddělenými karboxylovými skupinami, protože k vytvoření intermolekulárních chelátových vazeb jsou zapotřebí vápenaté ionty. Přítomnost většího množství fosfátových skupin vyvolá u karagenanu silné interakce s mléčnými proteiny, což má za následek nízkou tavitelnost sýra [9].

### 3.3.3 Využití karagenanů

Karagenany je vhodné použít především do mléčných výrobků, protože tvoří silné interakce s kaseinem za tvorby gelu už za velmi nízkých koncentrací karagenanu, stačí již přídavek 0,01 – 0,05 % karagenanu. Například přídavek 0,01 – 0,04 %  $\kappa$ -karagenanu do sýru Cottage zabrání uvolňování syrovátky. Podobné množství přidané do zmrzliny také brání uvolňování syrovátky, které může být způsobeno jinými gumami přidanými do zmrzliny za účelem kontroly textury a růstu ledových krystalků [25, 31]. Kakao v čokoládovém mléce je udržováno v suspenzi díky přídavku  $\kappa$ -karagenanu, který vytváří slabý, ale stabilní gel, který může být porušen silným protřepáním nápoje. Přídavkem karagenanů je také zlepšena stabilita instantních čokoládových nápojů. Do některých UHT sterilovaných mlék může být přidáno 0,2 – 0,3 %  $\kappa$ -karagenanu pro zabránění oddělování tuku a bílkovin. Kappa či  $\lambda$ -karagenan mohou být přidávány ke smetaně na šlehání, aby byla zachována její světlá barva [31].

V nízkokalorickém ovocném želé nebo v želé bez cukru najdeme směs  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanů, které nahrazují pektin a cukry a pomáhají udržet strukturu těchto cukrářských výrobků. U ovocných míchaných nápojů rekonstituovaných ve studené vodě přídavek  $\lambda$ -karagenanu upravuje strukturu a dává nápoji plnost chuti. Směs  $\kappa$ -a  $\iota$ -karagenanů s lokustovou gumou dává plnost chuti ovocným sorbetům, které jsou netučnou alternativou zmrzliny [31].



Do salátových dresingů může být využita směs  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanů pro lepší rozptýlení bylinek. Používá se také k zahuštění majonéz a ke stabilizaci emulze typu olej ve vodě. Interakce karagenanů s bílkovinami může být využito k vyjasnění piva při srážení z mladiny [31, 32].

Karagenany se také mohou přidávat do výrobků z masa. Například do solného roztoku do šunky, kde zabraňují uvolňování vody. Nastříkují se společně se solící směsí do drůbežích kousků masa pro zabránění uvolnění vody během kuchyňské úpravy, zjemnění struktury a zachování šťavnatosti masa. Do nízkotučných masových produktů, jako například hamburgerů či párků, smícháním  $\iota$ -karagenanu s masem získáme chutnější méně tučný produkt, který je méně suchého charakteru [31].

Do konzervovaných krmiv pro domácí mazlíčky jsou karagenany přidávány pro spojení všech komponent výrobku a pro vytvoření příjemné gelovité struktury, díky které je krmivo lépe oddělitelné od konzervy [31].

Karagenany mají také nepotravinářské využití. Najdeme je v kosmetice, v zubních pastách, kde jsou zahušťovadlem a nosičem abrazivní látky, v gelových osvěžovačích vzduchu i v léčivech a dalších produktech [25, 31, 32].

### 3.3.4 Tvorba gelu karagenanů

Tvorba gelů je důležitou vlastností karagenanů, stejně jako interakce s mléčnými bílkovinami, o kterých bude pojednáno v následující kapitole. Tvorba gelu závisí na teplotě, koncentraci a obsahu ostatních polysacharidů. Kappa a  $\iota$ -karagenany mají strukturu dvojité šroubovice, zatímco  $\lambda$ -karagenan je tvořen pouze jedním řetězcem, nevytváří šroubovici. Gely vznikají při ochlazení již velmi nízkých koncentrací  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanů. Pro  $\kappa$ -karagenan stačí koncentrace 0,03 % w/w a pro  $\iota$ -karagenan 0,05 % w/w. Při ochlazení dojde k intermolekulární asociaci dvojitých šroubovic a k tvorbě superhelikálních struktur. Přičemž nejprve vzniká šroubovice a až následně gel. Sulfátové skupiny zavádějí záporný náboj do molekuly karagenanu a ovlivňují jeho funkčnost. Kappa-karagenan vytváří pevný, ale křehký gel, který podléhá synerézi, u  $\iota$ -karagenanů k synerézi nedochází, je tvořen soudržným měkkým a pružným gel. Lambda-karagenany samy o sobě gely netvoří, protože se nenacházejí ve šroubovicové struktuře, používají se pouze ve směsích s jinými hydrokoloidy [4, 20, 22, 33].

Aby mohlo k tvorbě pevného gelu dojít je zapotřebí přítomnost neutralizujících iontů, např. draselných, které neutralizují sulfátové skupiny karagenanů, které jsou záporně nabitě [33]. Přesný mechanismus gelace  $\kappa$ -karagenanu je předmětem mnoha dohadů, nicméně je zřejmé, že se jedná o přechod makromolekulární konformace, která je předpokladem pro zpevnování gelu [34].

Iota-karagenan tvoří gel v přítomnosti solí při ochlazování. Molekuly přecházejí do šroubovicové struktury následované agregací vzniklých šroubovic. Sůl snižuje elektrostatické síly mezi řetězci a podporuje agregaci [22].

Při vysoké teplotě a nízké iontové síle karagenany zauímají konformaci náhodných neuspořádaných smyček v řetězci, zatímco při nízkých teplotách a vysoké iontové síle existují ve šroubovicové formě. Stále se debatuje nad tím, zda jsou šroubovice jednoduché nebo dvojitě stočené. Teplota konformačního přechodu závisí na povaze elektrolytu a je podporována přítomností některých monovalentních kationtů, především draslíkem, rubidiem a cesiem. Vlastnosti karagenanových gelů, především sílu gelu a odolnost vůči synerézi, lze zvýšit přidáním dalšího polysacharidu, zejména galaktooligosacharidů a glukomannanů. Synergický efekt se zvyšuje v pořadí guma guar < tara < lokustová guma, tj. s klesající substitucí galaktosy podél mannanového hlavního řetězce [26].

Karagenany pokrývají široké spektrum reologického chování. Mají schopnost tvořit roztoky či gely, jejichž struktura může být měkká a pružná až pevná a křehká, jak je znázorněno v tabulce 3 [22, 31].

*Tabulka 3: Schopnost tvorby gelu karagenanů [31]*

Karagenan	Schopnost tvorby gelu
iota	s vápenatými solemi tvoří elastické gely
	čirý gel bez syneréze (uvolňování tekutiny)
	gel je vůči zmrazování/tání stabilní
kappa	s draselnými solemi tvoří silný, pevný gel
	s vápenatými solemi tvoří křehký gel
	jasné mírně opakní gely tvoří s přídavkem cukru
	u některých gelů dochází k synerézi
lambda	netvoří gel, tvoří roztoky o vysoké viskozitě

### 3.3.5 Interakce karagenanů s kaseiny

Kaseiny jsou v mléce agregovány do kaseinových komplexů, tzv. micel. K agregaci molekul kaseinu do micely dochází při teplotách nad 5 °C [35]. Kaseinové micely jsou supramolekulární struktury jednotlivých kaseinových podjednotek:  $\alpha_{s1}$ - a  $\alpha_{s2}$ -kaseinu,  $\beta$ - a  $\kappa$ -kaseinu. Kappa-kasein je jakýmsi ochranným koloidem  $\alpha_s$  a  $\beta$ -kaseinu, díky kterému nedojde k jejich vysrážení působením vápenatých iontů. Jednotlivé frakce kaseinu jsou organizovány v rámci kaseinových micel podle rovnováhy vzájemných vztahů týkajících se hydrofóbních a hydrofilních skupin. Hydrofóbní skupiny se nacházejí ve středu kaseinové submicely a hydrofilní skupiny na jejím povrchu společně s  $\kappa$ -kaseinem a fosfoserinovými zbytky. Kaseinová micela drží pohromadě díky koloidnímu fosforečnanu vápenatému, kterým jsou jednotlivé submicely v kaseinové micle pospojovány [4, 35, 36].

Reakce karagenanů s kaseinovými micelami jsou odůvodněny elektrostatickými interakcemi mezi volnými negativně nabitými sulfátovými skupinami karagenanů a krátkými kladně nabitými oblastmi mezi 97. a 112. aminokyselinou  $\kappa$ -kaseinu, který je lokalizován na povrchu nativních kaseinových micel, kde vytváří ochrannou vrstvu. Mezi karagenany a ostatními hlavními frakcemi kaseinu ( $\alpha_s$  a  $\beta$ ) v nepřítomnosti volných vápenatých iontů nebyly zjištěny žádné interakce [4, 35, 36].

Interakce mezi karagenany a micelárním  $\kappa$ -kaseinem závisí na teplotě systému. K adsorpci  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu na  $\kappa$ -kasein totiž dochází pouze v teplotách nižších než 35 – 55 °C, kdy se tyto karagenany vyskytují ve šroubovicovém uspořádání. K adsorpci  $\lambda$ -karagenanu na  $\kappa$ -kasein dochází i při teplotách nad 50 °C, kdy je zachována vzdálenost sulfátových skupin 0,3 nm. Adsorpce  $\iota$ -karagenanu na  $\kappa$ -kasein je při zvýšení teploty nad 55 °C nevratná, nedojde tedy k oddělení  $\iota$ -karagenanu a  $\kappa$ -kaseinu z komplexu karagenan–micelární  $\kappa$ -kasein. Zatímco pro  $\kappa$ -karagenan je adsorpce vratná, což znamená, že při teplotách nad 50 °C dochází k desorpci  $\kappa$ -karagenanu a  $\kappa$ -kaseinu z komplexu. Adsorpce souvisí s hustotou elektrostatického náboje v molekule karagenanu, která určuje vzdálenost mezi sulfátovými skupinami. Tato vzdálenost musí být menší než 0,4 nm, jinak by k adsorpci karagenanu na micelární  $\kappa$ -kasein nedocházelo. U  $\iota$ -karagenanu je vzdálenost mezi sulfátovými skupinami 0,2 nm, u  $\kappa$ -karagenanu je tato vzdálenost 0,4 nm, u  $\lambda$ -karagenanu 0,3 nm [4, 33, 37].

Reaktivita karagenanů s mléčnými bílkovinami je vysoce závislá na koncentraci tohoto hydrokoloidu a na tepelném zpracování. Během zahřívání při teplotách 25 – 65 °C ostře roste velikost micel, což koresponduje s teplotou, ve které začíná  $\kappa$ -karagenan tvořit šroubovice (při teplotě okolo 37 °C). Lambda-karagenan ve svinuté formě se při teplotách od 25 do 65 °C absorbuje na kaseinové micely. Způsobuje zvětšování těchto micel i v nízkých koncentracích, protože konformace  $\lambda$ -karagenanu není závislá na teplotě, zatímco  $\kappa$ -karagenany jsou absorbovány na micely pouze při teplotách, ve kterých se nacházejí ve šroubovicové struktuře, tedy kolem 37 °C. Od teploty 25 °C  $\kappa$ -karagenanové řetězce tvoří dvojitou šroubovici, stávají se pevnějšími a podléhají asociaci. Z toho důvodu, konformační stav makromolekul karagenanu určuje chování systému kasein/karagenan, což svědčí o rozdílu zejména ve vztahu k interakci s kaseinovými micelami a vysvětluje vznik iontových vazeb mezi specifickou oblastí kaseinů a molekulami karagenanů. Bylo zjištěno, že konformace nemá dominantní vliv na vazby karagenanu na kaseinové micely, což naznačuje, že micely jsou plně pokryty molekulami karagenanu [9].

U mléčných výrobků, jako jsou přírodní nebo tavené sýry, se kaseinové frakce již nenacházejí v micelách. Lynch a Mulvihill [38] předpokládají, že  $\alpha_s$  a  $\beta$ -kaseiny jsou za podmínky přítomnosti vápenatých iontů a fosforu esterově vázaného na serylových zbytcích kaseinových frakcí schopny reagovat s karagenany.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Diplomová práce byla rozdělena na část teoretickou a praktickou s následujícími cíli.

Cílem teoretické části práce bylo:

- charakterizovat výrobu tavených sýrů
- popsat výrobovou skupinu blokových tavených sýrů a jejich základní vlastnosti
- charakterizovat faktory ovlivňující texturu blokových tavených sýrů

Cílem praktické části práce bylo:

- vyrobit modelové vzorky blokových tavených sýrů
- aplikovat do modelových vzorků  $\kappa$ -karagenan,  $\iota$ -karagenan, lokustovou a arabskou gumu v různých koncentracích
- sledovat změny textury modelových vzorků v průběhu 14 a 30 denního skladování
- vyhodnotit výsledky a formulovat závěr



## 5 MATERIÁL A METODY

### 5.1 Popis experimentů diplomové práce

Tavené sýry byly vyrobeny ve dvou experimentech. V prvním experimentu byly vyrobeny modelové vzorky blokových tavených sýrů s přidavkem hydrokoloidů  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan v různých koncentracích. Byla u nich stanovena sušina, pH, opětovná roztékavost a byla provedena texturní analýza. V experimentu 2 byly vyrobeny blokové tavené sýry a navíc sýry roztíratelné za použití různých koncentrací hydrokoloidů arabská guma, lokustová guma a  $\kappa$ -karagenan. Po 14 a 30 denním skladování byly pomocí texturní analýzy sledovány změny textury (tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost) u vyrobených modelových blokových a roztíratelných tavených sýrů.

#### 5.1.1 Experiment 1

V prvním experimentu byly vyrobeny blokové tavené sýry s obsahem sušiny 48 % w/w a 35 % w/w tuku v sušině. Základní suroviny tvořily: Eidamská cihla o zralosti 4 týdny s obsahem sušiny 50 % w/w a 30 % w/w tuku v sušině, máslo s obsahem tuku 80 – 82 % w/w, pitná voda, tavicí soli difosforečnan sodný a citran sodný v poměru 20:80 a dva typy hydrokoloidů –  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. Také byly vyrobeny kontrolní vzorky blokových tavených sýrů, do kterých nebyly aplikovány hydrokoloidy, aby mohlo dojít k porovnání textury u jednotlivých vzorků.

Ve 14. dni po výrobě blokových sýrů byla provedena základní chemická analýza (stanovení sušiny a pH), opětovná roztékavost a texturní profilová analýza za použití tří sond, sonda P20 (válcová nerezová sonda o průměru 20 mm), sonda P40c (kónická sonda o úhlu 40°) a sonda P100 (desková nerezová sonda o průměru 100 mm).

Smyslem experimentu 1 bylo vyrobit modelové vzorky blokových tavených sýrů s obsahem sušiny 48 % w/w a s tukem v sušině 35 % w/w v laboratorních podmínkách a zjistit vliv různých koncentrací aplikovaných hydrokoloidů na texturní vlastnosti blokových tavených sýrů, zejména na tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost během 14 denního skladování. Dále byl zjišťován stupeň roztékavosti modelových vzorků blokového taveného sýra.

### 5.1.2 Experiment 2

Ve druhém experimentu byly vyrobeny dvě skupiny tavených sýrů, a to sýry blokové a sýry roztíratelné. Blokové tavené sýry s obsahem sušiny 45 % w/w a s tukem v sušině 35 % w/w a sýry roztíratelné s obsahem sušiny 40 % w/w a s tukem v sušině 50 % w/w. Základními surovinami pro oba typy tavených sýrů byly: Eidamská cihla se zralostí 6 týdnů s obsahem sušiny 50 % w/w a 30 % w/w tuku v sušině, máslo s obsahem tuku 80 – 82 % w/w, pitná voda, tavicí soli difosforečnan sodný a citran sodný v poměru 20:80 a tři typy hydrokoloidů – arabská guma, lokustová guma a  $\kappa$ -karagenan v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 %, 0,50 %. Rovněž byly vyrobeny kontrolní vzorky blokových i roztíratelných tavených sýrů, ve kterých nebyly použity hydrokoloidy, aby mohla být srovnána textura vyrobených vzorků.

Experiment 2 vychází z pilotního experimentu 1, ve kterém bylo zjištěno, že zvolené množství sušiny 48 % w/w je pro dané výrobní zařízení příliš vysoké. Vyšší množství sušiny způsobovalo problémy během tavicího procesu a po ochlazení vznikla velmi pevná textura bloků, ve kterých nebyl viditelný výraznější rozdíl textury mezi jednotlivými zvolenými koncentracemi hydrokoloidů. Z těchto důvodů byl obsah sušiny pro experiment 2 snížen na 45 % w/w.

Po 14 a 30 dnech skladování byly provedeny analýzy jak u blokových, tak i roztíratelných tavených sýrů. Byla zjištěna sušina, naměřeno pH a opětovná roztékavost taveného sýra. Blokové sýry byly podrobeny texturní profilové analýze za použití tří sond, sonda P20 (válnová nerezová sonda o průměru 20 mm), sonda P40c (kónická sonda o úhlu 40°) a sonda P100 (desková nerezová sonda o průměru 100 mm). Pro sýry roztíratelné byly použity pouze dvě sondy, a to sonda P20 a P40c.

Smyslem experimentu 2 bylo vyrobit blokové a roztíratelné tavené sýry se sušinou 48 % w/w a s tukem v sušině 35 % w/w. Zjistit vliv různých koncentrací aplikovaných hydrokoloidů na texturní vlastnosti blokových a roztíratelných tavených sýrů, zejména na tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost po 14 a 30 denním skladování. Dále porovnat chování hydrokoloidů u blokových a u roztíratelných tavených sýrů a zjistit stupeň roztékavosti těchto vzorků.

## 5.2 Laboratorní výroba tavených sýrů

Výroba tavených sýrů probíhala na tavicím zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 (výrobce Vorwerk & Co., Německo). Tavení probíhalo diskontinuálním způsobem při teplotě 90 °C s výdrží jedné minuty a s celkovou dobou tavení 10 minut. Eidamská cihla a máslo bylo nakrájeno na menší díly a bylo naváženo jejich potřebné množství. Do tavicího kotle byla nejprve nadávkována Eidamská cihla, kterou zařízení rozemlelo, následně bylo přidáno máslo, zvolené hydrokoloidy a nakonec pitná voda a tavicí soli. V tavicím zařízení došlo k důkladnému promíchání surovin, které byly zahřívány až do dosažení tzv. tavicí teploty 90 °C, která byla udržována určitou dobu, jak je zmíněno výše. Po určité době tavení vznikla kompaktní homogenní hmota, která byla ještě za tepla z kotle nalita do polypropylenových kelímků o rozměrech 50 mm výška a 52 mm průměr. Takto nadávkovaná tavenina byla uzavřena nažehlovacím hliníkovým víčkem. Po ochladnutí v laboratoři byly vzorky uloženy do chladicího zařízení a skladovány při teplotě 6±2 °C až do provádění analýz po 14 a 30 dnech skladování. Před analyzováním byly vzorky vytaženy z chladicího zařízení a temperovány na laboratorní teplotu 21±2 °C.

