

Vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů

Bc. Pavel Novák

Diplomová práce
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Novák**

Osobní číslo: **T11123**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin -
specializace Technologie mléka a mléčných výrobků**

Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní
vlastnosti tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Popište výrobu tavených sýrů a charakterizujte tuto výrobovou skupinu.
2. Charakterizujte strukturu, vlastnosti a využití agarů, karagenanů a pektinů se zaměřením na použití do mléčných výrobků.
3. Zabývejte se interakcemi agarů, karagenanů a pektinů s bílkovinami a pokuste se vyvodit závěry pro interakce s kaseinovými bílkovinami.

II. Praktická část

1. Vytvořte modelové vzorky tavených sýrů s přidavkem různých koncentrací agaru, karagenanu a pektinů s různým stupněm esterifikace (methylestery).
2. Stanovte texturní vlastnosti a pH modelových vzorků.
3. Vyhodnoťte výsledky a formulujte závěry.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

- [1] GUINEE, T.P. Pasteurized processed cheese products. In Roginski, H., Fuquay, J.W., Fox, P.F. Encyklopedia of Dairy Science, Volume 1. London: Elsevier Science, 2003, 411 – 418.
- [2] FERNANDES, Rhea. Dairy products. Cambridge: Leatherhead Publishing, c2009, xiii, 173 s. ISBN 978-1-9052-2462-3.
- [3] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., & LUCEY, J. A. (2010). Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. Journal of Dairy Science, 93, 2827–2837.
- [4] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2010, 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [5] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 1. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 8086659003.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Gabriela Nagypová

Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce:

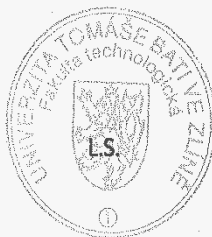
16. ledna 2013

Termín odevzdání diplomové práce:

2. května 2013

Ve Zlíně dne 4. února 2013


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




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

Příjmení a jméno: NOVÁK PAVEL

Obor: THEVP-ML

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně 30.4.2013

Novák Pavel

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ABSTRAKT

Cílem této práce bylo zkoumat vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů. Modelové vzorky tavených sýrů se vyráběly s přidavkem hydrokoloidu v koncentraci 0 - 1 % w/w (agar, κ -karagenan a pektin s různým stupněm esterifikace) s koncentračním posunem 0,05 %. 1., 7. a 30. den skladování se při teplotě 6 ± 2 °C sledovaly hodnoty tvrdosti, relativní lepivosti a kohezivnosti. Pro možnost porovnání jednotlivých výrob bylo zařazeno i měření pH a obsahu sušiny. Z naměřených výsledků se zjistilo, že se tvrdost tavených sýrů zvyšovala s rostoucí koncentrací všech použitých hydrokoloidů i s délkou jejich skladování. Hodnoty relativní lepivosti tavených sýrů se snižovaly s rostoucí koncentrací a s délkou jejich skladování. Na kohezivnost tyto hydrokoloidy neměly podstatný vliv.

Klíčová slova: tavený sýr, tavicí soli, agar, karagenan, pektin, texturní profilová analýza

ABSTRACT

The aim of this work was monitoring the effect of selected hydrocolloids concentration on processed cheese textural properties. Model samples of processed cheese were produced with hydrocolloids addition at a concentration between 0 - 1% w/w (agar, κ -carrageenan and pectin with varying degrees of esterification) with a concentration of 0.05% offset. Hardness values, relative stickiness, cohesiveness, dry matter and pH were measured after 1., 7. and 30. days of storage at a temperature between 6 ± 2 °C. pH and content of dry matter measurements were incorporated for individual production comparing. It was found that the hardness of processed cheese increased with increasing concentrations of all the hydrocolloids and even the length of their storage. The value of the relative adhesiveness of processed cheese decreased with increasing concentration and the length of their storage. These hydrocolloids do not have substantial influence on cohesiveness values.

Keywords: processed cheese, emulsifying salt, agar, carrageenan, pectin, texture profile analysis

Rád bych poděkoval vedoucí mé diplomové práce Ing. Gabriele Nagyové za odbornou pomoc, konzultace při vytváření této práce, pomoc s realizací praktické části a vyhodnocování jejich výsledků. Dále bych chtěl poděkovat všem přítomným, kteří se podíleli na výrobě modelových vzorků tavených sýrů.

V neposlední řadě bych rád poděkoval doc. Ing. Františku Buňkovi, PhD. za odborné vedení, rady a připomínky při sestavování této diplomové práce.

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

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 TAVENÉ SÝRY	11
1.1 CHARAKTERISTIKA.....	11
1.2 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ	12
1.3 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ	13
1.4 CHARAKTERISTIKA TAVICÍCH SOLÍ.....	15
1.4.1 Funkce tavicích solí.....	16
1.4.2 Druhy tavicích solí	18
2 HYDROKOLOIDY	20
2.1 AGAR	20
2.2 KARAGENANY	21
2.3 PEKTIN	24
3 INTERAKCE KASEINOVÝCH MICEL S VYBRANÝMI HYDROKOLOIDY	28
3.1 INTERAKCE AGARU S MICELAMI KASEINU	28
3.2 INTERAKCE KARAGENANU S MICELAMI KASEINU	28
3.3 INTERAKCE PEKTINU S MICELAMI KASEINU	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 CÍL PRÁCE	33
5 METODIKA PRÁCE	34
5.1 POPIS EXPERIMENTU.....	34
5.2 VÝROBA MODELOVÝCH VZORKŮ.....	34
5.3 TEXTURNÍ PROFILOVÁ ANALÝZA	35
5.4 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA	36
6 VÝSLEDKY	38
6.1 VÝSLEDKY CHEMICKÉ ANALÝZY	38
6.2 VÝSLEDKY TEXTURNÍ PROFILOVÉ ANALÝZY	38
6.2.1 Tvrdost	38
6.2.2 Relativní lepivost	55
6.2.3 Kohezivnost.....	57
6.3 SOUHRNNÁ DISKUZE	60
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	71
SEZNAM OBRÁZKŮ	72
SEZNAM TABULEK	73
SEZNAM GRAFŮ	74
SEZNAM PŘÍLOH	76