## 5.3 Základní chemická analýza

Po 14 a 30 dnech skladování byla provedena základní chemická analýza modelových vzorků taveného sýra. Sušina taveného sýra byla získána vysušením vzorku v sušárně Venticell (výrobce MMT a.s. Marketing Brno) při teplotě 105±2 °C do konstantního hmotnostního úbytku. Do vysoušecí misky, ve které byl vysušený křemenný písek (přibližně 15 – 20 g) byly naváženy 3 g vzorku taveného sýra. Vzorek byl za pomoci skleněné tyčinky důkladně promíchán s pískem, aby se lépe a rychleji vysušil a byl vložen do sušárny [39]. Po vysušení byl vzorek taveného sýra zvážen a množství sušiny v % bylo vypočteno dle vztahů (5.1) a (5.2) [40]:

$$v = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \cdot 100 \quad (5.1)$$

Kde:  $v$  ... vlhkost vzorku [%],

$m_0$  ... hmotnost vysoušecí misky s pískem a tyčinkou [g],

$m_1$  ... hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a vzorkem, před sušením [g],

$m_2$  ... hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a vzorkem, po sušení [g].

$$S = 100 - v \quad (5.2)$$

Kde:  $S$  ... sušina vzorku [%]

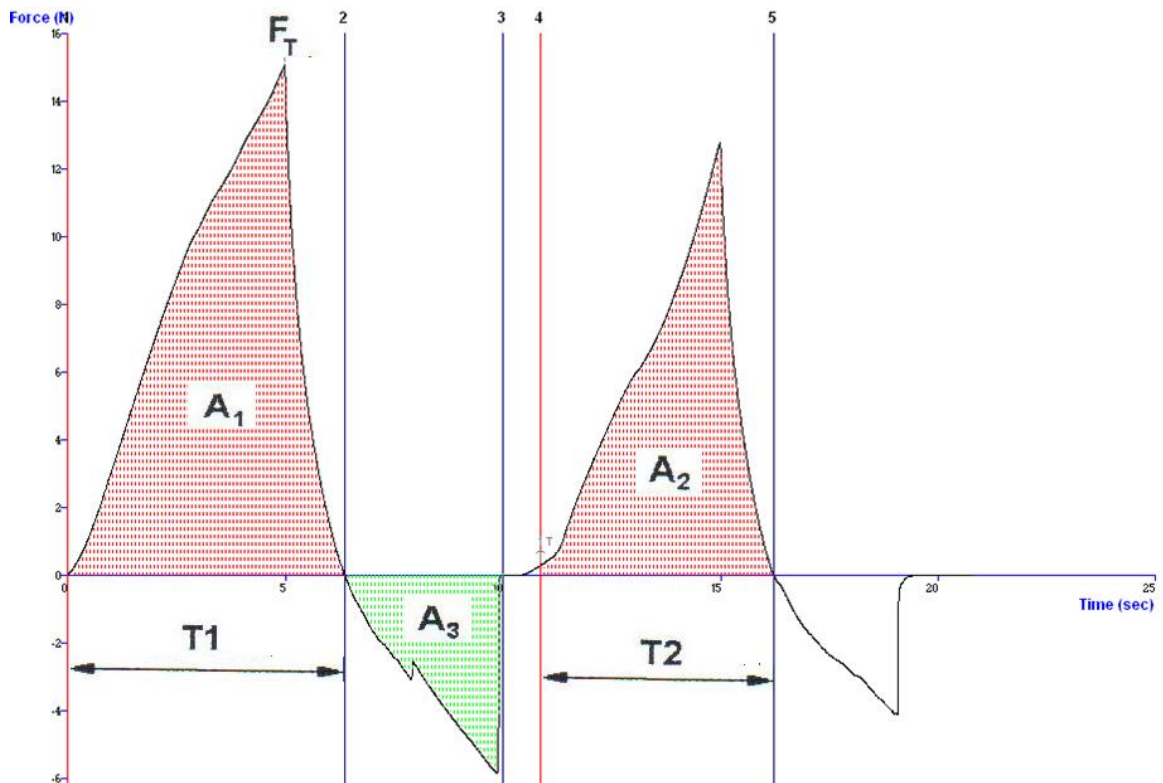
Pomocí vpichového pH metru pH Spear (výrobce Eutech Instruments, Malajsie) se skleněnou elektrodou bylo změřeno pH vzorků při teplotě skladování. Měření bylo prováděno vždy dvakrát ze dvou různých kelímků, tedy celkem čtyřikrát pro každý vzorek.

## 5.4 Texturní analýza

Pomocí texturního analyzátoru TA-XTplus (výrobce Stable Micro Systems, Velká Británie) bylo provedeno měření texturních vlastností vyrobených tavených sýrů. K analýze textury byly použity tři typy sond, a to sonda P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, sonda P40c – kónická sonda o úhlu 40° a sonda P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Pro měření textury blokových tavených sýrů byly použity sondy P20, P40c a P100, pro sýry roztíratelné byla použita sonda P20 a P40c. Pomocí sondy P20 a P40c byly provedeny dvě po sobě následující penetrace vzorku s hloubkou 10 mm o rychlosti 2 mm.s<sup>-1</sup>. Sondou P100 byly provedeny dvě po sobě následující komprese při rychlosti 2 mm.s<sup>-1</sup> do sýrového válce o rozměrech 20 mm (výška) a 40 mm (průměr) vyřezaného ze vzorku blokového taveného sýra. Každý vzorek taveného sýra byl každou sondou proměřen šestkrát.

Tvrdotí (hardness) označujeme sílu potřebnou k dosažení deformace výrobku, na obrázku 7 je definována jako maximální pík během prvního cyklu stlačení (např. první kousnutí), je značena jako  $F_T$ . Soudržnost (cohesiveness) udává pevnost vnitřních vazeb v potravíně. Může být měřena jako rychlost, při které se materiál rozpadne působením mechanického tlaku. Pokud je lepivost vzorku ve srovnání s jeho soudržností nízká, pak použitá sonda zůstane čistá, protože vzorek drží pohromadě, jeho vnitřní vazby jsou pevné. Na obrázku 7 je soudržnost znázorněna poměrem plochy druhého a prvního píku ( $A_2/A_1$ ). Lepivost (adhesiveness) je práce potřebná k překonání přitažlivé síly mezi povrchem potraviny a povrchem jiného materiálu, s nímž přišla potravina do kontaktu, tj. celková síla potřebná k vytažení kompresní sondy ze vzorku. Jde tedy o sílu potřebnou k odstranění látky přilnuté k nějakému podkladu, např. přilnutí sousta potraviny k patru či zubům při

žvýkání. Na obrázku 7 je lepivost značena jako plocha  $A_3$ . Relativní lepivost je vyjádřena poměrem plochy  $A_3$  a prvního píku  $A_1$  ( $A_3/A_1$ ) [41].



Obrázek 7: Křivka texturní profilové analýzy pro tavený sýr, vytvořená pomocí softwaru Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd) [41]

## 5.5 Opětovná roztékavost

Roztékavost byla hodnocena pomocí tzv. Shreiber testu, kdy na skleněnou podložku byly v případě blokových tavených sýrů naneseny válcové výseky vzorku o výšce 5 mm a průměru 30 mm, v případě roztíratelných tavených sýrů byly tyto sýry rozetřeny ve stejnoměrné vrstvě po podložce [42]. Takto připravené vzorky byly na 5 minut vloženy do předem vyhřáté sušárny Venticell (výrobce MMT a.s. Marketing Brno) na teplotu  $232 \pm 2$  °C. Před jejich vložením do sušárny a také po jejich vyjmutí byly vzorky vyfotografovány fotoaparátem Olympus Camedia (digital camera C-4000, Indonésie). Z fotografií byla změřena plocha vzorku, podle které byl vzorek taveného sýra zařazen do některého z osmi stupňů níže uvedené stupnice pro hodnocení roztékavosti tavených sýrů po opětovném zahřátí [43].

Opětovná roztékavost patří mezi texturní vlastnosti tavených sýrů a je možno ji definovat jako schopnost snadno téci po opětovném zahřátí sýra [43].

*Tabulka 4: Stupnice pro hodnocení roztékavosti tavených sýrů po opětovném zahřevu [43]*

Stupeň	Charakteristika
1	mírné spečení vzorku, do 10 % oproti původnímu vzorku
2	vzorek nezměněn, pouze změna zbarvení okrajů, roztékavost nulová
3	nárůst plochy vzorku do 10 % oproti původnímu vzorku
4	nárůst plochy vzorku v rozmezí 10 – 25 % oproti původnímu vzorku
5	nárůst plochy vzorku v rozmezí 25 – 50 % oproti původnímu vzorku
6	nárůst plochy vzorku v rozmezí 50 – 75 % oproti původnímu vzorku
7	nárůst plochy vzorku v rozmezí 75 – 100 % oproti původnímu vzorku
8	nárůst plochy vzorku o více než 100 % oproti původnímu vzorku



## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Modelové vzorky blokových tavených sýrů v prvním experimentu byly měřeny po 14 dnech skladování v chladírenském zařízení. Modelové vzorky blokových a roztíratelných tavených sýrů v druhém experimentu byly měřeny po 14 a 30 dnech skladování.

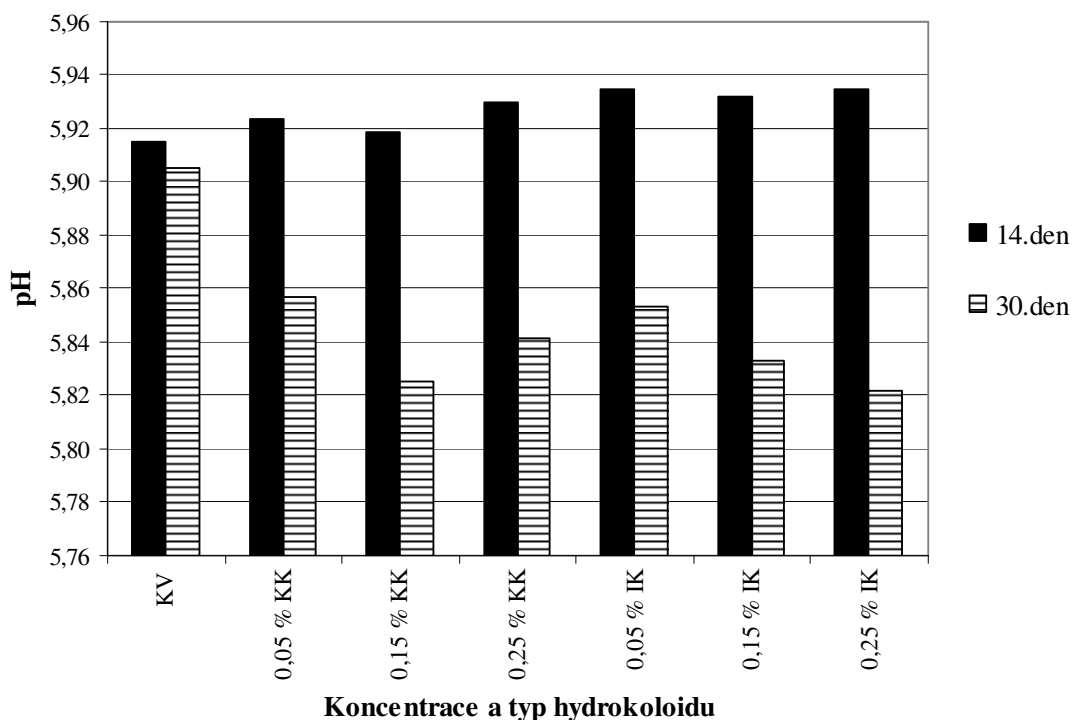
### 6.1 Experiment 1

#### 6.1.1 Základní chemická analýza

Sušina byla stanovena u vybrané skupiny vzorků blokového taveného sýra. Sušina taveného sýra s aplikovanými hydrokoloidy  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenan se pohybovala v rozmezí od 47,85 % do 48,67 % w/w a doložila tak původně zamýšlené množství sušiny v taveném sýru. Díky tomu můžeme obsah sušiny považovat za neměnný parametr a vzájemně tak porovnávat jednotlivé texturní parametry měřené v texturní profilové analýze. Doba skladování se v našem případě také nijak neprojevila na změně množství sušiny taveného sýra.

V rámci základní chemické analýzy byly zkoumány hodnoty pH blokového taveného sýra v závislosti na obsahu a typu aplikovaného hydrokoloidu a také v závislosti na době skladování. Z grafu 1 můžeme vyčíst, že se naměřené hodnoty pH u modelových vzorků ve 14. dni skladování pohybovaly v rozmezí 5,92 – 5,93 pro  $\kappa$ -karagenan a 5,93 – 5,94 pro  $\iota$ -karagenan. Ve 30. dni skladování byly naměřeny hodnoty pH pro  $\kappa$ -karagenan v rozmezí 5,83 – 5,86 a pro  $\iota$ -karagenan v rozmezí 5,82 – 5,85. Během skladování tedy došlo k mírnému poklesu pH u obou typů použitých hydrokoloidů, což může být způsobeno postupnou hydrolyzou tavicích solí v taveném sýru, která nastává již při procesu tavení. Optimální pH tavených sýrů se pohybuje v rozmezí 5,6 – 6,0, což bylo u modelových vzorků zachováno i během skladování. Pokud porovnáme kontrolní vzorek bez aplikace hydrokoloidu se vzorky blokového taveného sýra s  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanem, došlo u vzorků s karagenany k mírnému zvýšení pH a následně během skladování k mnohem výraznějšímu poklesu pH než u vzorku kontrolního. Vliv  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenanu na zvýšení pH je téměř vyrovnaný, v případě  $\iota$ -karagenanu došlo k většímu nárůstu hodnoty pH. Druh aplikovaného hydrokoloidu tedy neměl významnější vliv na hodnotu pH blokového taveného sýra.

Graf 1: Naměřená hodnota pH pro blokový tavený sýr s použitím  $\kappa$ -karagenanu (KK) a  $\iota$ -karagenanu (IK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 % a 0,25 % ve 14. a 30. dni skladování. KV označuje kontrolní vzorek bez hydrokoloidu.

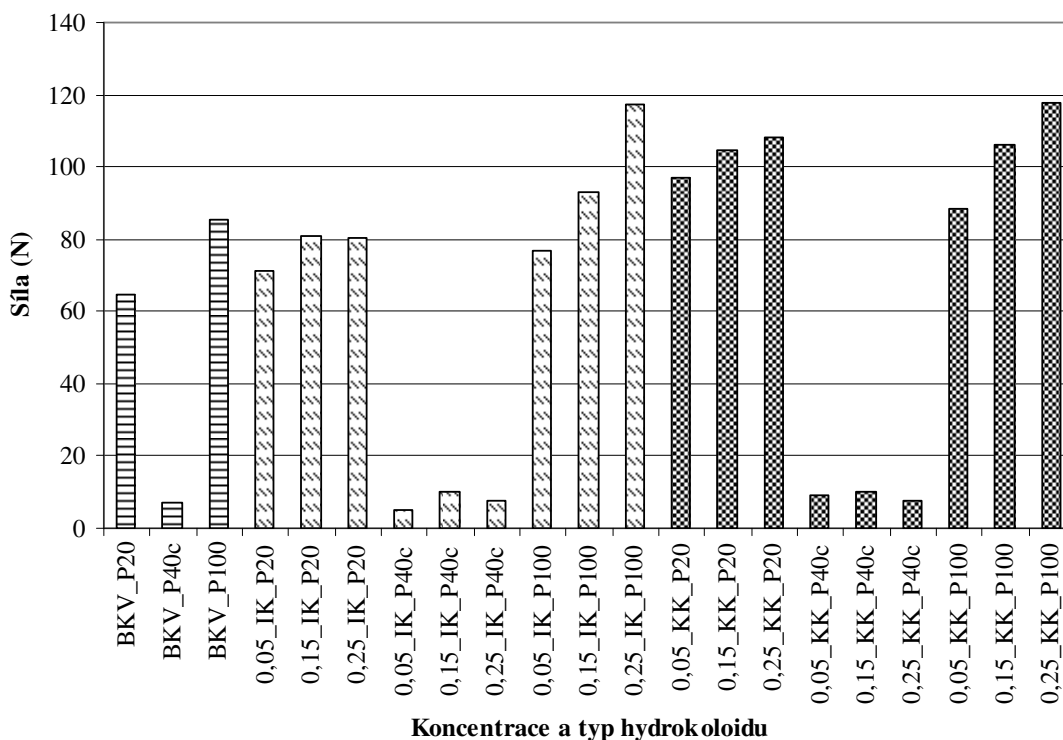


### 6.1.2 Stanovení tvrdosti taveného sýra

Pomocí texturní profilové analýzy byla za použití tří sond (P20, P40c, P100) naměřena ve 14. dni skladování tvrdost blokového taveného sýra s obsahem sušiny 48 % w/w a s 35 % w/w tuku v sušině a s aplikovanými hydrokoloidy  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenan v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. Tvrdostí označujeme sílu potřebnou k dosažení deformace výrobku, např. při stlačení sousta pomocí zubů.

Z grafu 2 můžeme vyčíst, že nejvyšší hodnoty tvrdosti naměřila válcová sonda P20 a desková sonda P100, sonda kónická P40c naměřila tvrdost nízkou. Ve srovnání s kontrolními vzorky je zřejmé, že aplikace hydrokoloidů zvýšila tvrdost blokových tavených sýrů, a to v případě  $\kappa$ -karagenanu o něco výrazněji než u  $\iota$ -karagenanu. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů také přispěla ke zvyšování tvrdosti taveného sýra. Přídavek hydrokoloidů obecně zvyšuje tuhost tavených sýrů, což naměřené hodnoty potvrdily.

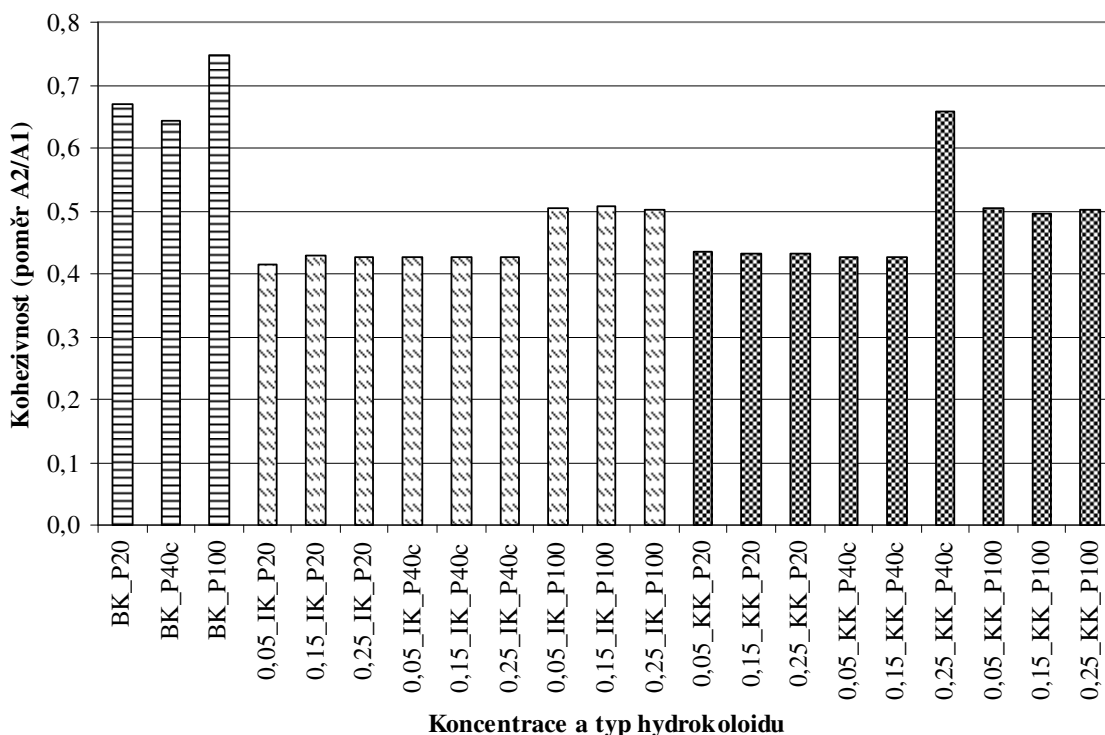
Graf 2: Naměřené hodnoty tvrdosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BKV.



### 6.1.3 Stanovení soudržnosti taveného sýra

Dalším měřeným texturním parametrem blokového taveného sýra byla soudržnost neboli kohezivnost, která udává pevnost vnitřních vazeb v potravine. Graf 3 ukazuje velmi vyrovnané hodnoty soudržnosti taveného sýra naměřené všemi třemi sondami. Ve srovnání s kontrolními vzorky došlo u blokových tavených sýrů s hydrokoloidy k výraznému poklesu soudržnosti sýra. Rozdíl mezi soudržností taveného sýra s  $\iota$ -karagenanem a soudržností taveného sýra s  $\kappa$ -karagenanem je zanedbatelný, oba hydrokoloidy docílily snížení kohezivnosti do rozmezí hodnot 0,41 – 0,51. Zvyšující se koncentrace aplikovaných hydrokoloidů se na změně kohezivnosti významně neprojevovala.

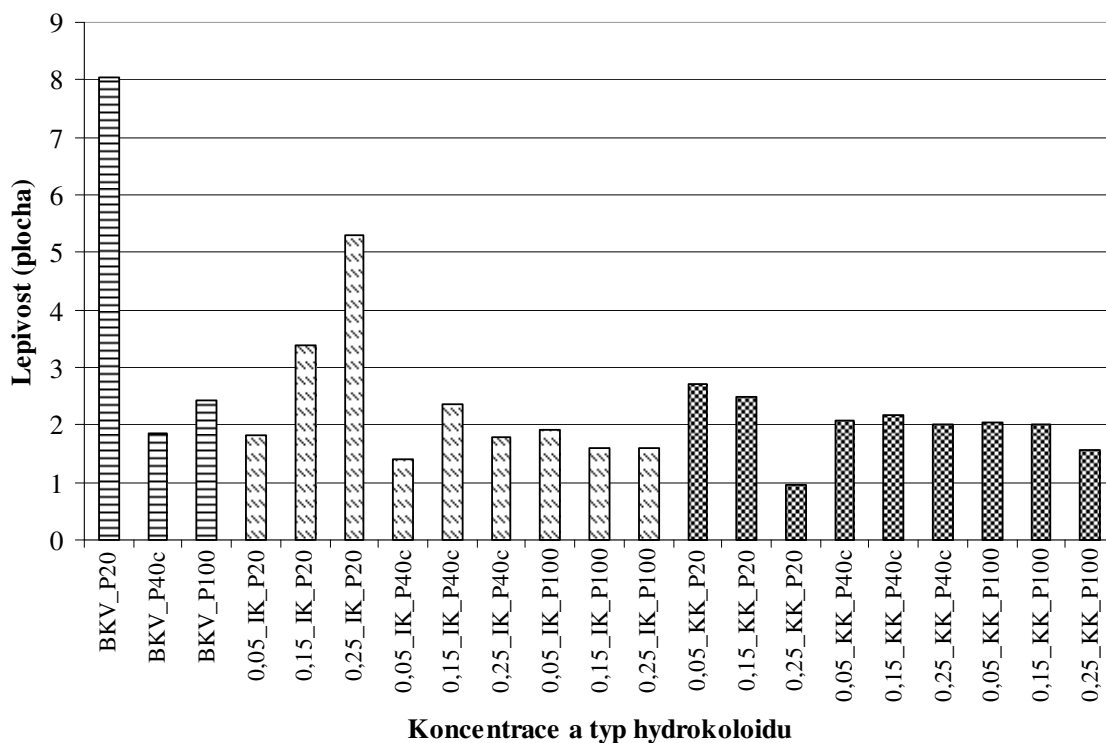
Graf 3: Naměřené hodnoty kohezivnosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BK.



#### 6.1.4 Stanovení lepidlosti taveného sýra

Jako další měřený parametr v rámci texturní analýzy byla hodnocena lepidlost taveného sýra, která vyjadřuje práci potřebnou k překonání přitažlivé síly mezi povrchem potravin a povrchem jiného materiálu, s nímž přišla potravina do kontaktu. Po aplikaci hydrokoloidů došlo u blokového taveného sýra ke snížení lepidlosti, jak ukazuje graf 4. Nejvýraznější pokles lepidlosti byl zaznamenán sondou P20. Typ použitého hydrokoloidu ani zvyšující se koncentrace neměly významnější vliv na lepidlost taveného sýra. Snížení lepidlosti je jednou z vlastností karagenanů a je jedním z mnoha důvodů proč se do tavených sýrů přidávají. Nižší lepidlost taveného sýra umožňuje lepší oddělitelnost od obalů, snižuje jejich přilnavost k hliníkové fólii, do které jsou jednotlivé sýry baleny.

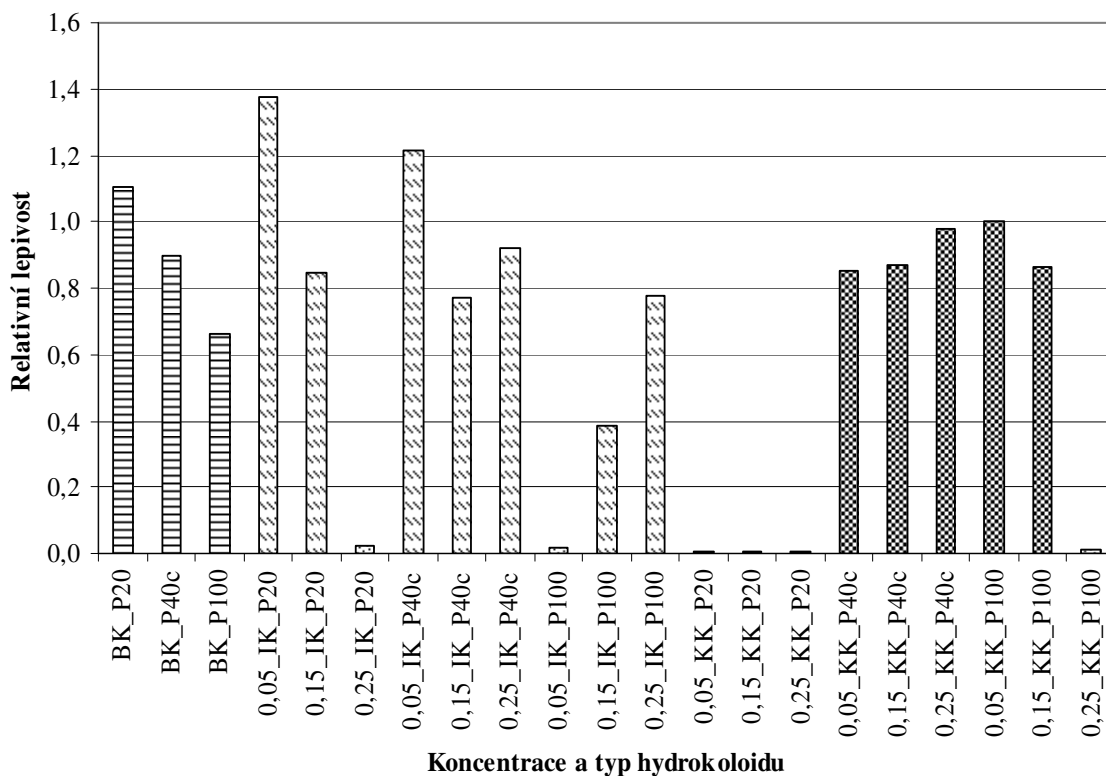
Graf 4: Naměřené hodnoty lepidlosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BKV.



### 6.1.5 Stanovení relativní lepidlosti taveného sýra

Posledním zjišťovaným parametrem v rámci texturní profilové analýzy byla relativní lepidlost. Závislost relativní lepidlosti na druhu a koncentraci zvolených hydrokoloidů znázorňuje graf 5. V případě taveného sýra s  $\kappa$ -karagenanem došlo k mírnému nárůstu relativní lepidlosti v porovnání s kontrolními vzorky. U vzorků taveného sýra s  $\iota$ -karagenanem nejsou výsledky jednoznačné, při koncentraci 0,05 % IK došlo ke zvýšení relativní lepidlosti, v ostatních koncentracích docházelo k jejímu snížení. Nejvyšší relativní lepidlost byla zjištěna sondami P20 a P40c u vzorku taveného sýra s 0,05 %  $\iota$ -karagenanu a sondou P100 u vzorku s 0,05 %  $\kappa$ -karagenanu. Zvyšující se koncentrace aplikovaných hydrokoloidů nevykazovala žádný vyvoditelný trend.

Graf 5: Naměřené hodnoty relativní lepidlosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BK.



### 6.1.6 Stanovení opětovné roztékavosti taveného sýra

Dle změřené plochy vzorku z pořízených fotografií blokových tavených sýrů byla vyhodnocena roztékavost sýra po opětovném záhřevu. Zařazení blokových tavených sýrů do jednotlivých stupňů roztékavosti bylo provedeno dle stupnice uvedené v kapitole 5.5 a je znázorněno v tabulce 5.



Tabulka, 5: Výsledné stupně roztékavosti blokových tavených sýrů s  $\kappa$ -karagenanem (KK) a  $\iota$ -karagenanem (IK) o koncentracích 0,05 %, 0,15 % a 0,25 % po 14 dnech skladování.

Tavený sýr a koncentrace hydrokoloidu	Stupeň roztékavosti, 14.den skladování
KV	3
0,05 % KK	3
0,15 % KK	3
0,25 % KK	4
0,05 % IK	4
0,15 % IK	3
0,25 % IK	3

Ze získaných hodnot můžeme tvrdit, že aplikovaný  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan mají srovnatelný vliv na roztékavost vyrobených vzorků blokových tavených sýrů. V obou případech došlo po zahřátí k nárůstu plochy do 10 %, pouze v případě vzorku s 0,25 %  $\kappa$ -karagenanu a 0,05 %  $\iota$ -karagenanu byla roztékavost vzorků o něco vyšší, vzorek svou plochu zvětšil o 10 – 25 %. Pokud srovnáme kontrolní vzorek bez hydrokoloidů se vzorky, ve kterých jsou hydrokoloidy obsaženy, nedošlo k žádné zásadní změně roztékavosti.

## 6.2 Experiment 2

### 6.2.1 Základní chemická analýza

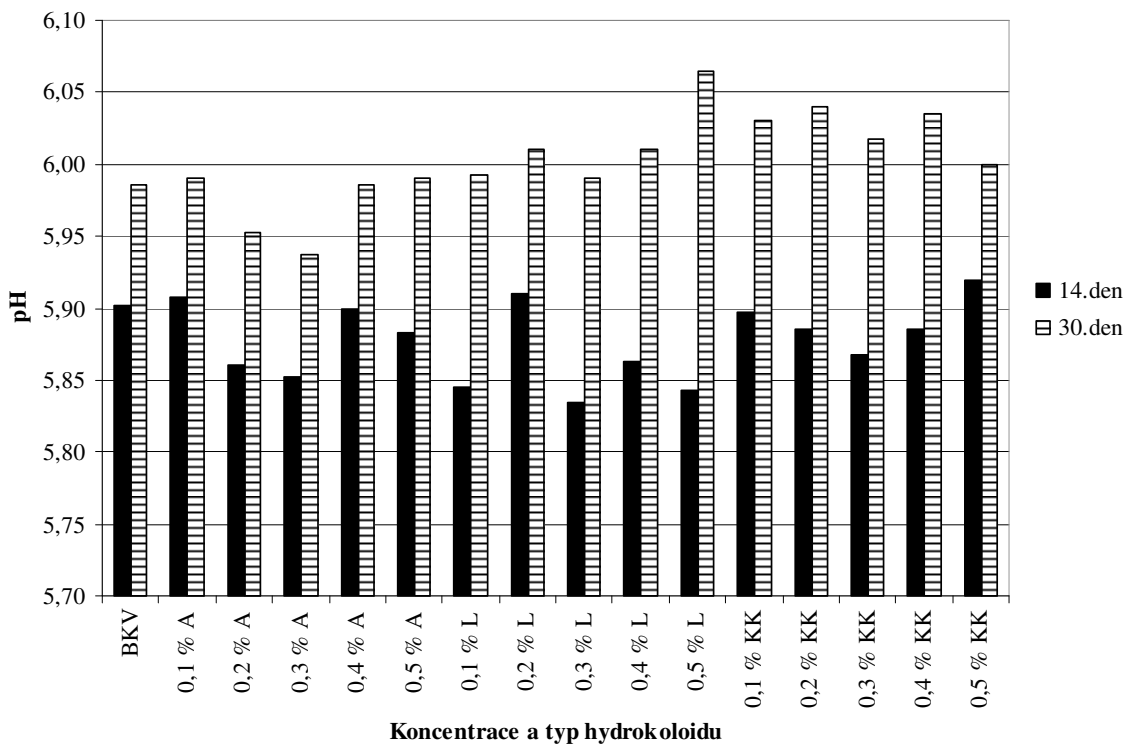
Sušina byla stanovena u vybrané skupiny vzorků blokového a roztíratelného taveného sýra. Sušina vyrobených blokových tavených sýrů s hydrokoloidy arabská guma, lokustová guma a  $\kappa$ -karagenan se pohybovala v rozmezí od 44,98 % do 46,07 % w/w. Sušina roztíratelných tavených sýrů s hydrokoloidy arabská guma, lokustová guma a  $\kappa$ -karagenan se pohybovala v rozmezí od 40,02 % do 41,19 % w/w. Zjištěné hodnoty sušiny umožňují tento parametr považovat za standardní a dovolují nám vyhodnocení texturní profilové analýzy.

Pomocí vpichového pH metru se skleněnou elektrodou byly naměřeny hodnoty pH modelových vzorků blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy, lokustové gumy a  $\kappa$ -karagenanu o koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování. Graf 6 ukazuje, že se hodnota pH po aplikaci hydrokoloidů u většiny vzorků blokových tavených sýrů snižovala. Pouze ve třech případech došlo k nepatrnému zvýšení

pH, a to u vzorků s 0,10 % arabské gumy, 0,20 % lokustové gumy a 0,50 %  $\kappa$ -karagenanu. Hodnoty pH se ve 14. dni skladování u vzorků s arabskou gumou pohybovaly v rozmezí od 5,88 do 5,91, u vzorků s lokustovou gumou v rozmezí od 5,84 do 5,91 a u vzorků s aplikací  $\kappa$ -karagenanu se pH pohybovalo v rozmezí od 5,87 do 5,92. Během skladování došlo ve všech případech k nárůstu pH.

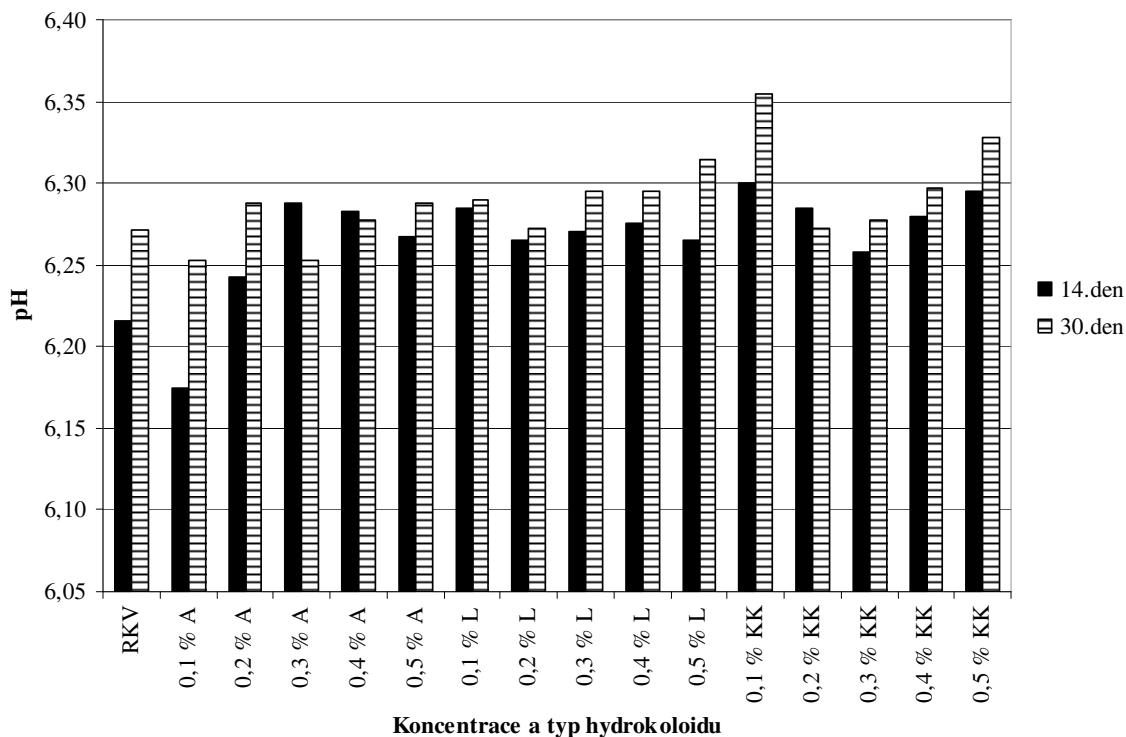
Ve 30. dni skladování se pH u vzorků s arabskou gumou pohybovalo v rozmezí od 5,94 do 5,99, u vzorků s lokustovou gumou v rozmezí od 5,99 do 6,07 a u vzorků s  $\kappa$ -karagenanem v rozmezí od 6,00 do 6,04. Můžeme tedy říci, že největší vliv na hodnotu pH měl  $\kappa$ -karagenan a 0,5 % lokustové gumy, zejména po 30 dnech skladování došlo k významnému nárůstu pH ve srovnání s ostatními aplikovanými hydrokoloidy. Stoupající koncentrace aplikovaných hydrokoloidů v jednotlivých vzorcích se na hodnotě pH podílela různě a nevykazovala žádný vyvoditelný trend.

Graf 6: Naměřená hodnota pH pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování. BKV označuje kontrolní vzorek blokového taveného sýra bez hydrokoloidu.



Ve 14. a 30. dni skladování byly taktéž naměřeny hodnoty pH u vzorků roztíratelných tavených sýrů s aplikací stejných hydrokoloidů o stejných koncentracích. Z grafu 7 můžeme vyčíst, že se hodnota pH po aplikaci hydrokoloidů u většiny vzorků roztíratelných tavených sýrů zvyšovala ve srovnání s kontrolním vzorkem. Pouze v případě vzorku s 0,1 % lokustové gumy došlo ke snížení pH. Hodnoty pH se ve 14. dni skladování u vzorků s arabskou gumou pohybovaly v rozmezí od 6,18 do 6,29, u vzorků s lokustovou gumou v rozmezí od 6,27 do 6,29 a u vzorků s aplikací  $\kappa$ -karagenanu se pH pohybovalo v rozmezí od 6,28 do 6,30. Během skladování došlo u většiny vzorků k nárůstu pH. Ve 30. dni skladování se pH u vzorků s arabskou gumou pohybovalo v rozmezí od 6,25 do 6,29, u vzorků s lokustovou gumou v rozmezí od 6,27 do 6,32 a u vzorků s  $\kappa$ -karagenanem v rozmezí od 6,28 do 6,36. Můžeme tedy říci, že největší vliv na hodnotu pH měl přírůstek lokustové gumy a 0,1 % koncentrace  $\kappa$ -karagenanu. Stoupající koncentrace aplikovaných hydrokoloidů v jednotlivých vzorcích se na hodnotě pH podílela různě a nevykazovala žádný vyvoditelný trend.

Graf 7: Naměřená hodnota pH pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování. RKV označuje kontrolní vzorek roztíratelného taveného sýra bez hydrokoloidu.



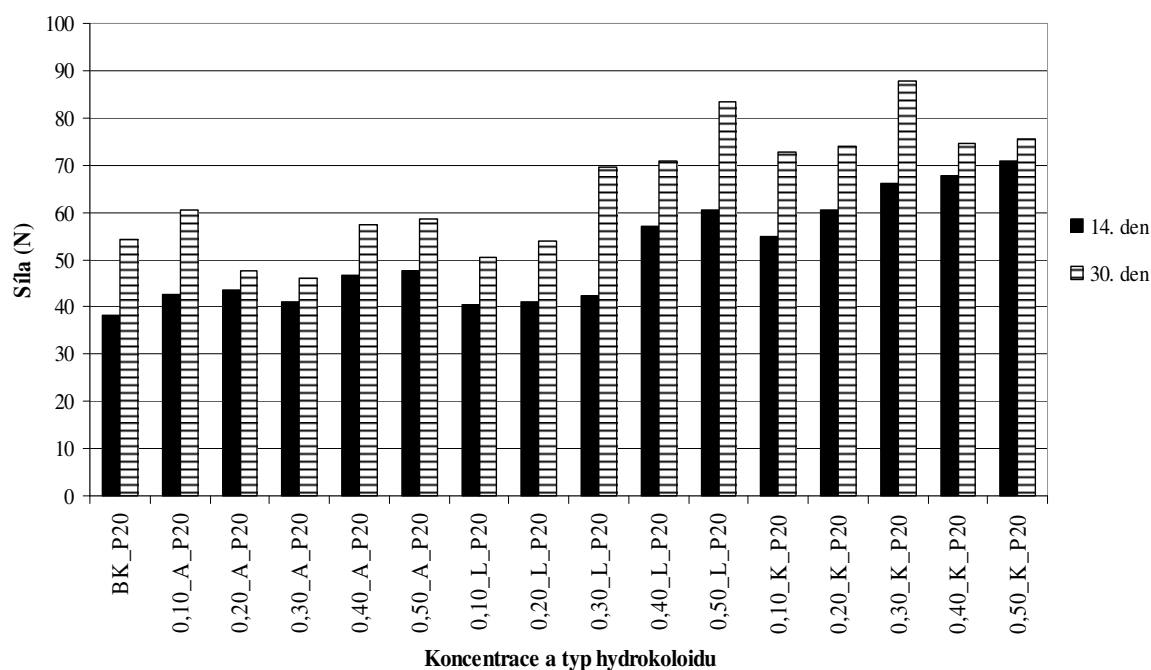
Ze získaných výsledků můžeme vyvodit, že aplikace hydrokoloidů v případě blokových tavených sýrů snižuje hodnotu pH, zatímco u sýrů roztíratelných naopak pH zvyšuje. Již kontrolní vzorky tavených sýrů nám ukazují, že roztíratelné tavené sýry mají obecně vyšší pH než sýry blokové. U obou typů tavených sýrů dochází následným skladováním ke zvyšování pH.