ÚVOD

Tavené sýry jsou mléčné výrobky, které zaujímají široký sortiment na trhu ke spokojenosti konečných zákazníků. Vyskytují se v mnoha variantách, ať už podle ochuzující složky, velikosti spotřebitelského balení a v neposlední řadě podle obsahu tuku v sušině. Výhodou tavených sýrů je, že se dovedou zhodnotit i přírodní sýry, které nesplňují senzorické a nutriční limity. Nevýhoda tavených sýrů, která se v posledních letech více a více sleduje, je zvýšený obsah fosforu, který dodávají fosforečnanové tavicí soli. Přírodní sýry obsahují vyrovnaný poměr vápníku k fosforu, což je pro lidský organismus důležité vzhledem k jeho vstřebávání a ukládání do kostí a zubů. Tavené sýry mají tento poměr výrazně na straně fosforu. To, jak zmírnit tento nevhodný poměr u tavených sýrů, bylo zkoumáno mnoha autory a jednou z možností je snížit množství přidávaných tavicích soli a nahradit je hydrokoloidy, které podpoří vznik požadované textury taveného sýra.

Cílem této diplomové práce bylo zkoumat vliv koncentrace vybraných hydrokoloidů na texturní vlastnosti tavených sýrů.

Tato práce je tvořena ze dvou částí a to teoretické a praktické. Teoretická část pojednává o historii, charakterizaci tavených sýrů a jejich výrobě. V další kapitole je popisována charakteristika, struktura a tvorba gelu u agaru, karagenanu a pektinu a poslední kapitola se zabývá interakcemi mezi těmito hydrokoloidy a micelami kaseinu. Praktická část se věnuje výrobě modelových vzorků tavených sýrů s přídavkem vybraného hydrokoloidu v rozmezí 0 - 1 % (w/w) s koncentračním posunem 0,05 %, srovnání vyrobených vzorků pomocí chemické analýzy (stanovení hodnoty pH a obsahu sušiny) a měření texturní profilové analýzy (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost), která byla sledována vždy v pravidelných časových intervalech a to 1., 7. a 30. den skladování.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

1.1 Charakteristika

Pokusy o zvýšení trvanlivosti sýrů během dvacátého století byly inspirovány výrobou přenosných produktů o vyšší stabilitě a existenci vyhřívaných sýrových jídel, jako jsou švýcarské fondue, francouzský Welh rarebit a německý Kochkäse. Mnoho z těchto pokusů bylo neúspěšných, protože tepelně zpracované sýry byly nestabilní, což se projevovalo např. vyvstáváním tuku během chlazení a skladování. V roce 1911 švýcarští pracovníci Walter Gerber a Fritz Stettler vyrobili stabilní, tepelně ošetřený výrobek z ementálu, známý jako Shachtelkäse, za přídavku tavicí soli citranu sodného. Následně bylo zjištěno, že i další sýry mohou být také zpracovávány za vzniku stabilních produktů s přídavkem dalších tavicích solí (např. fosforečnan sodný) nebo v různých směsích [1].

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., v platném znění definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. Dále je v této vyhlášce definován obsah sušiny, který musí minimálně z 51 hmot. % pocházet z přírodního sýra. Pokud výrobek obsahuje více jak 5 % laktózy, nemůže být výrobek označen jako tavený sýr, ale jako tavený sýrový výrobek [2].

Tavené sýry vznikají další technologickou úpravou sýrů přírodních. Podle další definice jsou tavené sýry vyráběné zahříváním směsi různých druhů přírodních sýrů, které mohou být v různém stupni prozrálosti, s tavicími solemi za částečného podtlaku a stálého míchání, než je dosažena homogenní hmota požadovaných vlastností [3,4,5].

Tavené sýry je možné dělit z celé řady hledisek. Jedno z nejčastějších je dělení podle obsahu tuku v sušině. Výše zmíněná vyhláška rozděluje tavený sýr podle obsahu tuku v sušině a to [2]:

- nízkotučný – tavený sýr s obsahem tuku v sušině nejvýše 30 % (w/w)
- vysokotučný - tavený sýr s obsahem tuku v sušině nejméně 60 % (w/w)

Podle Formana a kol. [6] se dělí tavené sýry do čtyř skupin a to na vysokotučné s obsahem tuku v sušině 60 až 70 % (w/w), plnotučné s obsahem tuku v sušině 45 až 55 % (w/w), polotučné s obsahem tuku v sušině 40 % a méně a nízkotučné do 20 % (w/w) tuku v sušině. Pavelka [3] dělí tavené sýry rovněž do čtyř skupin se stejným názvem,

ale do skupiny nízkotučných zařazuje tavené sýry s obsahem tuku v sušině 30 % (w/w) a méně [3,6].

Další možné dělení lze vztáhnout dle použité tavicí teploty. Jedná se o tavené sýry, u nichž byla použita teplota během tavení 85 – 95 °C, které mají dobu trvanlivosti 1 - 3 měsíce. Dalším typem jsou sterilované tavené sýry, kdy byla použita teplota obvykle okolo 135 °C, jejichž trvanlivost je 30 měsíců, popř. i déle [3,7,8].

Podle použitých sýrů je můžeme dále rozdělit na jednodruhové a směsné. Druhové jsou takové, kdy na použité surovině převažuje jeden deklarovaný druh sýra, například tavený Primátor, tavená Niva, apod. Většinou se však jedná o tavené sýry směsné, ve kterých je jako základní surovina použita směs různých sýrů tak, aby výsledné vlastnosti taveného sýra odpovídaly danému požadavku. Vyhláška č. 77/2003 Sb., v platném znění rozlišuje tavené sýry na druhově pojmenované a druhově nepojmenované, přičemž jejich charakteristiky jsou uvedeny v příloze I této práce [2,3,8].

Tavené sýry je možno vyrobit v různé konzistenci. Základem je, že konzistence vždy musí být stejnorodá, kompaktní a hladká. Nesmí být krupičkovitá, nebo písčitá. Vlastní konzistence však může být značně rozdílná od pevné, lomivé, přes snadno roztíratelnou, krémovitou až hustou tekutou. Ta je ovlivněna zralostí přírodních sýrů (stupeň proteolýzy), pH taveniny, typem a koncentrací tavicích solí (sodné soli fosforečnanů, polyfosforečnanů, citronanů), obsahem tuku, sušiny, přítomností a koncentrací iontů (zejména vápník, sodík a draslík), zpracováním (teplota tavení, rychlost míchání, doba ohřevu, rychlost chlazení a teplota skladování) [1,3,4,10,11].