### 6.2.2 Stanovení tvrdosti taveného sýra

V rámci texturní profilové analýzy byly naměřeny hodnoty tvrdosti, která označuje sílu potřebnou k dosažení deformace výrobku. Tvrdost byla měřena u blokových tavených sýrů se sušinou 48 % w/w a s tukem v sušině 35 % w/w a u roztíratelných tavených sýrů se sušinou 40 % w/w a s tukem v sušině 50 % w/w. Nejvyšší hodnoty tvrdosti byly naměřeny sondami P20 a P100, kde se maximální síla potřebná k deformaci sýra pohybovala v rozmezí 87 – 110 N, zatímco maximální síla změřená sondou P40c byla do 7 N. Z grafů 8, 9 a 10 je zřejmé, že aplikace hydrokoloidů zvýšila tvrdost u všech modelových vzorků

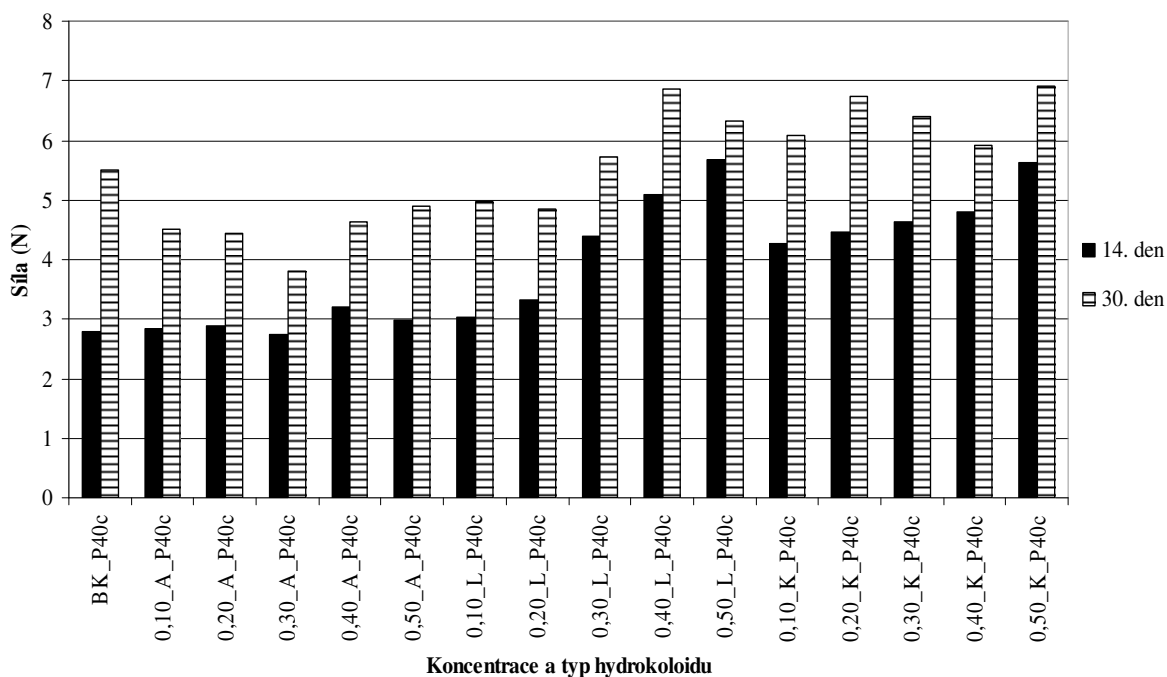
blokového taveného sýra. Taktéž můžeme tvrdit, že se zvyšující se koncentrací jednotlivých hydrokoloidů a dobou skladování se tvrdost taveného sýra zvyšuje.

*Graf 8: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.*



Na grafu 8 vidíme, že nejvyšší tvrdost naměřená sondou P20 po 14 dnech skladování byla zaznamenána u lokustové gumy a  $\kappa$ -karagenanu v koncentracích 0,50 %. Ve 30. dni skladování nejvyšší tvrdost vykazovala koncentrace 0,50 % lokustové gumy a 0,30 %  $\kappa$ -karagenanu. Přídavek arabské gumy se na zvýšení tvrdosti podílel jen v malé míře. Jak je zřejmé, doba skladování se významně podílela na zvýšení tvrdosti taveného sýra. K nejvyššímu nárůstu tvrdosti mezi 14. a 30. dnem skladování došlo u taveného sýra s lokustovou gumou o koncentraci 0,30 %, kde rozdíl hodnot činil 27,46 N, a s koncentrací 0,50 %, kde byl rozdíl hodnot 22,85 N. Dále následoval vzorek s  $\kappa$ -karagenanem o koncentraci 0,30 %, kde rozdíl hodnot činil 21,57 N.

Graf 9: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.

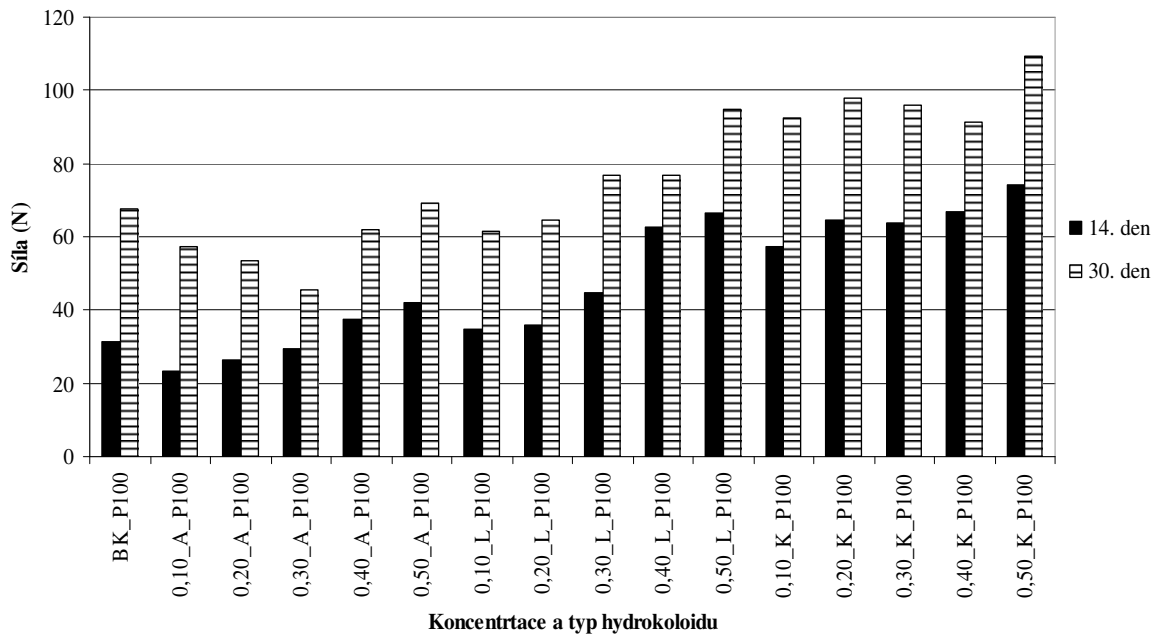


Graf 9 ukazuje hodnoty tvrdosti naměřené kónickou sondou o úhlu 40° (P40c) ve 14. a 30. dni skladování blokového taveného sýra. Hodnoty naměřené kónickou sondou byly oproti hodnotám zjištěným sondou válcovou mnohem nižší, pohybovaly se od 0 do 7 N, zatímco hodnoty tvrdosti zaznamenané sondou P20 se pohybovaly od 0 do 90 N. Je to dáno tím, že sonda P40c měří maximální tvrdost pouze svým hrotem narozdíl od sondy válcové, kdy je tvrdost měřena celou spodní plochou válce.

Během skladování došlo k významnému nárůstu tvrdosti taveného sýra. Rozdíl tvrdosti mezi 14. a 30. dnem skladování byl nejmarkantnější u kontrolního vzorku, u kterého dosahoval hodnoty 12,71 N, dále u vzorku s  $\kappa$ -karagenanem o koncentraci 0,20 %, kde byl rozdíl hodnot 2,3 N, následují vzorky 0,10 % lokustové gumy s rozdílem síly 1,93 N a 0,50 % arabské gumy s rozdílem síly 1,91 N. Přídavkem hydrokoloidů tedy dochází ke snížení rozdílů mezi hodnotami tvrdosti během skladování, v našem případě mezi 14. a 30. dnem skladování. Se zvyšující se koncentrací hydrokoloidů docházelo ke zvyšování tvrdosti blokových sýrů.



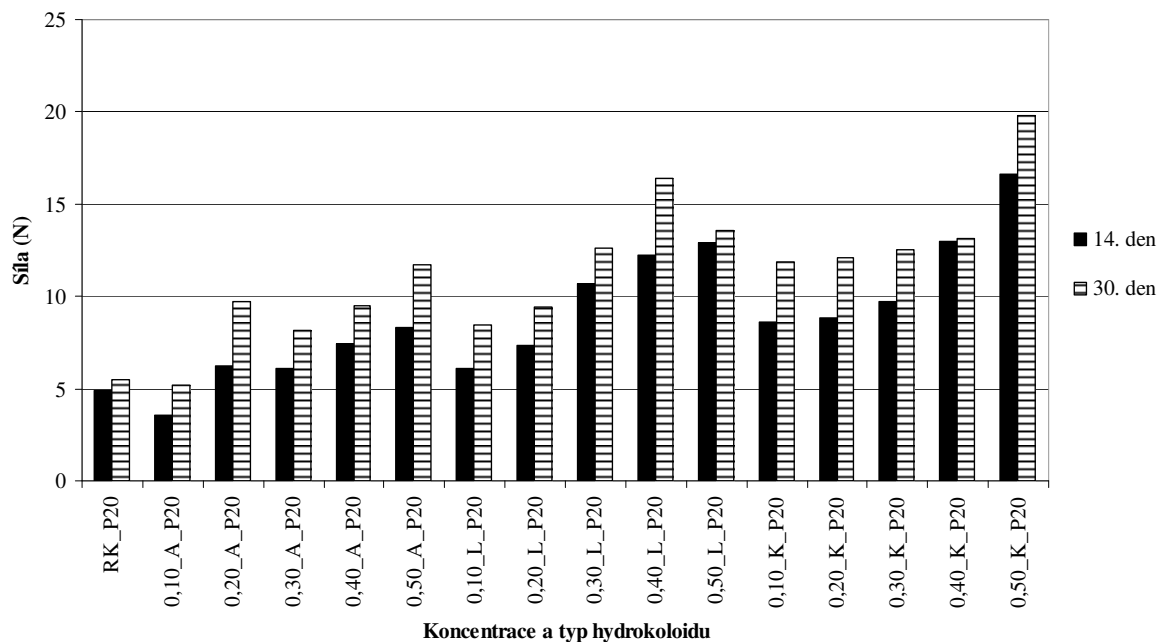
Graf 10: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Naměřené hodnoty tvrdosti deskovou sondou P100 ve 14. a 30. dni skladování ukazuje graf 10. Během skladování došlo k nárůstu tvrdosti taveného sýra. Rozdíl tvrdosti mezi 14. a 30. dnem skladování byl nejmarkantnější u kontrolního vzorku, kde dosahoval hodnoty 36,52 N. Se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu docházelo ke zvyšování tvrdosti vzorků blokového taveného sýra. Kappa-karagenan měl největší vliv na zvýšení tvrdosti v porovnání s ostatními aplikovanými hydrokoloidy.

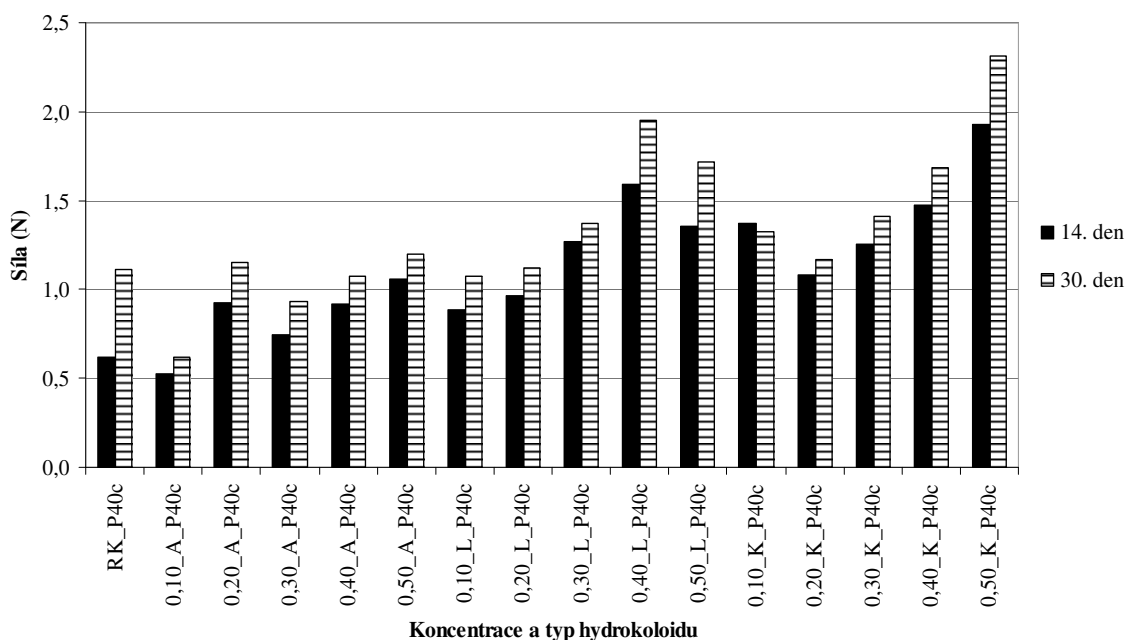
Modelové vzorky roztíratelného taveného sýra se sušinou 40 % w/w a s tukem v sušině 50 % w/w byly proměřeny sondami P20 a P40c. Tvrdost naměřená nerezovou válcovou sondou P20 se pohybovala maximálně do 20 N, na rozdíl od tvrdosti změřené sondou kónickou P40c, kde bylo dosaženo maximální síly pouze 2,31 N. Tyto nízké hodnoty tvrdosti odpovídají roztíratelnému typu taveného sýra, který má měkčí matici než sýr blokový, nejen z důvodu, že obsahuje vyšší množství vody, ale také díky většímu množství tuku v sušině, který snižuje tvrdost taveného sýra.

*Graf 11: Naměřená tvrdost pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.*



Na grafu 11 je znázorněno měření sondou P20, kdy kontrolní vzorek vykazoval tvrdost okolo 5 N. Po aplikaci hydrokoloidu a také následujícím skladováním tvrdost roztíratelného taveného sýra vzrostla. Zvyšování tvrdosti je jedna z vlastností hydrokoloidů. Následným skladováním dochází ke ztrátě určitého množství vody výparem a to vede ke zvýšení tuhosti taveného sýra. Nejvíce je růst tvrdosti patrný u  $\kappa$ -karagenanu v koncentraci 0,50 %, dále u lokustové gumy v koncentraci 0,40 % a u arabské gumy s koncentrací 0,50 %. Pokud srovnáme aplikované hydrokoloidy, zjistíme, že se  $\kappa$ -karagenan na zvýšení tvrdosti podílel nejvíce. Dále pak lokustová guma a nejméně se projevil přídavek arabské gumy.

Graf 12: Naměřená tvrdost pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



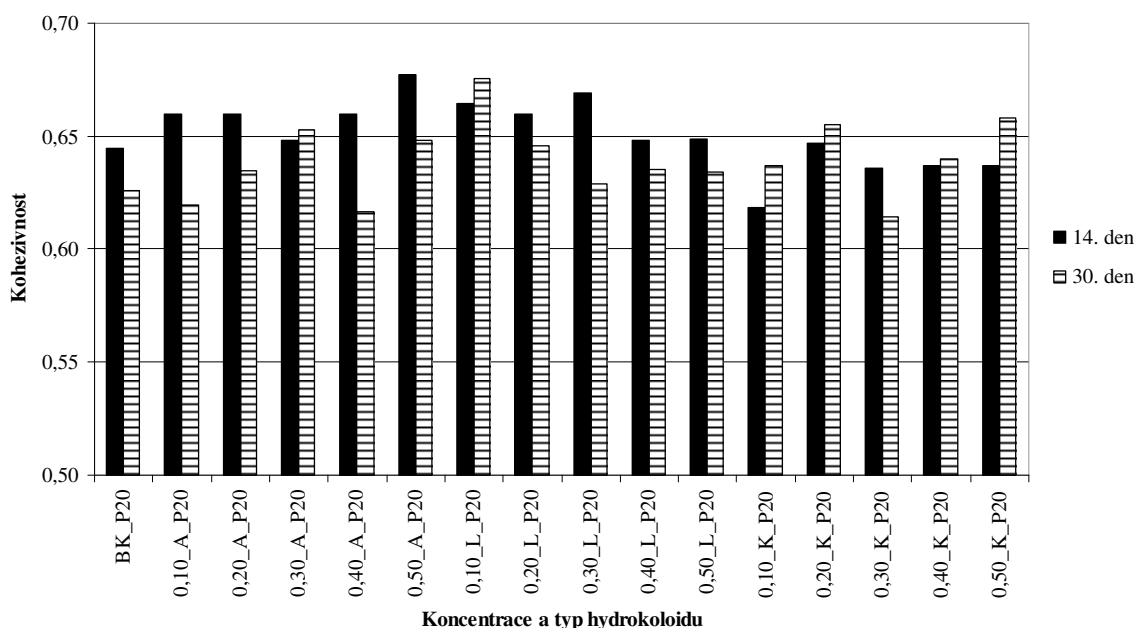
Graf 12 znázorňuje měření kónickou sondou P40c, kdy kontrolní vzorek vykazoval tvrdost ve 14. dni měření pouze 0,62 N a ve 30. dni měření sílu 1,12 N. Aplikací hydrokoloidů a jejich zvyšující se koncentrací tvrdost roztíratelného taveného sýra vzrostla. Také následujícím skladováním došlo ke zvýšení tvrdosti. Nejvíce je růst tvrdosti patrný u  $\kappa$ -karagenanu a lokustové gumy, u arabské gumy v menším rozsahu. V případě arabské gumy zajistila nejvyšší tvrdost koncentrace 0,50 %, u lokustové gumy koncentrace 0,40 % a u  $\kappa$ -karagenanu koncentrace 0,50 %.

Pokud porovnáme výsledky měření tvrdosti u roztíratelných a blokových tavených sýrů, zjistíme, že roztíratelné tavené sýry jsou o mnoho měkčí než bloky. Tato charakteristika vychází ze složení taveného sýra. Roztíratelné tavené sýry obsahují větší podíl vody, respektive menší množství sušiny než sýry blokové. Na tvrdost taveného sýra má také vliv obsah tuku v sušině. Vzorky roztíratelného taveného sýra mají vyšší množství tuku v sušině než bloky, jejich matrice je díky tomu měkčí.

### 6.2.3 Stanovení soudržnosti taveného sýra

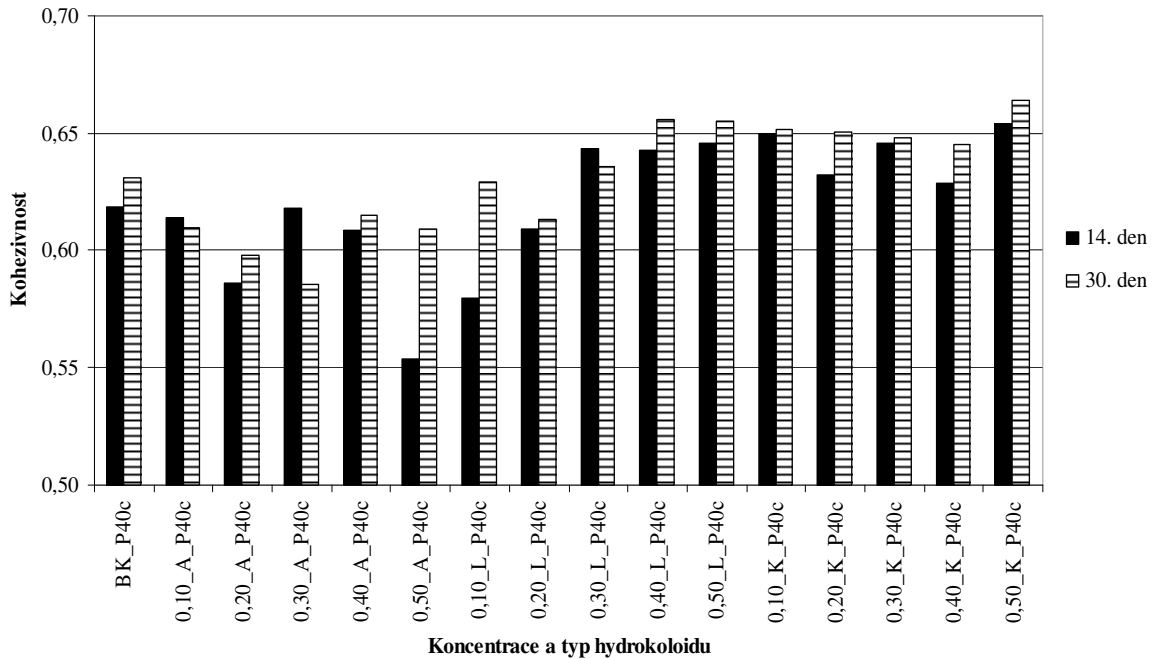
Dalším měřeným parametrem v rámci texturní profilové analýzy byla kohezivnost vyjadřující pevnost vnitřních vazeb v potravině. Soudržnost matrice blokového taveného sýra byla měřena sondami P20, P40c a P100, jak ukazují grafy 13 – 15, zatímco soudržnost roztíratelného taveného sýra byla měřena pouze sondami P20 a P40c, jak vidíme na grafech 16 a 17. Všemi třemi sondami byly naměřeny velmi podobné hodnoty kohezivnosti, které se pohybovaly v rozmezí od 0,55 do 0,68, případně do 0,79 u sondy P100.

*Graf 13: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra.*



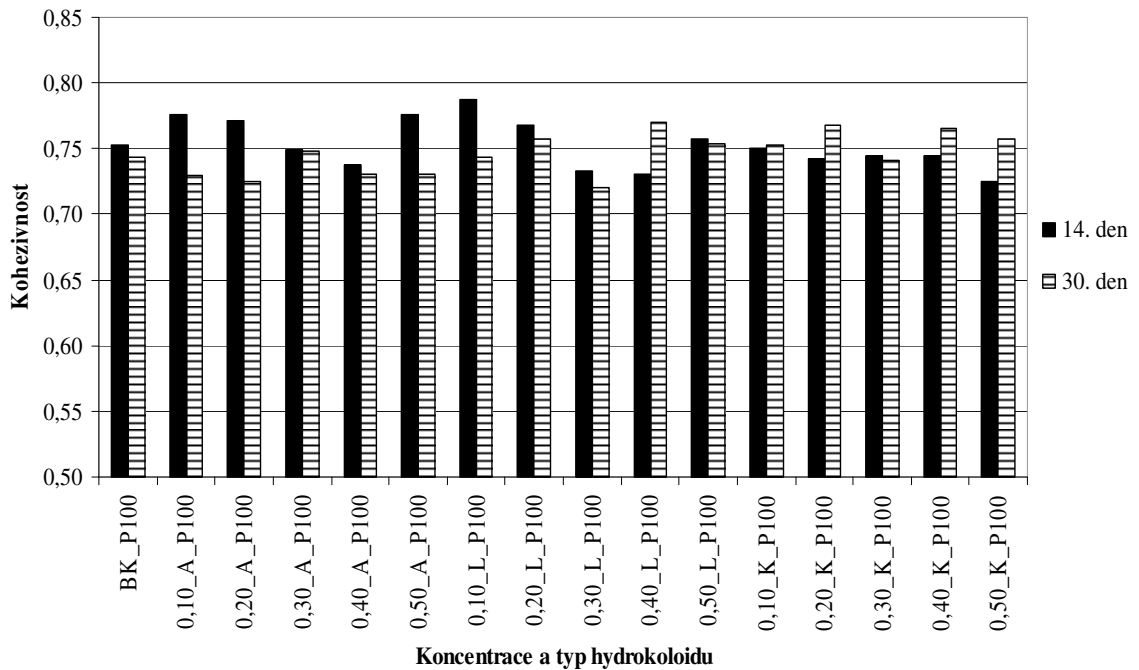
Ve srovnání s kontrolním vzorkem nedošlo po aplikaci hydrokoloidů k významnější změně soudržnosti, jak ukazuje graf 13. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů nevykazovala jasně vyvoditelný závěr. U arabské gumy docházelo spíše k růstu soudržnosti, v případě lokustové gumy naopak ke klesání a u taveného sýra s  $\kappa$ -karagenanem k velmi nepatrným, spíše klesajícím změnám. Během skladování byl zaznamenán pokles soudržnosti taveného sýra, pouze u  $\kappa$ -karagenanu došlo k velmi nepatrnému zvýšení (o hodnotu 0,02).

Graf 14: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra.



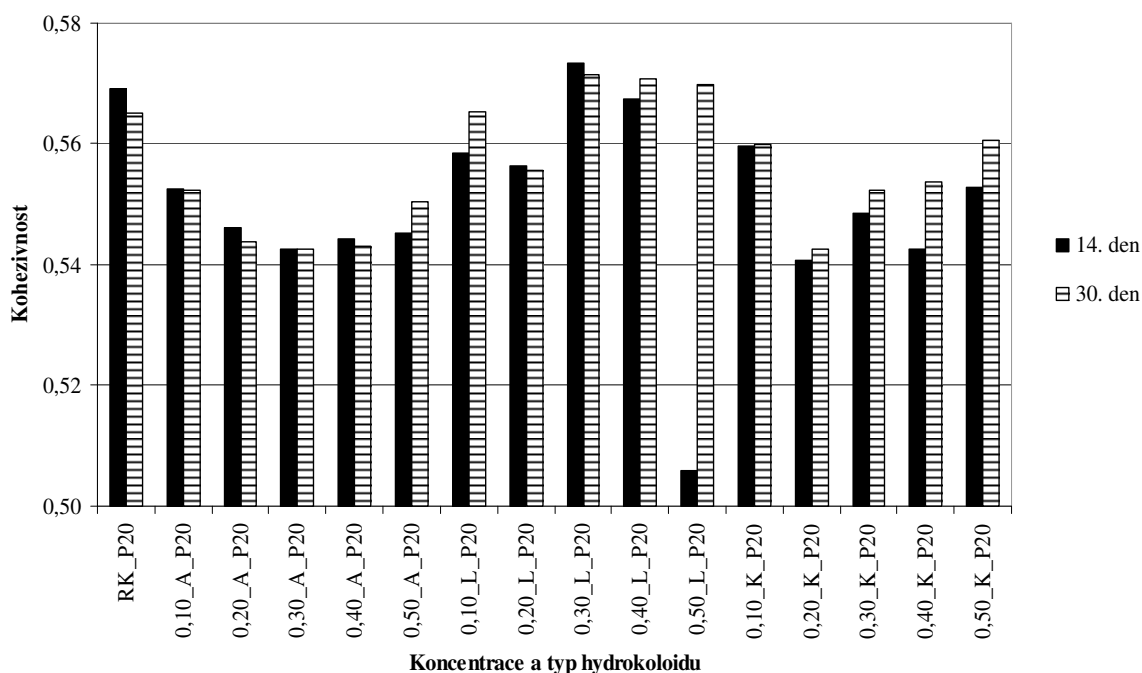
Jak ukazuje graf 14, pokud srovnáme kontrolní vzorek se sýry s aplikací hydrokoloidů došlo v případě arabské gumy po jejich aplikaci k mírnému poklesu soudržnosti, zatímco u vzorků sýra s lokustovou gumou a  $\kappa$ -karagenanem k mírnému nárůstu, a to jak ve 14., tak i ve 30. dni skladování. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů nevykazovala jasně vyvoditelný trend, pouze v případě vzorku obsahujícího lokustovou gumu můžeme tvrdit, že se zvyšující se koncentrací rostla soudržnost blokového sýra. Během skladování byl u kontrolního vzorku i u vzorků s hydrokoloidy zaznamenán mírný vzestup soudržnosti taveného sýra.

Graf 15: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Sonda P100 zaznamenala hodnoty kohezivnosti všech vzorků taveného sýra v rozmezí 0,70 – 0,80, jak ukazuje graf 15. Po aplikaci hydrokoloidů došlo k velmi nepatrným změnám soudržnosti ve srovnání s kontrolním vzorkem, a to ve 14. i 30. dni měření. Soudržnost taveného sýra s  $\kappa$ -karagenanem nebyla změněna téměř vůbec. V případě arabské a lokustové gumy docházelo k mírnému nárůstu ve 14. dni a následně k poklesu soudržnosti ve 30. dni měření. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů nevykazovala žádný trend. Během skladování u arabské a lokustové gumy docházelo k mírnému poklesu soudržnosti, narozdíl od  $\kappa$ -karagenanu, kdy naopak docházelo k mírnému vzestupu.

Graf 16: Naměřená soudržnost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.

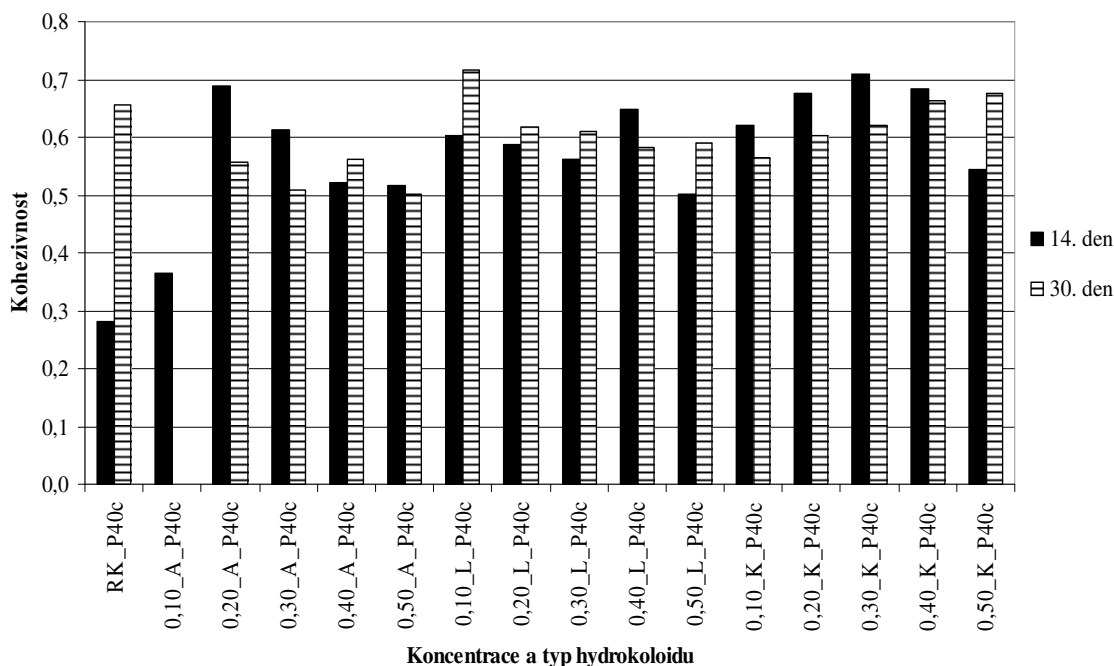


Aplikací hydrokoloidů byla snížena kohezivnost roztíratelného sýra, jak je znázorněno na grafu 16. K největšímu poklesu kohezivnosti přispěla arabská guma a  $\kappa$ -karagenan. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů významně neovlivnila soudržnost roztíratelného sýra. Taktéž doba skladování se ve sledovaném texturním znaku téměř neprojevila. Pouze u vzorků s  $\kappa$ -karagenanem se kohezivnost skladováním zvýšila.

Pokud srovnáme hodnoty kohezivnosti měřené u blokového a roztíratelného taveného sýra sondou P20, zjistíme, že sýr blokový vykazoval vyšší soudržnost než sýr roztíratelný. Blokové sýry měly maximální soudržnost v rozmezí 0,61 – 0,68 a sýry roztíratelné v rozmezí 0,54 – 0,57.



Graf 17: Naměřená soudržnost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



S pomocí kónické sondy P40c byla u roztíratelného taveného sýra naměřena soudržnost, jak vidíme na grafu 17. Ve srovnání s kontrolním vzorkem došlo po aplikaci hydrokoloidů ke vzrůstu soudržnosti u všech vzorků ve 14. dni skladování. U vzorků s karagenanem ve 30. dni skladování došlo k poklesu soudržnosti ve srovnání s kontrolním vzorkem. Pokud srovnáme různé koncentrace hydrokoloidů, pak zjistíme, že u vzorků s lokustovou gumou docházelo k mírnému poklesu kohezivnosti, u vzorků s arabskou gumou docházelo k poklesu od koncentrace 0,20 % a u vzorků s  $\kappa$ -karagenanem docházelo nejprve k nárůstu kohezivnosti a od koncentrace 0,30 % soudržnost klesala. Závislost mezi stoupající koncentrací hydrokoloidů a rostoucí kohezivností tedy nelze jasně potvrdit. Ve 30. dni skladování byla u vzorku sýra s 0,10 % arabské gumy naměřena velmi nízká hodnota soudržnosti (-0,001), proto není v grafu zachycena.

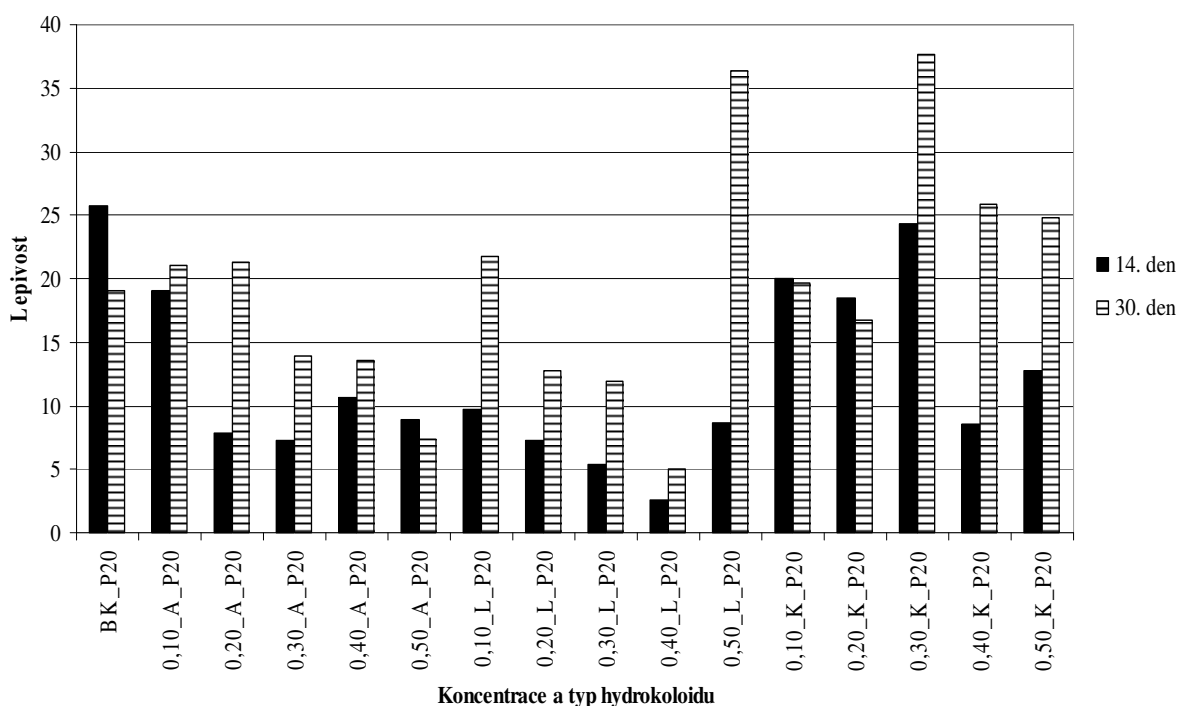
Během skladování docházelo u roztíratelných tavených sýrů s hydrokoloidy k poklesu soudržnosti s výjimkou lokustové gummy, u které stejně jako u kontrolního vzorku docházelo k růstu soudržnosti.

Pokud porovnáme hodnoty kohezivnosti naměřené sondou P40c mezi blokovým a roztíratelným taveným sýrem, zjistíme, že blokový sýr vykazoval nižší soudržnost než sýr roztíratelný. Vzorky blokového sýru dosahovaly maximální soudržnosti v rozmezí hodnot 0,61 – 0,65 a vzorky roztíratelného sýra v rozmezí 0,52 – 0,71. U kontrolních vzorků blokového a roztíratelného sýra došlo během skladování k nárůstu kohezivnosti. U modelových vzorků blokového taveného sýra s hydrokoloidy docházelo skladováním ke zvýšení kohezivnosti, zatímco u roztíratelného sýra je kohezivnost skladováním ve většině případů snížena (pouze u lokustové gummy se zvýšila).

#### **6.2.4 Stanovení lepivosti taveného sýra**

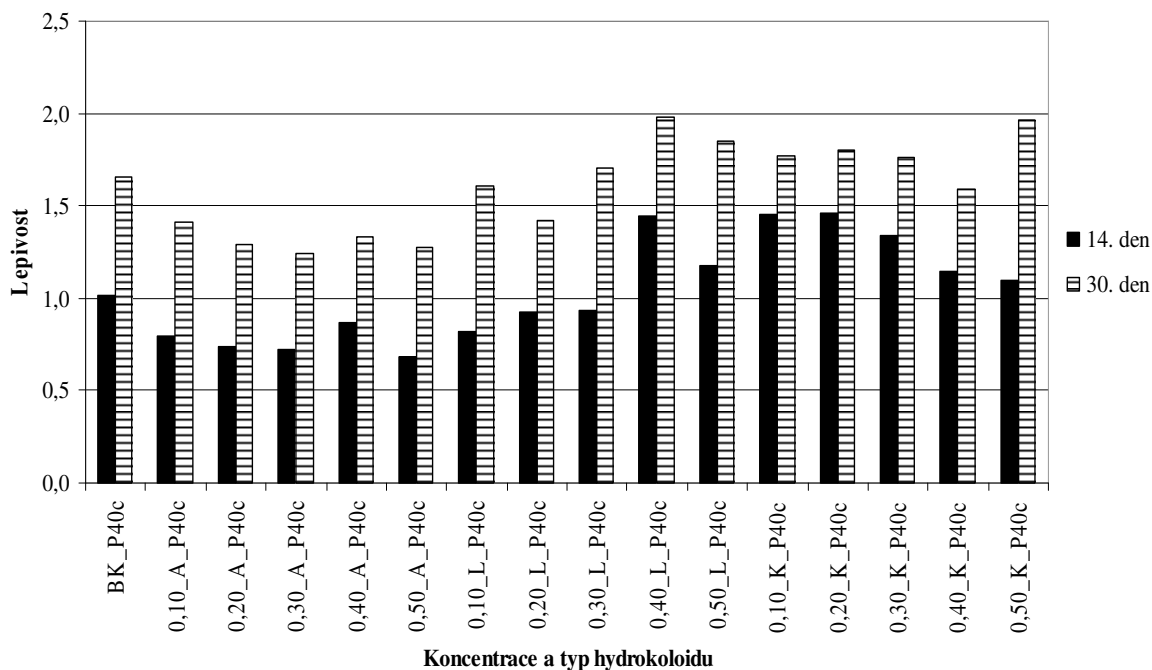
Dalším testovaným texturním parametrem byla lepivost, která vyjadřuje celkovou sílu potřebnou k vytažení kompresní sondy ze vzorku taveného sýra. Lepivost blokového taveného sýra byla měřena texturním analyzátozem pomocí tří sond (P20, P40c, P100) a výsledky měření jsou znázorněny v grafech 18 – 20. Lepivost roztíratelného taveného sýra byla měřena pouze sondami P20 a P40c, jak ukazují grafy 22 a 23.

Graf 18: Naměřená lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Oproti kontrolnímu vzorku došlo ve 14. dni měření u všech vzorků sýra s hydrokoloidy k poklesu lepivosti, jak je vidět na grafu 18. Naopak ve 30. dni měření docházelo u většiny sýrů s hydrokoloidy oproti kontrolnímu vzorku ke zvýšení lepivosti. Samotný kontrolní vzorek měl skladováním sníženu lepivost na rozdíl od vzorků s hydrokoloidy, kde skladováním došlo ke zvýšení lepivosti. Nejvyšší hodnoty lepivosti byly zaznamenány u sýru s 0,50 % koncentrací lokustové gumy a 0,30 % koncentrací  $\kappa$ -karagenanu ve 30. dni skladování. Naopak nejnižší hodnota lepivosti byla zjištěna u vzorku s 0,40 % koncentrací lokustové gumy. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů nevykazovala žádný vyvoditelný trend. Pouze v případě zvyšující se koncentrace lokustové gumy ve 14. i 30. dni měření můžeme tvrdit, že docházelo k poklesu lepivosti až do koncentrace 0,40 %, následná koncentrace 0,50 % L zaznamenala mírný vzestup lepivosti.