1.2 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Hlavními surovinami pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry různého stupně zralosti, tavicí soli, voda, mléčné a nemléčné ingredience. Na výrobu tavených sýrů se mohou používat přírodní sýry, které mají vzhledové vady (jsou mechanicky poškozené při výrobě a manipulaci), ty které nesplňují požadavky na obsah tuku a tuku v sušině. Sýry s jinými vadami, a to hlavně mikrobiálními, by se na výrobu tavených sýrů používat neměly, zejména jedná-li se o sporující mikroorganismy a plísně z důvodu mykotoxinů. Dalšími surovinami pro výrobu tavených sýrů vedle přírodních sýrů a tavicích solí jsou mléčné proteinové složky (např. tvaroh, kasein, kaseináty, sušené mléko, sušená syrovátka, koprecipátů, rework – tavený sýr (nátavek), který je opětovně použit

jako surovina do výroby další šarže taveného sýra). Tvaroh se přidává z důvodu zvýšení tukuprosté sušiny a zdroje nerozloženého (intaktního) kaseinu, u kterého neproběhly rozsáhlé hydrolyzační procesy a to vede k získání požadované struktury taveného sýra v procesu tavení. Rovněž se může přidat mléčný tuk (máslo, smetana), pitná voda, u ochucených sýrů různé ochucující přísady (šunka, žampiony a další), hydrokoloidy (agar, pektin, karagenan, arabská guma a další) [3,4,7,12,13,14,15,16,17].

1.3 Výroba tavených sýrů

Tavené sýry se v České republice většinou vyrábí diskontinuálně v tzv. tavicích kotlích.

Technologický postup zahrnuje výběr složek a jejich přípravu (očistění, omytí, oškrábání) podle připravené receptury, rozemletí, určení tavicích solí, promíchání, tavení, formování, balení, chlazení a skladování [3].

Hlavní význam výroby tavených sýrů je v tom, že technologie umožňuje dobře hodnotit ty sýry, které jsou chuťové bezchybné, ale po vzhledové stránce však nevyhovujícího typu. Používají se různé druhy v různém stupni zralosti a poměru tak, aby bylo dosaženo požadované chuti i konzistence. Při výrobě jsou používány jak mladé sýry (pro zajištění požadované struktury), tak sýry zralé (poskytující chuť). Čištění obvykle zahrnuje odstranění zrací fólie, povrchové kontaminace nebo kůry pomocí škrabky. Sýry s větší hmotností se musí rozkrájet na menší kusy. Takto připravené sýry se řežou na řezačkách, melou na kutrech a nakonec rozetřou na velmi jemné částice na válcových mlýnech [1,3,4,18,19].

Do tavených sýrů lze přidávat maximálně $20\ 000\ \text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ tavicích solí ve formě fosforečnanů (vyjádřeno jako obsah P_2O_5). Toto množství odpovídá použití zhruba 3,5 % w/w tavicích solí na celkovou hmotnost vyrobeného produktu. Podmínkou správného tavení je přídavek 2 - 3 % (w/w) tavicích solí. Při vyšších koncentracích mohou způsobit nevhodnou konzistenci, vznik hořké příchutě nebo vytváření krystalů tavicích solí. Druh a množství tavicích solí přidaných do směsi surovin závisí na jejich vlastnostech. Optimální konečné pH roztíratelného výrobku je okolo hodnoty 5,6 - 6,1 [1,3,8,20,21,22,23].

Další velice důležitou operací při výrobě tavených sýrů je smíchání surovin. Smíchání má dva hlavní účinky [1]:

1. umožňuje fyzikálně-chemické změny, které vznikají v průběhu zpracování (např. absorpce vody na proteiny), která se uskuteční již při nižší teplotě před tavením.
2. vede k více jednotné jakosti konečného produktu

Pro vlastní tavení je typické pořadí přidávání jednotlivých složek. Nejprve sýr, suchá směs tavicích solí, další mléčné složky, voda a nakonec ochucující složky ve snaze minimalizovat ztrátu těkavých látek. Pokud je doba tavení poměrně krátká (několik sekund), může být předem tavicí sůl rozptýlena v části vody. To sníží potřebný čas pro tavicí soli rozpustit se a tím se zvyšuje účinnost tavicí soli v podpoře fyzikálně-chemických změn. Vlastní tavení probíhá v tavičkách, které mají parou vyhřívaný plášť i přímý vstřík páry a nůž, který zajišťuje intenzivní míchání. Je možný přídavek vody při tavení a proces probíhá za vakua. Teplota tavení se pohybuje v rozmezí 85 – 95 °C po dobu 4 – 15 min. Roztíratelné sýry vyžadují vyšší teploty, delší dobu tavení s intenzivnějším mícháním a vyšší přídavek tzv. nátavku (sýra z předchozího tavení). Roztíratelné sýry by měly být po zabalení co nejrychleji vychlazeny [1,17].

Tavení sýrů lze realizovat i kontinuálním způsobem. Suroviny se nadávkuje do tavicích kotlů, zhomogenizují se a vzniklá směs se v tomto případě taví pomocí přímé páry. Steriluje se při teplotě okolo 135 °C a odpařením části vody za podtlaku se chladí na 80 - 90 °C. Horká tavenina se dávkuje, formuje a balí do forem předem vyložených hliníkovou fólií. Během procesu tavení se za účinku míchání a teploty začínají navazovat polyvalentní anionty přes vápenaté ionty na proteiny, v důsledku se zvýší hydrofilní charakter. Následným navázáním vody roste viskozita a dochází k tzv. krémování. Při procesu krémování se vyrovnávají přitažlivé a odpudivé síly matrice taveného sýra. Přitažlivé síly jsou zastoupeny vápenatými můstky, fosforečnano-vápenatými komplexy, disulfidovými můstky, vodíkovými vazbami, elektrostatickými a hydrofobními interakcemi. Kromě výše zmíněných přitažlivých sil zde můžeme identifikovat i síly odpudivé, jež jsou představovány především elektrostatickými interakcemi v důsledku převažujícího negativního náboje na přítomných kaseinech. [3,15,23].