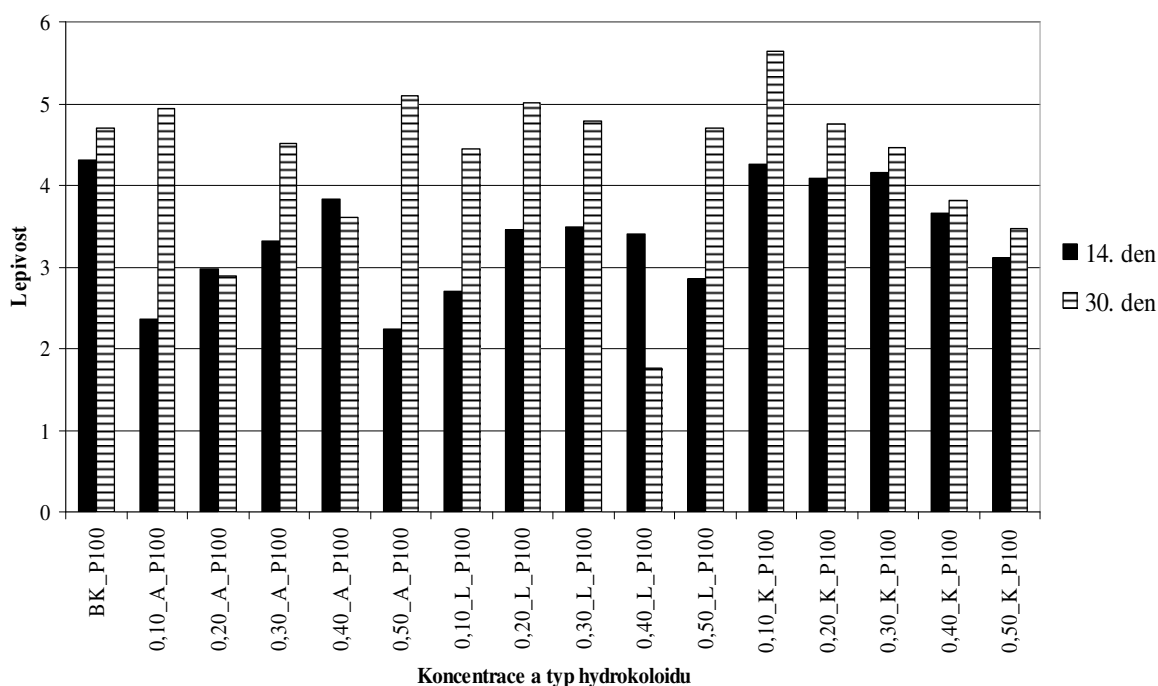
Graf 19: Naměřená lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Jak můžeme vidět na grafu 19, sondou P40c byly naměřeny mnohem nižší hodnoty lepivosti než sondou P20 a sondou P100. Maximální hodnoty lepivosti u sondy P40c dosahovaly rozmezí 1,50 – 1,98, zatímco lepivost sondou P20 dosahovala maximálních hodnot v rozmezí 24 – 37 a sonda P100 maximální lepivost v rozmezí 3,5 – 5,6. Z grafu 19 je zřejmé, že jak u kontrolního vzorku, tak i u všech vzorků s hydrokoloidy docházelo skladováním k nárůstu lepivosti, což potvrzují i grafy 18 a 20. Přídavek  $\kappa$ -karagenanu ovlivnil lepivost taveného sýra nejvíce ze všech hydrokoloidů.

Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů neměla na lepivost jednoznačný vliv. U arabské gumy a  $\kappa$ -karagenanu docházelo ke snižování lepivosti se zvyšující se koncentrací hydrokoloidů, naopak u vzorků s lokustovou gumou byla lepivost zvyšována.

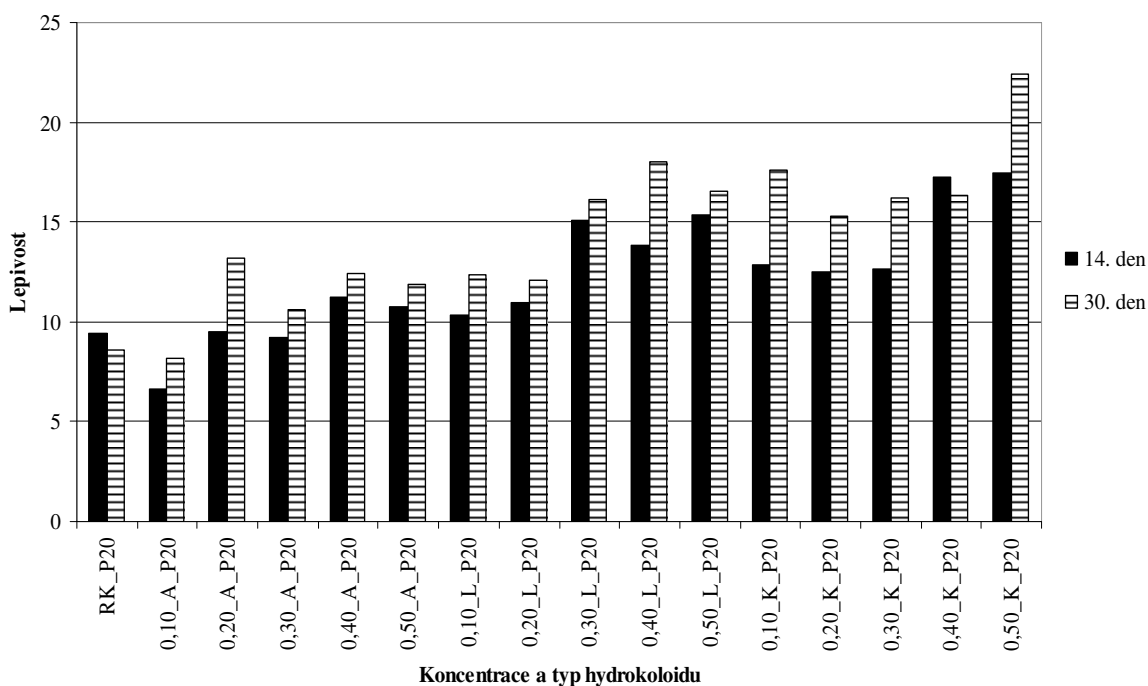
Graf 20: Naměřená lepidost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Na grafu 20 jsou znázorněny naměřené hodnoty lepidosti blokového taveného sýra sondou P100. U vzorku sýra s arabskou gumou docházelo do koncentrace 0,40 % ke zvyšování lepidosti a následně k jejímu snížení. U vzorku sýra s lokustovou gumou docházelo ke zvyšování lepidosti do koncentrace 0,30 % a dále následoval její pokles. U vzorků s  $\kappa$ -karagenanem je zřejmá snižující se lepidosti taveného sýra se zvyšující se koncentrací tohoto hydrokoloidu. Kappa-karagenan nejvíce ovlivnil lepidost vyrobených modelových vzorků taveného sýra. Během skladování bylo pozorováno ve většině případů zvýšení lepidostí blokového taveného sýra.

Na grafech 21 a 22 jsou znázorněny výsledky měření lepidosti modelových vzorků roztíratelných tavených sýrů s obsahem sušiny 40 % w/w a s tukem v sušině 50 % w/w válcovou sondou P20 a sondou kónickou P40c.

Graf 21: Naměřená lepidivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.

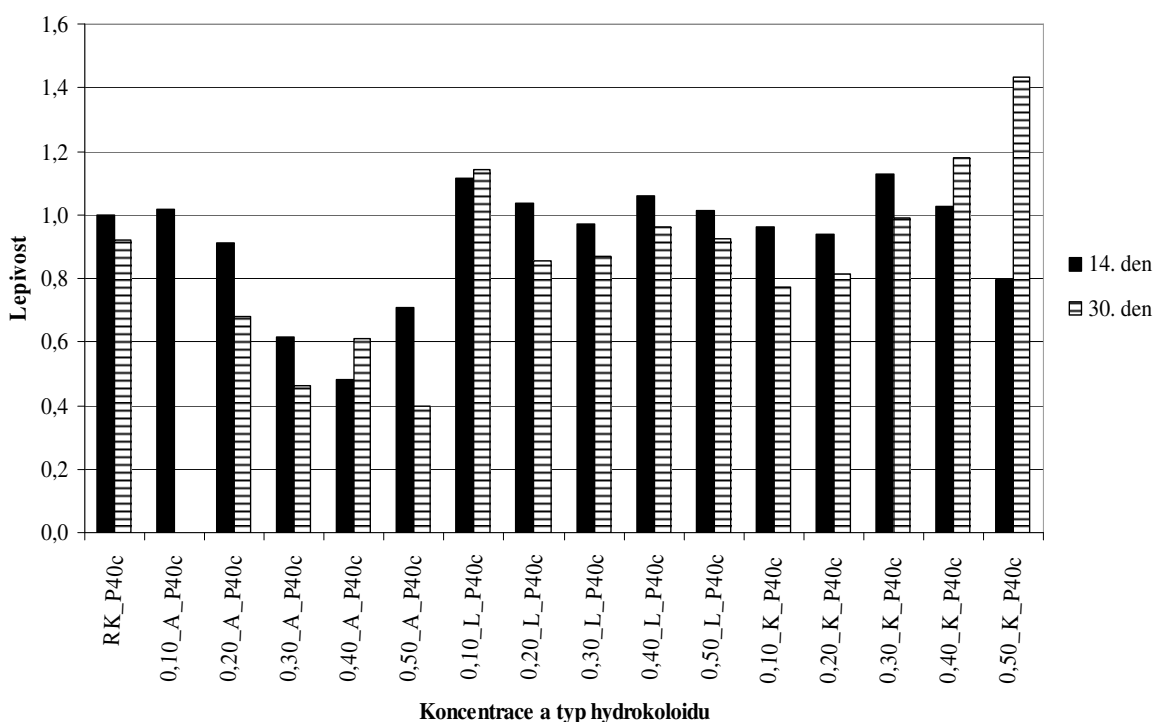


Graf 21 ukazuje hodnoty lepidivosti roztíratelného taveného sýra zaznamenané válcovou sondou P20. Maximální hodnoty lepidivosti se pohybovaly v rozmezí 13,00 – 22,00, což je o mnoho více než u sondy kónické, kde dosahovaly maximální hodnoty lepidivosti pouze rozmezí hodnot 0,90 – 1,43. Tato skutečnost může být vysvětlena plochou sond, které přicházejí do styku se vzorkem taveného sýra. Sonda kónická měří lepidivost pouze svým hrotem, kdežto sonda válcová celou spodní plochou tohoto válce.

Z naměřených hodnot můžeme vyvodit, že se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu docházelo ke zvyšování lepidivosti modelových vzorků taveného sýra. Během skladování byl u všech vzorků s hydrokoloidy zaznamenán vzestup lepidivosti, zatímco u kontrolního vzorku došlo ve 30. dni k jejímu poklesu. Nejvíce byla lepidivost ovlivněna lokustovou gumou a  $\kappa$ -karagenanem. Nejvyšší hodnota lepidivosti byla zaznamenána u vzorku roztíratelného taveného sýra s 0,50 % koncentrací  $\kappa$ -karagenanu ve 14. i 30. dni měření.

Pokud porovnáme výsledky měření lepivosti sondou P20 u roztíratelných a blokových tavených sýrů, zjistíme, že roztíratelné tavené sýry jsou méně lepkavé než bloky. Maximální hodnoty lepivosti v případě blokových sýrů dosahovaly hodnot 24 – 37, zatímco maximální hodnoty roztíratelných sýrů pouze 13 – 22,4. Lepivost u kontrolních vzorků blokového i roztíratelného taveného sýra skladováním klesala, zatímco u blokových a roztíratelných sýrů s aplikovanými hydrokoloidy lepivost skladováním stoupala. U obou typů sýrů se na změně lepivosti nejvíce podílel  $\kappa$ -karagenan. U roztíratelných sýrů se lepivost se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu zvyšovala, u sýra blokového tomu bylo právě naopak, se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu se lepivost snižovala.

*Graf 22: Naměřená lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.*



U vzorků roztíratelných tavených sýrů byly kónickou sondou zaznamenány maximální hodnoty lepivosti v rozmezí 0,90 – 1,43, jak je vidět z grafu 22. Vzorky taveného sýra s arabskou gumou po přidavku hydrokoloidu snížily svou lepivost ve srovnání s kontrolním vzorkem. U vzorků sýra s lokustovou gumou došlo ve většině případů ke zvýšení lepivosti

ve srovnání s kontrolním vzorkem, pouze u koncentrace 0,30 % L došlo ke snížení. U  $\kappa$ -karagenanu byla lepivost zvýšena v koncentracích 0,30 % a 0,40 %, jinak se lepivost vůči kontrolnímu vzorku snížila. U vzorku sýra s 0,10 % arabské gumy ve 30. dni skladování byla naměřena velmi nízká hodnota lepivosti pohybující se v rozmezí 0 – 0,00002. Z toho důvodu není v grafu zachycena. Lepivost byla nejvíce ovlivněna lokustovou gumou a  $\kappa$ -karagenanem. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidu ovlivňovala modelové vzorky sýra různě. Z grafu vidíme, že do koncentrace 0,30 % u arabské a lokustové gumy docházelo ke snižování lepivosti a následně k mírnému zvýšení, zatímco u  $\kappa$ -karagenanu tomu bylo právě naopak. Do koncentrace 0,30 % se lepivost zvyšovala a následně snižovala. Nelze tedy vyvodit jednoznačný závěr pro vztah lepivosti a rostoucí koncentrace hydrokoloidu.

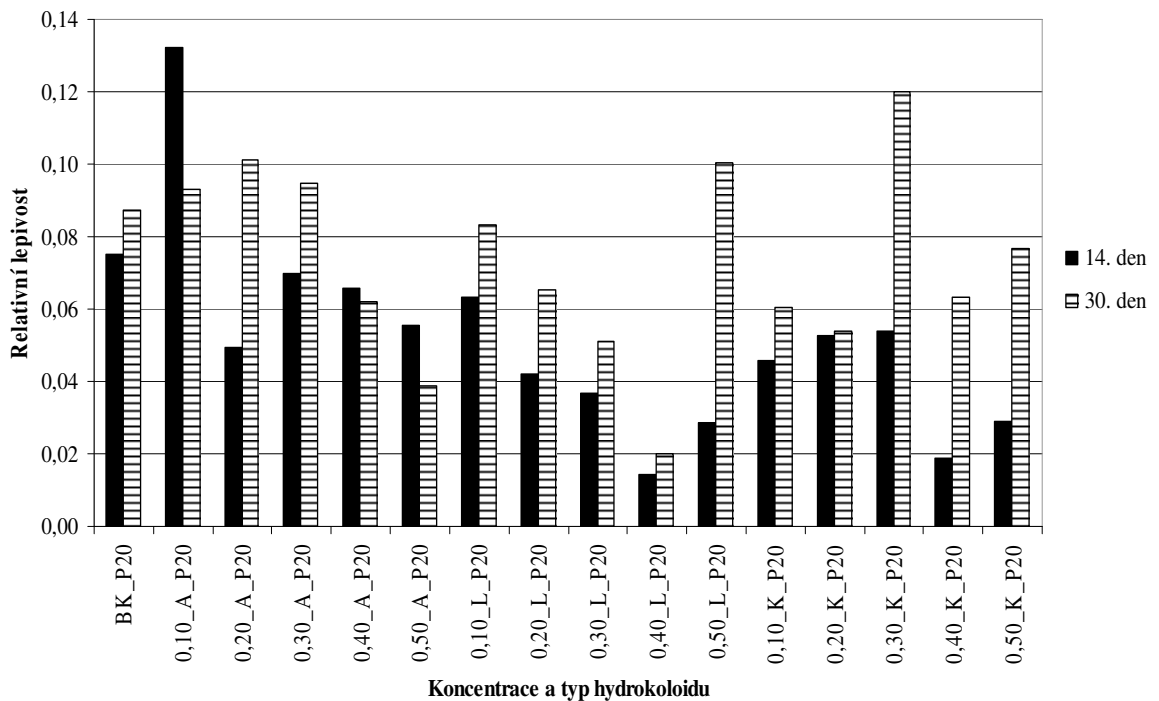
Pokud porovnáme výsledky měření lepivosti sondou P40c u roztíratelných a blokových tavených sýrů, zjistíme, že roztíratelné tavené sýry jsou méně lepkavé než bloky. Maximální hodnoty lepivosti v případě blokových sýrů dosahovaly hodnot 1,4 – 1,9, zatímco maximální hodnoty roztíratelných sýrů pouze 0,9 – 1,4. Kontrolní vzorek blokového i roztíratelného sýra měl lepivost ve 14. dni měření 1,0. Ve 30. dni u blokového kontrolního vzorku došlo ke zvýšení lepivosti na 1,65, zatímco u roztíratelného kontrolního vzorku k poklesu na hodnotu 0,92. Během skladování docházelo u blokových sýrů k nárůstu lepivosti, zatímco u roztíratelných sýrů k poklesu. Jednotlivé hydrokoloidy měly na lepivost různý vliv v obou typech sýra. Lokustová guma u roztíratelného taveného sýra lepivost zvyšovala, zatímco u blokového taveného sýra snižovala. Arabská guma u obou typů tavených sýrů zapříčinila pokles lepivosti. U blokového sýra s  $\kappa$ -karagenanem se lepivost spíše snižovala, zatímco u roztíratelného sýra se lepivost po aplikaci  $\kappa$ -karagenanu ve srovnání s kontrolním vzorkem zvýšila.

### 6.2.5 Stanovení relativní lepivosti taveného sýra

Posledním testovaným parametrem v rámci texturní profilové analýzy byla relativní lepivost. Závislost relativní lepivosti na druhu a koncentraci zvolených hydrokoloidů a na době skladování znázorňují grafy 23 – 27.

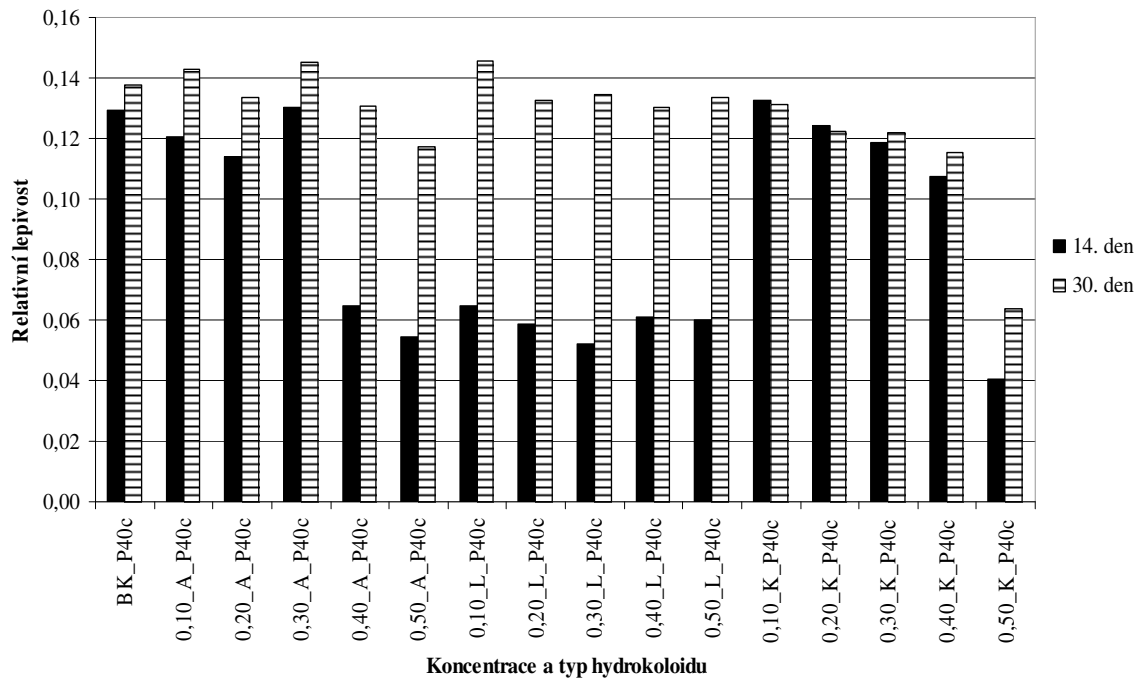


Graf 23: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



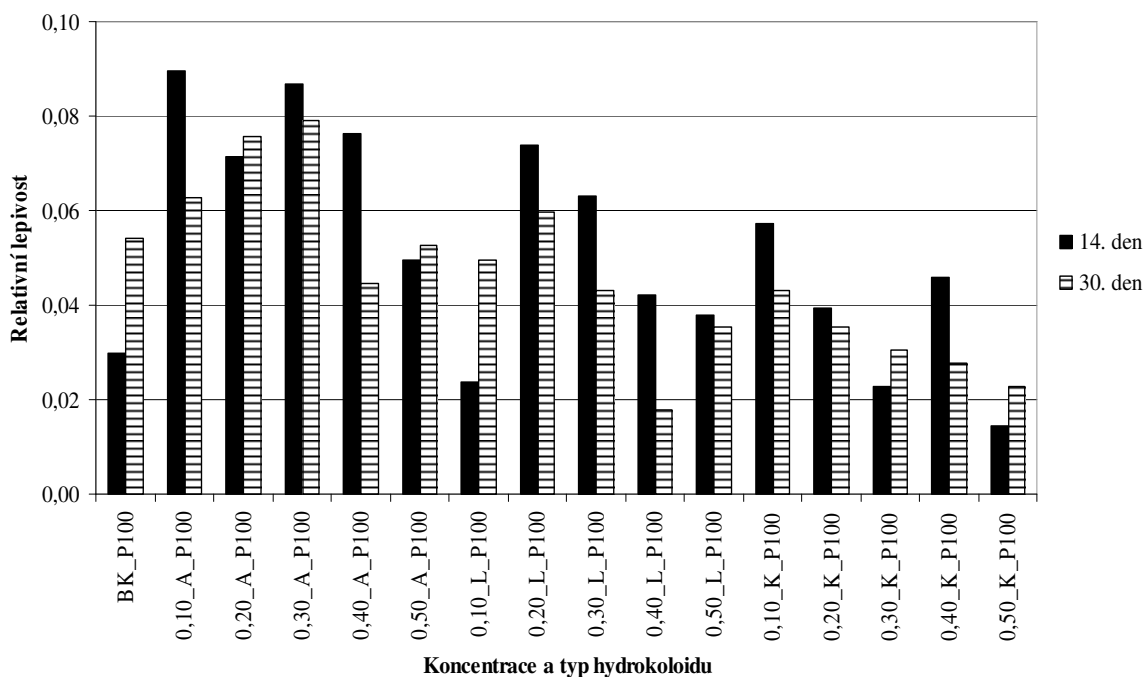
Na grafu 23 vidíme texturní parametr relativní lepivost pro blokový tavený sýr, jež byla vypočtena z naměřených hodnot blokového taveného sýra. Nejvyšší hodnotu relativní lepivosti ve 14. dni měření vykazoval vzorek sýra s 0,10 % arabské gumy a ve 30. dni měření vzorek s 0,30 %  $\kappa$ -karagenanem a vzorek s 0,50 % lokustové gumy. Ve srovnání s kontrolním vzorkem došlo ve 14. dni skladování k výraznému poklesu relativní lepivosti u všech měřených vzorků. Zatímco ve 30. dni skladování docházelo u arabské gumy s koncentracemi do 0,30 % k nárůstu a následně k poklesu relativní lepivosti, u lokustové gumy se relativní lepivost se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu snižovala a u  $\kappa$ -karagenanu naopak s koncentrací rostla. Během skladování tedy docházelo u blokových tavených sýrů s hydrokoloidy k nárůstu relativní lepivosti. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů nevykazovala žádný jasný trend ve vztahu k relativní lepivosti.