Tavicí teplota se za stálého míchání udržuje zpravidla několik desítek sekund. Po kontrole vlastností se tavenina balí. Tavenina se čerpá do zásobníku balicího stroje. Její teplota

by neměla klesnout pod 65 °C a to jednak z důvodu neúměrného zvýšení viskozity (potíže s dopravou, možnost zahřetení vzduchu), ale hlavně ztráty terminačního účinku [19].

1.4 Charakteristika tavicích solí

Běžně není možné zahřívat přírodní sýr ani jejich směs za účelem tepelného ošetření na 85 - 95 °C, aniž by se směs nerozdělila na 3 fáze – vysrážený protein, vodní fázi a oddělený volný tuk. Došlo by k destrukci membrány na povrchu tukových kuliček a následně ke shlukování tukových kuliček do větších formací. Vlivem nízkého pH a vysoké teploty by následovala agregace, což by vedlo k oddělení fází. Úspěšnou výrobu tavených sýrů umožňuje použití tavicích solí obvykle v množství 2 - 3 % (w/w) [1,17].

Tavicí soli jsou, podle Vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních činidel při výrobě potravin, látky měnící vlastnosti proteinů při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování tuku [20].

Tavicí soli jsou důležitým faktorem ovlivňujícím funkční vlastnosti tavených sýrů. Tyto soli obvykle obsahují monovalentní kation (sodný, draselný) a polyvalentní anion (citronan, fosforečnan). V současné době existují 4 kategorie tavicích solí používané při výrobě tavených sýrů: citrany, monofosforečnany, difosforečnany a polyfosforečnany. Každá skupina uděluje specifické vlastnosti konečnému produktu viz. Tab. 1 [1,24,25,26].

Tab. 1 Běžně používané tavicí soli a jejich obecné vlastnosti vztažené k fyzikálně chemickým změnám během zpracování [upraveno podle 1]

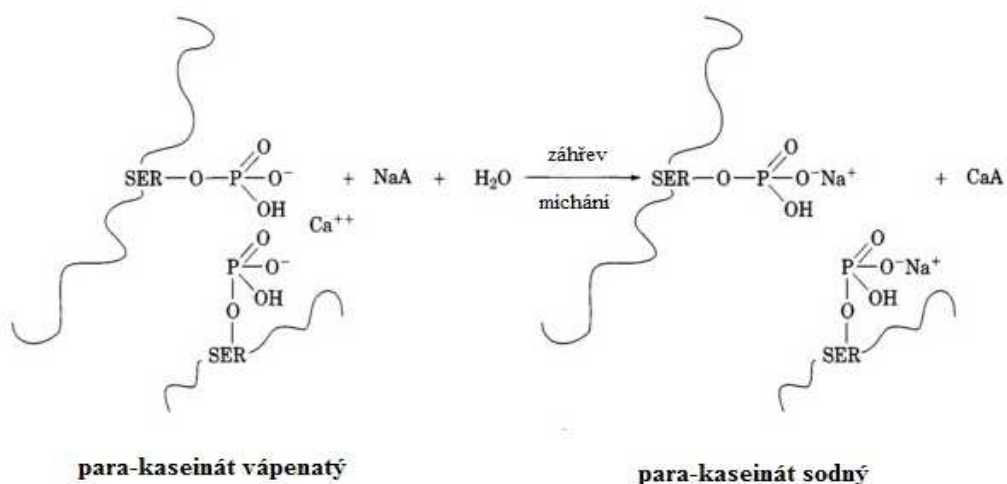
Skupina	Forma	E-kód	Chemický vzorec	Fyzikálně-chemické změny při zpracování			
				Odštěpování vápníku	Pufrovací schopnost	Hydratace para-kaseinu	Emulgační schopnost tuku
Citrany	Citran sodný	E 331	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$	Nízké	Vysoká	Nízká	Nízká
Monofosforečnany	Dihydrogenfosforečnan sodný	E 339 (i)	NaH_2PO_4	Slabé	Vysoká	Nízká	Nízká
	Fosforečnan disodný	E 339 (ii)	Na_2HPO_4				
	Fosforečnan trisodný	E 339 (iii)	Na_3PO_4				
Difosforečnany	Disodné	E 450 (i)	$\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$	Střední	Střední	Velmi vysoká	Velmi vysoká
	Trisodné	E 450 (ii)	$\text{Na}_3\text{HP}_2\text{O}_7$				
	Tetrasodné	E 451 (iii)	$\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$				
Polyfosforečnany	Tripolyfosforečnan pentasodný	E 451 (i)	$\text{Na}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$	Vysoké	Nízká	Vysoká	Velmi vysoká
	tetrapolyfosforečnan sodný		$\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$				
	Polyfosforečnany sodné s dlouhým řetězcem	E 452 (i)	$\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ ($n = 10-25$)	↓ Velmi vysoké	↓ Velmi nízká	↓ Nízká	↓ Nízká

1.4.1 Funkce tavicích solí

I když tyto soli nejsou emulgátory, podporují za pomoci tepla a míchání řadu fyzikálně-chemických změn v sýrové směsi, které vedou k rehydrataci agregované matice para-kaseinátu a jeho přeměny na aktivní emulgační činidlo. Tyto změny zahrnují výměnu vápenatých iontů, zvýšení a stabilizaci (pufraci) pH, hydrataci (solvataci) a rozptýlení para-kaseinátu, emulgaci volného tuku. Mikrostrukturu taveného sýra lze charakterizovat jako stabilní emulzi olej ve vodě, která je podporována gelovou sítí hydratovaných a emulgovaných bílkovin. Přispívají tak k vytvoření hladkého, homogenního a stabilního produktu [1,12,25,26].