Graf 24: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



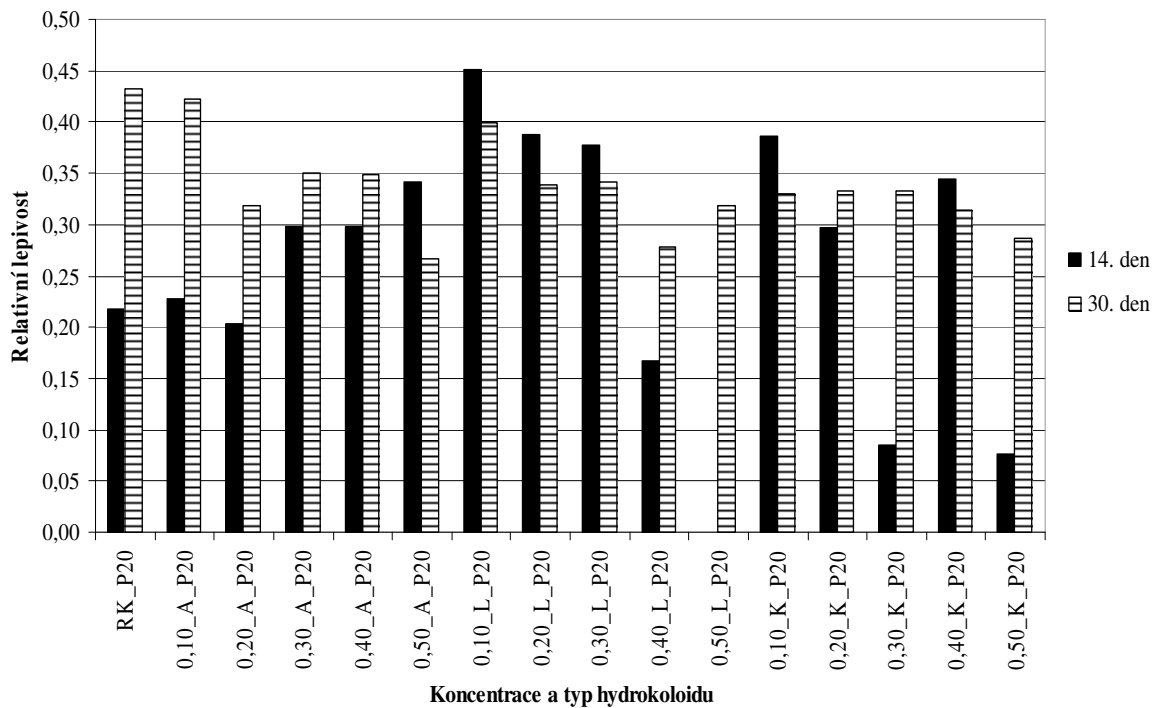
Relativní lepivost byla také hodnocena pomocí kónické sondy P40c, která naměřila hodnoty vyšší než sonda válcová P20. Z grafu 24 můžeme vyčíst, že se relativní lepivost tavených sýrů s hydrokoloidy ve 14.dni měření snížila ve srovnání s kontrolním vzorkem. Ve 30. dni skladování se relativní lepivost vzorků oproti kontrolnímu vzorku taktéž snížila, s výjimkou vzorků s koncentrací 0,10 % a 0,30 % arabské gumy a s koncentrací 0,10 % lokustové gumy. Můžeme tvrdit, že se zvyšující se koncentrací hydrokoloidů se relativní lepivost tavených sýrů snižuje, a to jak ve 14., tak 30. dni skladování. Během skladování docházelo k růstu relativní lepivosti.

Graf 25: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.



Nejnižší hodnoty relativní lepivosti byly zjištěny deskovou sondou P100, dosahovaly maximálních hodnot pouze 0,09, jak je znázorněno na grafu 25.. U kontrolního vzorku došlo skladováním ke snížení relativní lepivosti, zatímco u vzorků taveného sýra s hydrokoloidy docházelo skladováním k jejímu poklesu. U vzorku taveného sýra s  $\kappa$ -karagenanem docházelo se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu ke snižování relativní lepivosti. Ostatní aplikované hydrokoloidy nevykazují v tomto směru žádný jasný trend. Relativní lepivost byla také ovlivněna dobou skladování, avšak nelze z výsledků tvrdit, zda se snižovala či zvyšovala, protože získané hodnoty jsou různorodé.

*Graf 26: Vypočtená relativní lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gummy (A), lokustové gummy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.*

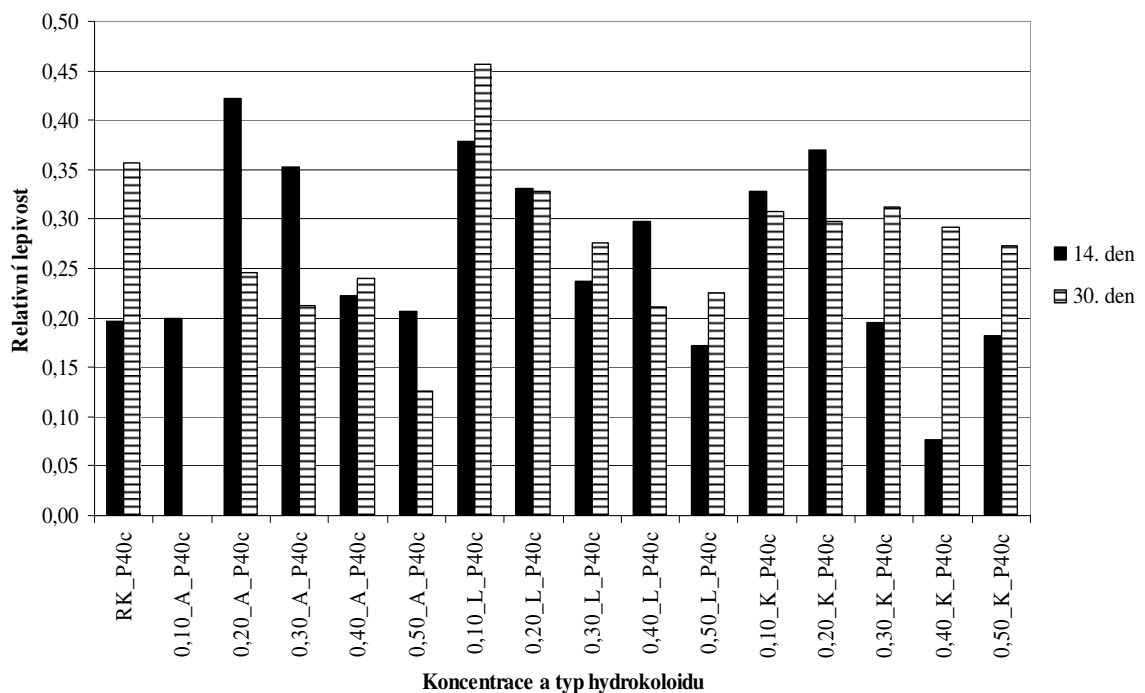


Roztíratelné tavené sýry s obsahem hydrokoloidu vykazovaly ve 14. dni měření vyšší relativní lepivost než kontrolní vzorek, jak uvádí graf 26. U kontrolního vzorku byl zjištěn ve 30. dni skladování významný nárůst relativní lepivosti, na rozdíl od modelových vzorků sýra s hydrokoloidy, kde nebyl rozdíl tak výrazný. Nejvyšší hodnoty relativní lepivosti ve 14. dni měření dosahoval sýr s aplikací 0,10 % lokustové gummy a ve 30. dni měření sýr s aplikací arabské gummy o koncentraci 0,10 %. U vzorku sýra s 0,50 % lokustové gummy byla ve 14. dni měření zaznamenána nulová hodnota, z toho důvodu není v grafu zachycena. U vzorků taveného sýra s arabskou gumou docházelo se zvyšující se koncentrací hydrokoloidu ke zvyšování relativní lepivosti, zatímco u lokustové gummy byl zaznamenán naopak pokles. U sýru s  $\kappa$ -karagenanem není vliv zvyšující se koncentrace hydrokoloidu jednoznačný. Doba skladování také nevykazovala jednoznačný trend na změnu relativní lepivosti. V případě arabské gummy a  $\kappa$ -karagenanu docházelo

skladováním ke zvyšování relativní lepivosti, u lokustové gummy zase ke snižování tohoto texturního parametru.

Ze zjištěných hodnot relativní lepivosti naměřených sondou P20 u blokového a roztíratelného taveného sýra vyplývá, že sýr roztíratelný má mnohem vyšší relativní lepivost než sýr blokovaný. Maximální hodnoty relativní lepivosti roztíratelného sýra se pohybovaly v rozmezí 0,30 – 0,45 %, zatímco maximální hodnoty relativní lepivosti blokového sýra byly v rozmezí 0,08 – 0,13 %.

*Graf 27: Vypočtená relativní lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gummy (A), lokustové gummy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.*



Výsledky relativní lepivosti zjištěné analýzou textury za pomoci kónické sondy P40c ukazuje graf 27. Jak je v grafu vidět, se zvyšující se koncentrací aplikovaného hydrokoloidu arabské gummy a  $\kappa$ -karagenanu nejprve docházelo ke zvyšování relativní lepivosti do koncentrace 0,20 % a následně k jejímu snižování. Tavený sýr se zvyšující se koncentrací  $\kappa$ -karagenanu vykazoval snižující se hodnoty relativní lepivosti. Ve 30. dni skladování byla u vzorku sýra s 0,10 % arabské gummy naměřena nulová hodnota relativní

lepivosti. Z toho důvodu není v grafu vyznačena. Roztíratelné sýry s obsahem hydrokoloidů ve 14. dni měření měly vyšší hodnotu relativní lepivosti než kontrolní vzorek, zatímco ve 30. dni měl roztíratelný sýr s hydrokoloidy ve většině případů relativní lepivost nižší než kontrolní vzorek. Během skladování se relativní lepivost vzorků s arabskou gumou snižovala, u vzorků s lokustovou gumou naopak zvyšovala a v případě κ-karagenanu nejprve docházelo ke snižování a následně k růstu relativní lepivosti.

Ze zjištěných hodnot relativní lepivosti naměřených sondou P40c u blokového a roztíratelného taveného sýra vyplývá, že sýr roztíratelný má mnohem vyšší relativní lepivost než sýr blokovaný. Maximální hodnoty relativní lepivosti roztíratelného sýra se pohybovaly v rozmezí 0,30 – 0,45 %, zatímco maximální hodnoty relativní lepivosti blokového sýra byly v rozmezí 0,11 – 0,14 %. Tyto hodnoty jsou v souladu s hodnotami zjištěnými sondou P20.

#### **6.2.6 Stanovení opětovné roztékavosti taveného sýra**

Podle stupnice roztékavosti po opětovném záhřevu tavených sýrů uvedené v kapitole 5.5 byly blokové a roztíratelné tavené sýry zařazeny do jednotlivých stupňů roztékavosti, jak ukazují tabulky 6 a 7.

Tabulka 6: Výsledné stupně roztékavosti blokových tavených sýrů s arabskou gumou (A), lokustovou gumou (L) a  $\kappa$ -karagenanem (KK) o koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % po 14 a 30 dnech skladování BKV označuje kontrolní vzorek blokového taveného sýra bez hydrokoloidů.

Tavený sýr a koncentrace hydrokoloidu	Stupeň roztékavosti, 14.den skladování	Stupeň roztékavosti, 30.den skladování
BKV	3	1
B_0,10 % A	3	1
B_0,20 % A	1	1
B_0,30 % A	3	-
B_0,40 % A	2	-
B_0,50 % A	1	1
B_0,10 % KK	1	3
B_0,20 % KK	1	1
B_0,30 % KK	1	3
B_0,40 % KK	-	1
B_0,50 % KK	3	1
B_0,10 % L	3	1
B_0,20 % L	1	4
B_0,30 % L	3	1
B_0,40 % L	1	1
B_0,50 % L	1	-

U blokových tavených sýrů po 14 dnech skladování byly zjištěny dvě skutečnosti. Část vzorků se roztékala do 10 % plochy a část vzorků byla spečena do 10 % plochy sýra. V případě vzorků s  $\kappa$ -karagenanem a lokustovou gumou převládalo spékání vzorku do 10 %. U vzorků taveného sýra s arabskou gumou byl poměr spékání do 10 % a roztékavosti do 10 % plochy vyrovnaný. U vzorků tavených sýrů po 30 dnech skladování docházelo po zahřátí ke spékání do 10 % plochy sýra a u třech vzorků došlo k nárůstu plochy do 10 %. Pokud srovnáme 14 a 30 denní blokové tavené sýry, pak zjistíme, že ve většině případů došlo ke spečení taveného sýra nebo byl vzorek nezměněn, ve třech případech pak došlo k roztékavosti do 10 % plochy sýra.

Zvyšující se koncentrace a typ aplikovaných hydrokoloidů nevykazuje významnější vliv na změnu tavitelnosti, stupně roztékavosti jsou různé.

Tabulka 7: Výsledné stupně roztékavosti roztíratelných tavených sýrů s arabskou gumou (A), lokustovou gumou (L) a  $\kappa$ -karagenanem (KK) o koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % po 14 a 30 dnech skladování. RKV označuje kontrolní vzorek roztíratelného taveného sýra bez hydrokoloidů.

Tavený sýr a koncentrace hydrokoloidu	Stupeň roztékavosti, 14.den skladování	Stupeň roztékavosti, 30.den skladování
RKV	5	5
R_0,10 % A	5	5
R_0,20 % A	4	-
R_0,30 % A	5	5
R_0,40 % A	5	4
R_0,50 % A	5	5
R_0,10 % KK	4	3
R_0,20 % KK	4	5
R_0,30 % KK	3	4
R_0,40 % KK	4	3
R_0,50 % KK	3	3
R_0,10 % L	4	4
R_0,20 % L	3	3
R_0,30 % L	3	3
R_0,40 % L	2	3
R_0,50 % L	3	3

Vzorky roztíratelných tavených sýrů po 14 i 30 dnech skladování vykazovaly po zahřátí roztékavost s nárůstem plochy do 10 % či nárůstem od 10 do 50 % plochy sýra.

Přídavek arabské gummy nejméně ovlivnil tavitelnost roztíratelného taveného sýra ve srovnání s kontrolním vzorkem, roztékavost zůstala na stejném stupni. V případě  $\kappa$ -karagenanu a lokustové gummy roztékavost o jeden či dva stupně klesla oproti kontrolnímu vzorku, po zahřátí docházelo k nárůstu do 25 % plochy sýra.

Zvyšující se koncentrace ani typ aplikovaného hydrokoloidu nevykazuje významnější vliv na změnu tavitelnosti roztíratelných tavených sýrů, stupně roztékavosti byly různé. Taktéž doba skladování významně neovlivnila roztékavost těchto tavených sýrů.

Zjištěné výsledky roztékavosti tavených sýrů ve druhém experimentu ukazují, že sýry roztíratelné mají větší schopnost roztékání než sýry blokové. Po zahřátí docházelo u roztíratelných sýrů k nárůstu plochy o 10 – 50 %, na rozdíl od sýrů blokových, kde byla roztékavost pouze do 10 % plochy sýra nebo docházelo k jejich spékání. Lepší roztékavost



roztíratelných tavených sýrů je dána nižší sušinou sýra, tedy vyšším obsahem vody a také větším procentem tuku v sušině.

## 7 DISKUZE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ

V rámci diplomové práce byly modelové vzorky blokových a roztíratelných tavených sýrů s různým obsahem sušiny a tuku v sušině a s aplikací různých druhů hydrokoloidů podrobeny základní chemické analýze, texturní analýze a testu roztékavosti po opětovném záhřevu.

Stanovená sušina blokových i roztíratelných sýrů potvrdila původně zamýšlené množství sušiny a umožnila tak vzájemné porovnání texturních vlastností. Dimitreli a Thomareis [8], ve své práci zjistili, že čím více tuku v sušině sýr obsahuje, tím se jeho tuhost snižuje a sýr se stává roztíratelnější.

V rámci základní chemické analýzy byla u vzorků blokových a roztíratelných tavených sýrů ve 14. a 30. dni stanovena hodnota pH. Bylo zjištěno, že po aplikaci hydrokoloidů došlo u blokového sýra v prvním experimentu ke zvýšení pH, zatímco u bloků v druhém experimentu byl zaznamenán pokles pH. U sýrů roztíratelných se pH po aplikaci hydrokoloidů zvyšovalo. Během skladování docházelo u bloků v prvním experimentu k poklesu pH, což může být způsobeno postupnou hydrolýzou polyfosforečnanových tavicích solí v taveném sýru, která nastává již při procesu tavení a během skladování pokračuje, jak ve své práci uvádí Schar a kol. [17]. U bloků a roztíratelných sýrů v druhém experimentu docházelo následným skladováním ke zvyšování pH. Bylo zjištěno, že roztíratelné tavené sýry mají vyšší pH než sýry blokové. Největší vliv na hodnotu pH blokového sýra měl  $\kappa$ -karagenan, zatímco u roztíratelného sýra lokustová guma. Stoupající koncentrace aplikovaných hydrokoloidů se na hodnotě pH blokových i roztíratelných tavených sýrů podílela různě a nedovolovala vyvodit žádný jednotný závěr.

Pomocí texturní profilové analýzy byla měřena tvrdost modelových vzorků blokového a roztíratelného taveného sýra. Z výsledků vyplývá, že aplikace hydrokoloidů zvýšila tvrdost blokových i roztíratelných sýrů. Zvyšující se koncentrace aplikovaných hydrokoloidů taktéž přispěla ke zvýšení tuhosti tavených sýrů, jak uvádí práce Brummel a Lee [44]. Na zvýšení tvrdosti taveného sýra se výrazně podílela i délka skladování. Awad a kol. [45] zmiňuje, že během skladování dochází k tunutí taveného sýra, které může být způsobeno změnami v chemických vlastnostech konečného výrobku. Schar a kol. [17] zmiňují, že během skladování se pevnost taveného sýra zvyšuje úbytkem vody a hmotnosti sýra. Velmi záleží na teplotě skladování, protože při vyšší (pokojové) teplotě je tvrdnutí

matrice sýra rychlejší. U blokových i roztíratelných vzorků sýra byl růst tvrdosti nejvíce patrný po aplikaci  $\kappa$ -karagenanu. Z naměřených výsledků bylo zjištěno, že po aplikaci hydrokoloidů byly roztíratelné sýry o mnoho měkčí než bloky. Tato charakteristika vychází ze složení taveného sýra. Roztíratelné tavené sýry obsahují větší podíl vody, respektive menší množství sušiny než sýry blokové. Na tvrdost taveného sýra má také vliv obsah tuku v sušině. Vzorky roztíratelného sýra mají vyšší množství tuku v sušině než bloky, jejich matrice je díky tomu měkčí. Tuto skutečnost ve své práci potvrzují i Dimitreli a Thomareis [8], kteří zjistili, že čím více tuku v sušině sýr obsahuje, tím je jeho struktura roztíratelnější.

Dalším měřeným parametrem v rámci texturní profilové analýzy byla soudržnost taveného sýra, která vyjadřuje pevnost vnitřních vazeb v potravíně. U blokových sýrů s hydrokoloidy v prvním experimentu byl zaznamenán výrazný pokles soudržnosti, zatímco u bloků a roztíratelných tavených sýrů ve druhém experimentu se soudržnost po aplikaci hydrokoloidů změnila pouze nepatrně. Typ aplikovaného hydrokoloidu ani zvyšující se koncentrace se na změně soudržnosti obou typů zkoumaných sýrů významně neprojevila. Během skladování docházelo ke snižování soudržnosti jak bloků, tak roztíratelných sýrů, což je v souladu s prací Awad a kol. [45]., která uvádí snížení soudržnosti během skladování a pouze nepatrné rozdíly mezi jednotlivými vzorky taveného sýra. Konečné srovnání hodnot soudržnosti blokových a roztíratelných sýrů vede k závěru, že bloky mají větší soudržnost než sýry roztíratelné.

Jako další měřený parametr v rámci texturní analýzy byla hodnocena lepivost taveného sýra, která vyjadřuje práci potřebnou k překonání přitažlivé síly mezi povrchem potraviny a povrchem jiného materiálu, s nímž přišla potravina do kontaktu. Po aplikaci hydrokoloidů bylo u blokových sýrů zaznamenáno snížení lepivosti, zatímco u roztíratelných sýrů byla lepivost zvýšena. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů neměla na lepivost bloků jednoznačný vliv, zatímco u roztíratelného sýra docházelo s rostoucí koncentrací ke zvyšování lepivosti. Nejvíce byla lepivost ovlivněna lokustovou gumou a  $\kappa$ -karagenanem. Skladováním tavených sýrů s hydrokoloidy byl zaznamenán vzestup lepivosti. Srovnání výsledků měření lepivosti roztíratelných a blokových tavených sýrů, vede ke zjištění, že roztíratelné tavené sýry jsou méně lepkavé než bloky. Dimitreli a Thomareis [8] ve své práci zjistili, že je lepivost blokového sýra ovlivněna obsahem tuku a vlhkosti. S klesajícím obsahem vlhkosti a tuku v sušině byla lepivost zvyšována.

Toto zjištění potvrzuje výsledek našeho měření, a to, že roztíratelný sýr má nižší lepivost než sýr blokový, protože roztíratelné sýry obsahovaly vyšší vlhkost a více tuku v sušině než bloky.

Posledním sledovaným texturním parametrem blokových a roztíratelných tavených sýrů byla relativní lepivost. Po aplikaci hydrokoloidů došlo ke snížení relativní lepivosti blokových sýrů, zatímco u roztíratelných sýrů byla lepivost u většiny vzorků zvýšena. Zvyšující se koncentrace hydrokoloidů neměla na relativní lepivost tavených sýrů jednoznačný vliv. Během skladování docházelo u blokových sýrů s hydrokoloidy k nárůstu relativní lepivosti. Relativní lepivost roztíratelných sýrů byla také ovlivněna dobou skladování. Výsledky byly značně rozporuplné, proto z nich nelze vyvodit jednoznačný závěr. Z naměřených hodnot relativní lepivosti vyplývá, že sýr roztíratelný má mnohem vyšší relativní lepivost než sýr blokový. Tato skutečnost může být dána obsahem sušiny a tuku v sušině, kdy podle Liu a kol. [41] získáváme s klesajícím obsahem sušiny a s rostoucím obsahem tuku v sušině méně kompaktní strukturu sýra. Tato studie uvádí, že vzorky s nižším obsahem sušiny vytváří měkkou a lepivou strukturu.

Modelové vzorky tavených sýrů byly podrobeny testu roztékavosti po opětovném záhřevu. Bylo zjištěno, že aplikace hydrokoloidů významně neovlivnila stupeň roztékavosti. Vzorky blokových sýrů měřené ve 14. dni skladování vykazovaly po záhřevu roztékavost do 10 % plochy sýra a část vzorků byla spečena do 10 % plochy sýra. U bloků po 30 dnech skladování docházelo u většiny vzorků ke spékání do 10 % plochy sýra. Roztíratelné tavené sýry měřené ve 14. i 30. dni skladování vykazovaly po záhřevu stupeň roztékavosti 3 – 5, což znamená nárůst plochy až o 50 %. Zvyšující se koncentrace ani druh aplikovaného hydrokoloidu nevykazoval významný vliv na změnu tavitelnosti blokových a roztíratelných tavených sýrů. Taktéž skladování se na změně roztékavosti tavených sýrů významně nepodílelo. Výsledky roztékavosti tavených sýrů ukázaly, že sýry roztíratelné mají větší schopnost roztékání než sýry blokové. Lepší roztékavost je dána nižší sušinou sýra, tedy vyšším obsahem vody a také větším procentem tuku v sušině.

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo vyrobit blokové a roztíratelné tavené sýry, aplikovat různé druhy hydrokoloidů s odlišnými koncentracemi a sledovat změny textury během skladování. Vzorky tavených sýrů byly podrobeny základní chemické analýze, texturní profilové analýze se zaměřením na texturní parametry: tvrdost, soudržnost, lepivost a relativní lepivost, a testu roztékavosti po opětovném záhřevu taveného sýra.

Z výsledků diplomové práce bylo možné vyvodit následující závěry:

- U tavených sýrů po aplikaci hydrokoloidů došlo ke zvýšení pH. Největší vliv na hodnotu pH blokového sýra měl  $\kappa$ -karagenan, zatímco u roztíratelného sýra lokustová guma.
- Tvrdost tavených sýrů byla aplikací hydrokoloidů, zvyšující se koncentrací a dobou skladování zvýšena. Růst tvrdosti byl nejvíce patrný po aplikaci  $\kappa$ -karagenanu. Bloky jsou tvrdší než sýry roztíratelné.
- Výrazný pokles soudržnosti byl zaznamenán u bloků s hydrokoloidy, zatímco u roztíratelných sýrů se soudržnost po aplikaci hydrokoloidů změnila pouze nepatrně. Bloky mají větší soudržnost než sýry roztíratelné.
- Po aplikaci hydrokoloidů bylo u blokových sýrů zaznamenáno snížení lepivosti, zatímco u roztíratelných sýrů byla lepivost zvýšena. Nejvíce byla lepivost ovlivněna lokustovou gumou a  $\kappa$ -karagenanem. Roztíratelné tavené sýry jsou méně lepkavé než bloky.
- Relativní lepivost blokových sýrů byla po aplikaci hydrokoloidů snížena, zatímco u roztíratelných sýrů byla u většiny vzorků zvýšena. Sýr roztíratelný má vyšší relativní lepivost než sýr blokový.
- Testem roztékavosti po opětovném záhřevu bylo zjištěno, že se blokový sýr po záhřevu roztékal či spékal do 10 % plochy sýra a roztíratelný tavené sýry vykazovaly po záhřevu nárůst plochy až o 50 %.

**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., KALÁB, M. Processed cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2. Major Cheese Groups*, 2. Elsevier Applied Science, London and New York, 1997.
- [3] FRANCIS, FREDERICK J. Wiley Encyclopedia of Food Science and Technology (2nd Edition) Volume 1-4. *Food Science*. 1999, p. 308-311. ISBN 978-0-471-19285-5.
- [4] BUŇKA, František, Leona BUŇKOVÁ a Stanislav KRÁČMAR. *Základní principy výroby tavených sýrů*. Brno, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8. Monografie. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
- [5] GUINEE, T.P., CARÍĆ, M., KALÁB, M. Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Volume 2. Major Cheese Groups*, 3. Elsevier Applied Science, London, 2004.
- [6] TAMIME, A.Y. *Processed cheese and analogues*. UK: Blackwell Publishing Ltd., 2011. ISBN 978-1-4051-8642-1.
- [7] PISKA, I. ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*, 2004, 61, p. 551-555.
- [8] DIMITRELI, G. THOMAREIS, A.S., Texture evaluation of block-type processed cheese as a function of chemical composition and in relation to its apparent viscosity. *Journal of Food Engineering*, 2007, 79, p. 1364-1373. ISSN 0260-8774.
- [9] OTOSAUS A., GUEMES-VERA N. Effect of  $\kappa$ - and  $\lambda$ -carrageenans as fat-replacers in low-fat Oaxaca cheese. *International Journal of Food Properties*. 2008, 11. ISSN 1094-2912.

- [10] MARCHESSEAU, S., GASTALDI, E., LAGAUDE, A., CUQ, J.L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 1997, 80, p.1483–1489.
- [11] LEE, S.K., KLOSTERMEYER, H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *Lebensm.-Wiss.und Technol.* 2001, 34, p. 288-292.
- [12] KAPOOR, R., METZGER, L.E. Process Cheese: Scientific and Technological Aspects – A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2008, vol. 7, no.2, p. 194-214.
- [13] MULSOW, B.B., JAROS, D., ROHM, H. *Processed Cheese and Cheese Analogues*. In Tamime, A.Y., *Structure of Dairy Products*, Blackwell Publishing Ltd, Oxford, 2007. p. 210-235.
- [14] BOWLAND, E.L., FOEGEDING, E.A., Small Strain Oscillatory Shear and Microstructural Analyses of a Model Processed Cheese. *Journal of Dairy Science*, vol. 84, p. 2372-2380.
- [15] BERGER, W. KLOSTERMAYER, H. MERKENICH, K., UHLMANN, G. *Processed Cheese Manufacture*. Ladenburg: BK Giulini Chemie GmbH and Co. OHG.
- [16] MACKŮ, I., Viskoelastické a senzorické vlastnosti tavených sýrů s přídavkem pektinu. disertační práce, FT UTB Zlín, 2009.
- [17] SCHAR, W., BOSSET, J.O., Chemical and Physico-chemical Changes in Processed Cheese and Ready-made Fondue During Storage, A Review. *LWT-Food Sci.Technol.*, 2002, 35, p. 15-20.
- [18] CONTARINY, G., POLOVO, M., LEARDI, R., TOPPINO, P.M. Influence of Heat Treatment on the Volatile Compounds of Milk. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1997, 45, p. 3171-3177.
- [19] ALVES, R. M. V., VAN DENDER, A. G. F., JAIME, S.B.M., MORENO, I., PEREIRA, B.C. Effect of light and packages on stability of spreadable processed cheese. *International Dairy Journal*, 2007, 17, p. 365-373.

- [20] VELÍŠEK, Jan. *Chemie potravin 1*. Vyd.1. Tábor : Osis, 1999. s. 352. ISBN 80-902391-3-7.
- [21] ČERNÍKOVÁ, Michaela, et al. *Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production*. *International Dairy Journal*. 2010, 20, s. 336-343.
- [22] PHILLIPS, G.O, ed. *Handbook of Hydrocolloids*. Boca Raton: CRC Press, 2000. ISBN:9780849308505.
- [23] THEVENET, Francis. *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents: Acacia Gum*. p. 11 - 30.
- [24] *Compendium of Food Additive Specifications. Addendum 5.: Additives* [online]. 52 Add.5. Roma: JECFA, 1997, p. 287 [cit. 2012-04-05]. ISBN 92-5-104023-0. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/W6355E/W6355E00.htm>.
- [25] *Industrial gums: Part X. Polyccharides*. Blackwell Publishing Retrieved, 2003, p. 659-712.
- [26] WILLIAMS P. A. and LANGDON M. J. The Influence of Locust Bean Gum and Dextran on the Gelation of  $\kappa$ -Carrageenan. *Biopolymers*. 1996, 38, p. 655-664
- [27] KAWAMURA, YOKO. *Carob bean gum: Chemical and Technical Assessment (CTA)*. [online]. 2008, 69th JECFA, p. 1-6 [cit. 2012-04-05]. Dostupné z: [http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/cta/69/Carob\\_bean\\_gum\\_CTA\\_69\\_.pdf](http://www.fao.org/ag/agn/agns/jecfa/cta/69/Carob_bean_gum_CTA_69_.pdf).
- [28] RIZZO, VALERIA, FILIPPO TOMASELLI, ALESSANDRA GENTILE, STEFANO LA MALFA, EMANUELE MACCARONE. Rheological Properties and Sugar Composition of Locust Bean Gum from Different Carob Varieties (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2004, vol. 52, no. 26, p. 7925-7930.
- [29] RICHARDSON, P. H., A. H. CLARK, A. L. RUSSELL, P. AYMARD a I. T. NORTON. Galactomannan Gelation: A Thermal and Rheological Investigation Analyzed Using the Cascade Model. *Macromolecules*. 1999, 32.
- [30] Pressure Cell Assisted Solution Characterization of Polysaccharides. 2. Locust Bean Gum and Tara Gum, *Biomacromolecules*, 2002, 3, p. 61-767. ISSN:1525-7797.



- [31] CHUGH, DENNIS J. *A guide to the seaweed industry* [online]. Rome: FAO FISHERIES TECHNICAL PAPER 441, 2003, p. 118 [cit. 2012-04-05]. ISBN 92-5-104958-0. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/006/y4765e/y4765e00.htm>.
- [32] LEWIS, RICHARD J., SR. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*. 14th Edition. John Wiley & Sons, 2002. ISBN 978-0-471-38735-0.
- [33] ARLTOFT, D., IPSEN, R., MADSEN, F., VRIS, J. Interactions between carrageenans and milk proteins. *Biomacromolecules*, 2007, 8, p. 792-736.
- [34] COLLEN, Pi Nyvall, et al. *Enzymatic Degradation of  $\kappa$ -Carrageenan in Aqueous Solution*. *Biomacromolecules*. 2009, 10, 7, p. 1757–1767.
- [35] BŘEZINA, P., JELÍNEK, J. *Chemie a technologie mléka*. Praha: VŠCHT, 1990. ISBN 80-7080-075-5.
- [36] BASI SOLEIMAN, ERIC DICKINSON. Gelation of  $\iota$ -Carrageenan and Micellar Casein Mixtures under High Hydrostatic Pressure. *J. Agric. Food Chem.* 2004, 52, p 1705-1714.
- [37] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., LAUNAY, B., MICHON, C., PARKER, A., DE KRUIF, C.G. Casein micelle/ $\iota$  carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*, 1999, 13, p. 211 – 218.
- [38] LYNCH, M., MULVIHILL, D. Rheology of  $\iota$ -carrageenan gels containing caseins. *Food Hydrocolloids*, 1996, 10, p. 151–157.
- [39] ČSN EN ISO 5534, *Sýry a tavené sýry – Stanovení obsahu celkové sušiny (Referenční metoda)*, Český normalizační institut, 2005, 12 s.
- [40] SEVEROVÁ, M., BŘEZINA, P. *Návody pro laboratorní cvičení z analýzy potravin*. Vyškov: VVŠ PV, 1998, 83 s. ISBN 80-7231-022-4.
- [41] LIU, H., XU, X.M., GUO, S.D. *Comparison of full-fat and low-fat cheese analogues with or without pectin gel through microstructure, texture, rheology, thermal and sensory analysis*. *International Journal of Food Science and Technology*, 2008, 43, p. 581-1592.

- [42] MUTHUKUMARAPPAN, K., WANG, Y. C., GUNASEKARAN, S. Short communication: Modified Schreiber Test for evaluation of mozzarella cheese meltability. *Journal of Dairy Science*. 1999, 82, p. 1068-1071.
- [43] SLAVÍKOVÁ, Š. Ternární směsi vybraných fosforečnanů a jejich vliv na texturní vlastnosti tavených sýrů. bakalářská práce, FT UTB Zlín, 2011.
- [44] BRUMMEL, S.E., LEE, K. Soluble Hydrocolloids Enable Fat Reduction in Process Cheese Spreads. *J. Food Sci.*, 1990, vol. 55, no. 5, p. 1290-1292.
- [45] AWAD, R.A., ABDEL-HAMID, L.B., EL-SHABRAWY, S.A. SINGH, R.K. Texture and Microstructure of Block Type Processed Cheese with Formulated Emulsifying Salt Mixtures. *Lebensm. Wiss. und Technol.*, 2002, 35, p. 54-61, ISSN 0023-6438.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

A	Arabská guma
B	Blokový tavený sýr
F <sub>T</sub>	Tvrlost (hardness)
IK	ι-karagenan
KK	κ-karagenan
KV	Kontrolní vzorek
L	Lokustová guma
P20	Cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm
P100	Desková nerezová sonda o průměru 100 mm
P40c	Kónická sonda o úhlu 40°
R	Roztíratelný tavený sýr
w/w	Hmotnostní procento

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obrázek 1: Působení tavicích solí na sýr, výměna iontů vápníku za ionty sodíku [6] .....</i>	<i>17</i>
<i>Obrázek 2: Část hlavního řetězce arabské gumy [20] .....</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 3: Základní struktura galaktomannanu (Galp označuje galaktopyranózu, Manp označuje manropyranózu) [20] .....</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 4: Strukturní vzorec lokustové gumy [27] .....</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 5: Primární struktura karagenanu [20] .....</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 6: Základní chemická struktura <math>\kappa</math>-karagenanu, <math>\iota</math>-karagenanu .....</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 7: Křivka texturní profilové analýzy pro tavený sýr, vytvořená pomocí softwaru Texture Exponent Lite (Stable Micro Systems Ltd) [41] .....</i>	<i>42</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Obsah karagenanů ve vybraných červených řasách [31] .....</i>	28
<i>Tabulka 2: Typ karagenanu a struktura jeho řetězce [20] .....</i>	28
<i>Tabulka 3: Schopnost tvorby gelu karagenanů [31] .....</i>	33
<i>Tabulka 4: Stupnice pro hodnocení roztékavosti tavených sýrů po opětovném záhřevu [43] .....</i>	43
<i>Tabulka 5: Výsledné stupně roztékavosti blokových tavených sýrů s <math>\kappa</math>-karagenanem (KK) a <math>\iota</math>-karagenanem (IK) o koncentracích 0,05 %, 0,15 % a 0,25 % po 14 dnech skladování .....</i>	50
<i>Tabulka 6: Výsledné stupně roztékavosti blokových tavených sýrů s arabskou gumou (A), lokustovou gumou (L) a <math>\kappa</math>-karagenanem (KK) o koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % po 14 a 30 dnech skladování BKV označuje kontrolní vzorek blokového taveného sýra bez hydrokoloidů .....</i>	77
<i>Tabulka 7: Výsledné stupně roztékavosti roztíratelných tavených sýrů s arabskou gumou (A), lokustovou gumou (L) a <math>\kappa</math>-karagenanem (KK) o koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % po 14 a 30 dnech skladování. RKV označuje kontrolní vzorek roztíratelného taveného sýra bez hydrokoloidů .....</i>	78

**SEZNAM GRAFŮ**

- Graf 1: Naměřená hodnota pH pro blokový tavený sýr s použitím  $\kappa$ -karagenanu (KK) a  $\iota$ -karagenanu (IK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 % a 0,25 % ve 14. a 30. dni skladování. KV označuje kontrolní vzorek bez hydrokoloidu. ....45*
- Graf 2: Naměřené hodnoty tvrdosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BKV.....46*
- Graf 3: Naměřené hodnoty kohezivnosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BK.....47*
- Graf 4: Naměřené hodnoty lepivosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BKV.....48*
- Graf 5: Naměřené hodnoty relativní lepivosti ve 14. dni skladování v závislosti na přídatku hydrokoloidů  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu (IK, KK) v koncentracích 0,05 %, 0,15 %, 0,25 %. K měření byly použity tři typy sond: P20 – cylindrická nerezová sonda o průměru 20 mm, P40c – kónická sonda o úhlu 40°, P100 – desková nerezová sonda o průměru 100 mm. Kontrolní vzorky jsou označeny jako BK.....49*
- Graf 6: Naměřená hodnota pH pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gummy (A), lokustové gummy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování. BKV označuje kontrolní vzorek blokového taveného sýra bez hydrokoloidu.....52*

- Graf 7: Naměřená hodnota pH pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování. RKV označuje kontrolní vzorek roztíratelného taveného sýra bez hydrokoloidu.....53*
- Graf 8: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....54*
- Graf 9: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....55*
- Graf 10: Naměřená tvrdost pro blokový tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....56*
- Graf 11: Naměřená tvrdost pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....57*
- Graf 12: Naměřená tvrdost pro roztíratelný tavený sýr s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....58*

- Graf 13: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra.....59*
- Graf 14: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra.....60*
- Graf 15: Naměřená soudržnost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....61*
- Graf 16: Naměřená soudržnost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....62*
- Graf 17: Naměřená soudržnost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....63*
- Graf 18: Naměřená lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....65*



- Graf 19: Naměřená lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....66*
- Graf 20: Naměřená lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....67*
- Graf 21: Naměřená lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....68*
- Graf 22: Naměřená lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....69*
- Graf 23: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....71*
- Graf 24: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....72*

- Graf 25: Vypočtená relativní lepivost blokového taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí deskové nerezové sondy o průměru 100 mm (P100). BK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....73*
- Graf 26: Vypočtená relativní lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí cylindrické nerezové sondy o průměru 20 mm (P20). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....74*
- Graf 27: Vypočtená relativní lepivost roztíratelného taveného sýra s aplikací arabské gumy (A), lokustové gumy (L) a  $\kappa$ -karagenanu (KK) v koncentracích 0,10 %, 0,20 %, 0,30 %, 0,40 % a 0,50 % ve 14. a 30. dni skladování, měřená pomocí kónické sondy o úhlu 40° (P40c). RK označuje kontrolní vzorek taveného sýra bez hydrokoloidu.....75*