Kaseiny, popř. jejich hydrolytické štěpy, tvořící prostřednictvím vápenatých můstků trojrozměrnou síť přírodního sýra, nemohou díky těmto vazbám využít své vlastnosti emulgátorů. Úlohou tavicích solí při zpracování je zlepšit emulgační schopnosti proteinů sýra (kaseinu). V kombinaci s teplem a mícháním dojde k výměně vápenatých iontů za sodné, čili z para-kaseinátu vápenatého vznikne para-kaseinát sodný, kdy sodné soli kaseinu jsou rozpustnější než vápenaté (schematicky znázorněno na obr. 1). Tato výměna

iontů je vysvětlena tím, že vápenaté ionty jsou od kaseinu přitahovány k fosforečnanům vyššími elektrostatickými silami než do té doby vázané sodné ionty. Díky tomu dojde k uvolnění sodných iontů z fosforečnanů a ty se váží na kasein. Tento jev, označovaný jako peptizace, zvyšuje vaznost vody bílkovin, odhalují se jejich polární hydrofilní a hydrofobní nepolární části, a to umožňuje, aby kaseiny fungovaly jako emulgátory na rozhraní voda - olej. Tavicí soli tedy nejsou emulgátory, ale emulgační činidla. Disperze a hydratace kaseinu přispěje jak k emulgaci povrchu rozptýlené volných tukových kuliček, tak imobilizaci velkého množství vody a během chlazení se vytvoří nová matrice sýra. Stupeň odštěpování vápníku závisí na podmínkách zpracování, typu a množství tavicí soli [1,15,17,24,27].



Obr. 1 Schematické znázornění výměny iontů [15]

Další důležitou vlastností tavicích solí je zvýšení a pufrace pH. Roztíratelné tavené sýry jsou vyrobeny v úzkém rozsahu pH 5,6 - 6,1. Použití správné směsi tavicích solí obvykle posune hodnotu pH směsi určené k tavení z 5,0 - 5,5 na 5,6 - 6,1, které je vhodné pro roztíratelné tavené sýry. Navíc tuto hodnotu stabilizuje na základě jejich vysoké pufrovací kapacity. Zvýšení pH přispívá k vytváření stabilního produktu tím, že zvyšuje odštěpovací schopnost vápníku, zvyšuje záporný náboj kaseinů a elektrostatické odpuzivé síly v kaseinové matici. To vede ke vzniku otevřenější a volnější sítě s lepší vazností vody a s lepšími emulgačními schopnostmi. Rozsah posunu pH souvisí s pufrovací pamětí sýra, pH roztoku a pufrovací schopností tavicích solí. Při výraznějších odchylkách dochází ke zhoršení jakosti finálních výrobků (při výrazně nižším pH jsou tavené sýry obvykle tuhé až drobné a při vyšším pH naopak velmi měkké až rozbředlé) [1,27,28].

V přírodních sýrech jsou mléčné kapénky tuku agregovány do proteinové matrice. I když je narušena, stále si přesto mohou zachovat svou kulovitou celistvost. Při výrobě tavených sýrů se při počátečním ohřevu sýra volný tuk oddělí a potom znovu emulguje. Klíčem k opětovné emulgaci tuku je tavicí sůl, která pod vlivem tepla zvyšuje emulgační vlastnosti proteinů sýra [29].

1.4.2 Druhy tavicích solí

V potravinářství jsou nejvíce používány dva typy tavicích solí a to fosforečnanové a citrany. Jedná-li se soli, které jsou odvozeny od kyseliny trihydrogenfosforečné (H_3PO_4), tvoří skupinu sloučenin, které obsahují anion $(\text{PO}_4)^{3-}$. Soli tvořené sloučeninami jedné skupiny $(\text{PO}_4)^{3-}$ – jsou tzv. monofosforečnany. Za podmínek vysoké teploty může dojít ke ztrátě vody dvěma sousedními hydroxylovými skupinami dvou různých monofosforečnanů a k jejich kondenzaci, tedy ke vzniku polymeru. Ze dvou monomerů vznikne dimer zvaný difosforečnan. Kromě samotných monofosforečnanů se mohou polymerací účastnit i delší řetězce fosforečnanů, čímž vznikají polymery s více jak dvěma fosfory v molekule, které se nazývají polyfosforečnany. Protože každá $(\text{PO}_4)^{3-}$ skupina může sdílet až tři své atomy kyslíku s třemi jinými $(\text{PO}_4)^{3-}$ skupinami, může docházet nejen ke vzniku lineárních řetězců polyfosforečnanů, ale i k tvorbě třídimenzionálních struktur (tzv. ultrafosforečnanů) anebo uzavřených cyklů (tzv. metafosforečnanů) [30].

Fosforečnany v potravinách podstatně ovlivňují zejména vlastnosti přítomných proteinů a to prostřednictvím úpravy podmínek v prostředí (např. změnou pH, odštěpením, resp. výměnou kationtů apod.). Dále uplatňují fosforečnany svůj vliv prostřednictvím reakcí, při nichž se naváží na bílkoviny, a tak rovněž změní jejich vlastnosti (například schopnost vazby vody, tvorby gelu). Fosforečnany mají nižší schopnost vázat alkalické kovy (sodík, draslík) než kovy alkalických zemin (vápník). Ačkoli jsou sodík a draslík monovalentní kationty alkalických kovů, sodík je vázán rychleji než draslík [30,31].

Citrany jsou soli odvozené od trikarboxylové kyseliny citronové. Z řady dostupných citranů je jako tavicí sůl užíván především citran trojsodný. Důvodem je skutečnost, že jak monosodný, tak i disodný citran způsobí silné okyselení směsi, což má za následek vznik nestabilní emulze, která velmi snadno uvolňuje vodu. Velmi omezeně se obě látky používají pouze pro korekci příliš vysokého pH taveniny. Citran trojsodný má nízkou afinitu k vápenatým iontům a nízkou schopnost zvýšit hydrataci proteinů. Citran trojsodný je rovněž považován za látku, která se nezapojuje do zesítování proteinové matrice.

Vysoká je však pufrovací schopnost citranů. Citran trojsodný je používán především ve směsích s jinými tavicími solemi (polyfosforečnany) a používá u tavených sýrů s tužší lomivou konzistencí [30,32].

2 HYDROKOLOIDY

Termínem hydrokoloidy jsou označovány vysokomolekulární látky sacharidické nebo bílkovinné povahy, které jsou v současné době běžně používány v různých průmyslových odvětvích pro řadu funkcí zahrnující např. zahušťování a želírování, stabilizaci pěny, emulgaci, disperzi a další. Mezi komerčně používané hydrokoloidy rostlinné původu patří celulósa, arabská guma, guma ghatti, škrob, pektin, lokusová guma, konjak a další. Z řas se získává agar, karagenan a alginát. Mikrobiálně xantanová guma, dextran, celulósa a mezi hydrokoloidy živočišného původu patří např. želatina, kaseináty, syrovátkové, sójové a vaječné proteiny [33,34].

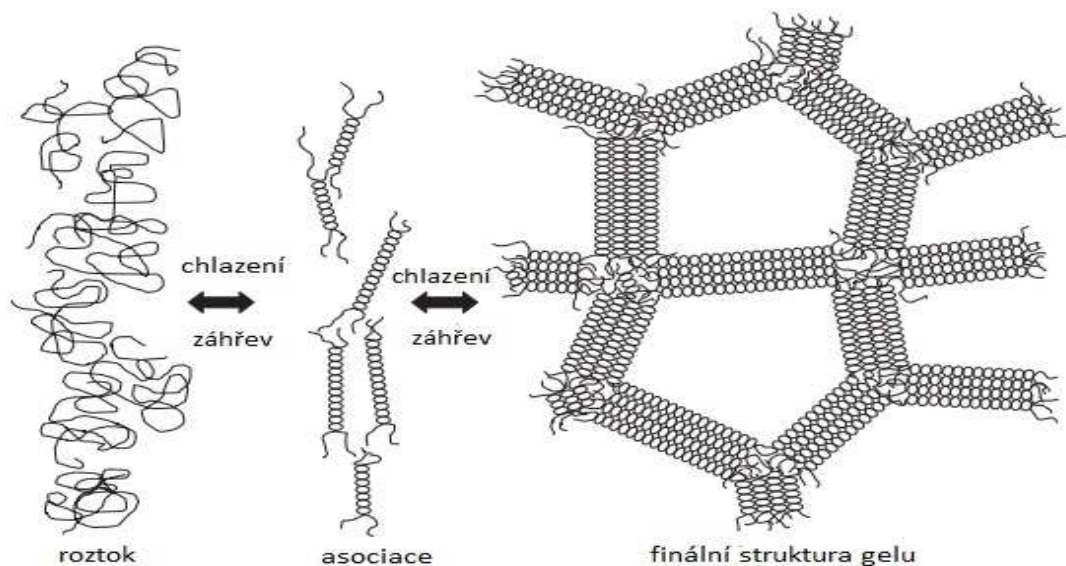
2.1 Agar

Agary tvoří intracelulární gelovou matici řady druhů červených mořských řas (*Rhodophyceae*). Řasy, které jsou zdrojem agaru (agarofyty) pocházejí nejčastěji z čeledi *Gelidaceae*, *Gracilariaceae* a *Pterocladaceae*. Agary se z řas získávají nejčastěji extrakcí horkou vodou (o teplotě vyšší než je bod tání agarového gelu) v neutrálním, kyselém nebo alkalickém prostředí. V alkalickém prostředí dochází současně k parciální hydrolýze sulfátových skupin a vznikají agary s modifikovanými vlastnostmi. Z extraktů se vymražením získávají gely, které se suší [35].

Agary jsou lineární polysacharidy, jejichž stavebními jednotkami jsou β -D-galaktopyranosa a 3,6-anhydro- α -L-galaktopyranosyl střídavě vázané glykosidovými vazbami (1 \rightarrow 3) a (1 \rightarrow 4). Základní neutrální polysacharid se často dosud nazývá agarosa. Jeho stavební jednotkou je disacharid agarobiosa, 4-O- β -galaktopyranosyl-3,6-anhydro- α -L-galaktopyranosyl. Agaropektin je založen na stejné strukturální jednotce, agarobiose, ale liší se od agarosy bočními substituovanými skupinami. Nejčastější substituenty jsou sulfátové a methylové skupiny. Pro každý rod a druh agarofyty jsou tyto substituenty odlišné [35,36,37].

Schopnost tvořit reverzibilní gely jednoduše ochlazením horkého vodného roztoku je nejdůležitější vlastností agaru. Agar je rozpustný ve studené vodě a hydratací tvoří náhodné spirály ve vroucí vodě. Tvorba gelu závisí výlučně na tvorbě vodíkových vazeb, prostřednictvím nichž se náhodné spirály spojují v helixy a dvojité helixy. Helixy jsou stabilizovány přítomností molekul vody vázané uvnitř dutiny dvojitých helixů a vnější hydroxylové skupiny umožní agregaci až 10000 těchto helixů za vzniku mikrogelu

(znázorněno na obr. 2). Proces vytváření gelu je zcela reverzibilní. Gel taje při zahřívání a obnovuje se při chlazení. Tento cyklus se může opakovat mnohokrát bez jakékoliv významné změny na mechanických vlastnostech gelu za předpokladu, že agar není používán ve velmi nízkých hodnotách pH okolo 4 a níže, nebo s oxidačními činidly [36].



Obr. 2 Proces tvorby gelu [upraveno podle 36]

Při výrobě potravin se vychází z jeho schopnosti vázat vodu a tvořit termoreverzibilní gely. Na rozdíl od ostatních želírujících látek, agar se snadno začleňuje do potravin, protože nevyžaduje kationty pro tvorbu gelu. Navíc na tvorbu gelu nemá vliv kolísání kationtů, jako je přídavek vápníku v mléčných výrobcích. Agary se díky svému vysokému bodu tání používají především do pekařských výrobků, při výrobě želé a džemů, cukrářských, mléčných a masových výrobků a nápojů [35,36].

2.2 Karagenany

Karagenany jsou přírodní lineární polysacharidy extrahované z červených řas (*Rhodophyceae*), zejména řas rodu *Euchema*, *Chondrus* a *Gigantina*. Jsou široce používány jako zahušťovadla, želírující látky nebo stabilizátory v různých průmyslových odvětvích od potravinářských výrobků k farmacii [35,38,39,40,41].

Základem struktury karagenanů je disacharid, který se nazývá karabiosa, složený z opakující se sekvence β -D-galaktopyranosy a 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosy spojených vazbou β -(1-4) a jednotlivé disacharidy karabiosy jsou spojeny především α -(1-3) vazbou. Je známo minimálně 8 druhů sekvencí monomerů v molekulách

karagenanu z nichž v potravinářství jsou nejvíce využívány pouze tři druhy, a to ι -karagenan, κ -karagenan a λ -karagenan. Rozdíl mezi těmito karagenany je v počtu sulfátových skupin. κ -karagenan obsahuje jednu sulfátovou skupinu, ι -karagenan dvě a λ -karagenan tři sulfátové skupiny, kdy u λ -karagenanu je navíc 3,6-anhydro- α -D-galaktopyranosa nahrazena α -D-galaktopyranosou. Struktura je uvedena v Tab. 2 [35,42,43,44,45,46,47].

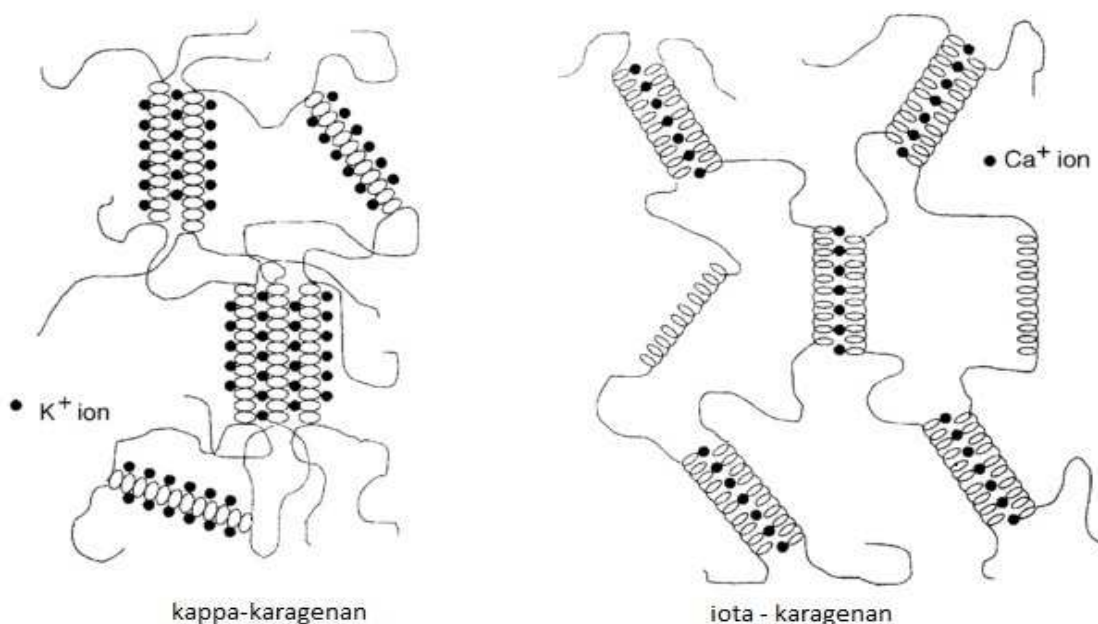
Tab. 2 Základní struktura karagenanů [35]

Polysacharid	Stavební jednotka	
	A	B
κ -karagenan	β -D-galaktosa-4-sulfát	3,6-anhydro- α -D-galaktosa
ι -karagenan	β -D-galaktosa-4-sulfát	3,6-anhydro- α -D-galaktosa-2-sulfát
λ -karagenan	β -D-galaktosa-2-sulfát	α -D-galaktosa-2,6-disulfát

Při zahřívání karagenanu nehrozí významné bobtnání částic nebo hydratace, dokud nepřekročí teplotu 40 - 60 °C. Poté viskozita stoupá a při dalším záhřevu na 75 - 80 °C nastává pokles viskozity. Při chlazení roztok vykazuje výrazný nárůst viskozity a při teplotách okolo 40 - 50 °C se vytváří gel. Tato vlastnost platí pro κ - a ι -karagenan díky tomu, že obsahují více hydrofobních skupin než hydrofilních. Oproti tomu λ -karagenan nevytváří gely, ale jen viskózní roztoky. Hydratace a teplota gelovatění jsou silně závislé na soli spojené s karagenanem [42].

Karagenany jsou hydrofilní anionaktivní koloidy, kdy sulfátové skupiny udělují záporný náboj karagenanu a ty způsobují rozdíly v texturních vlastnostech. Gelovatění κ - a ι -karagenanu je výsledkem molekulárního přechodu při chlazení z náhodných spirálovitých útvarů do pevné šroubovité konformace, následované agregací do větších agregátů. κ -karagenan je citlivý k draselným či amonným iontům a ι -karagenan hlavně k vápenatým iontům. ι -karagenanové gely se skládají z dvoušroubovic s malou nebo žádnou agregací, které interagují s vápenatými ionty za vzniku pružných a soudržných gelů. κ -karagenanové gely se skládají z agregovaných šroubovic a vytváří gel, který je křehký a pevný. Teplota gelovatění a pevnost gelu silně závisí na přítomných kationtech. Yuguchi a kol. [50] popisovali tvorbu gelů v závislosti na přítomných alkalických kovech (lithium, sodík, draslík, rubidium a cesium). κ - a ι -karagenan tvořily

gely při teplotě 60 °C se všemi zmíněnými alkalickými kovy v iontové podobě. Při teplotě 5 °C rovněž ι-karagenan vytvářel gel se všemi ionty alkalických kovů, ale κ-karagenan nevytvářel gel v přítomnosti lithných a sodných iontů. Pevnost gelu se zvyšuje s rostoucí koncentrací některých kationtů, ale při překročení hraniční koncentrace kationtu může pevnost gelu naopak klesat, až celý systém destabilizovat [34,35,38,42,43,48,49,50].



Obr. 3 Tvorba gelu κ a ι-karagenanu pomocí draselných a vápenatých kationtů

[upraveno podle 42]

Molekuly λ-karagenanu tvoří šroubovici, ale nachází se v tzv. cik-cak konformaci. Příčinou je poloha a vysoký počet sulfátových skupin (obsahuje tři tyto skupiny), které vytváří větší množství elektrostaticky odpudivých sil. To má za následek, že λ-karagenan netvoří sám stabilní gel a proto se musí používat ve směsi s jinými hydrokoloidy [34,35,44,49].

Karagenany se používají v celé škále produktů pro své stabilizační a želírující vlastnosti. Přidávají se v širokém rozmezí koncentrace a to 0,01 – 0,30 % (w/w). Extrémně nízké hladiny karagenanu, okolo 0,01 – 0,025 %, slouží ke stabilizaci a zabránění uvolňování syrovátky v řadě mléčných produktů, jako jsou mléčné koktejly, zmrzlina, čokoládová mléka, pasterované a sterilované krémy. V těchto aplikacích karagenan interaguje s mléčnými proteiny a vytváří stabilizační síť, která je schopna pozastavit částice, jako jsou částice kakaa v čokoládovém mléce. Tato síť také zabraňuje agregaci a interakcím protein-protein během skladování. Tím se zabrání oddělování syrovátky

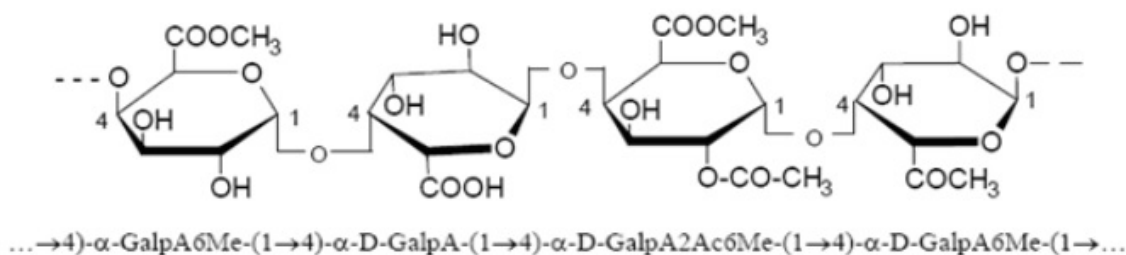
v tekutých produktech a redukuje se smršťování ve zmrzlině. Další aplikace, kde se používají karagenany pro jejich želírující vlastnosti, jsou tavené sýry. U tavených sýrů je tak možné snížit obsah tavicích solí, které se přidávají v rozmezí 2 – 3 % (w/w) při zachování pevnosti a pocitu plnosti v ústech při konzumaci. Kyselé mléčné výrobky, např. měkký sýr a jogurt, jsou obecně nevhodné pro karagenan. Nízké pH zvyšuje elektrostatické interakce mezi micelami kaseinu a karagenanem produkující nestabilní agregáty, které flokulují a oddělí se [34,42,47].

2.3 Pektin

Pektiny jsou polydisperzní polysacharidy o proměnném složení. Vyskytují se v pletivech vyšších rostlin jako součást stěn primárních buněk a mezibuněčných prostor. Vznikají a ukládají se v raných stádiích růstu, kdy se zvětšuje plocha buněčných stěn. Hlavními surovinami, ze kterých se získává pektin, jsou citrusové slupky a jablečné výlisky [15,35].

Pektiny jsou definovány jako vysokomolekulární lineární heteropolysacharidy, které obsahují alespoň 65 % (w/w) kyseliny galakturonové. Řetězec obsahuje 25 – 100 jednotek D-galakturonové kyseliny spojených α -(1-4) vazbami. Tento řetězec může dále obsahovat jednotky α -L-rhamnopyranosy spojených vazbou α -(1-2), popř. další sacharidy (např. L-arabinoza, D-galaktosa, D-xylosa). Kyselina galakturonová může být přítomna jako volná, methylesterovaná nebo amidovaná. Volné karboxylové skupiny kyseliny galakturonové mohou být neutralizovány různými kationty (např. sodné, draselné, vápenaté) [35,51,52].

Pektiny jsou rozděleny podle jejich stupně esterifikace (methylace), které ovlivňují jejich funkční vlastnosti. Stupeň esterifikace je definován jako % esterifikovatelných karboxylovaných skupin. Pokud je stupeň methylace větší než 50 %, mluvíme o vysokomethoxolových nebo vysokoesterifikovaných pektinech, je-li méně než 50 % nazýváme tyto pektiny nízkomethoxylové neboli nízkoesterifikované. Pektiny vznikají rozkladem složitějších protopektinů, které jsou přítomny v rostlinné tkáni, a obsahují řadu neutrálních sacharidů, včetně rhamnosy, galaktosy, arabinosy a menšího množství dalších sacharidů. Ty vytváří postranní řetězce, které jsou připojeny kovalentně na molekulu pektinu a vytváří tzv. vlasové oblasti. Ty samy o sobě vytváří několik typů struktur. Oblasti tvořené pouze kyselinou polygalakturonovou vytváří hladké oblasti, které jsou nesubstituované [35,52,53,54].



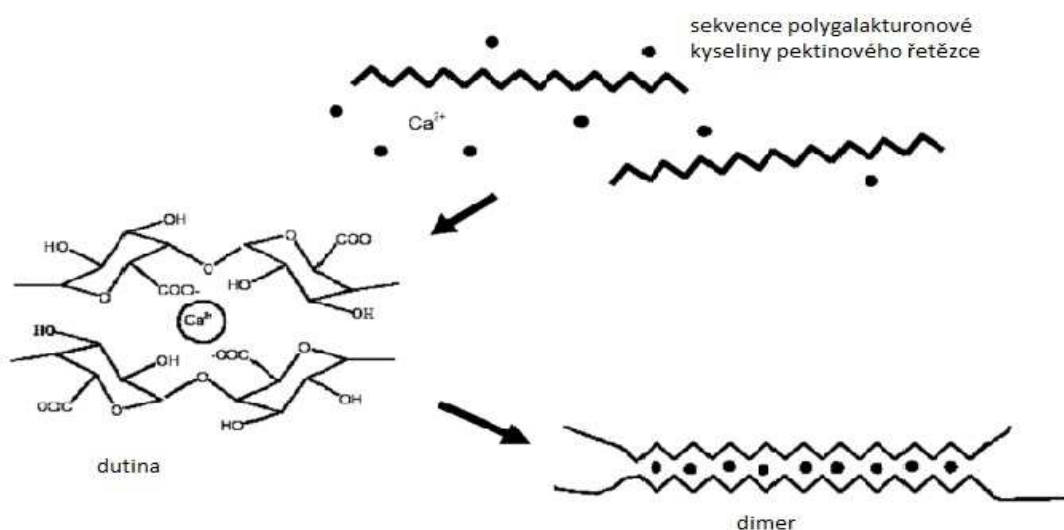
Obr. 4 Základní struktura pektinů [35]

Protože pektin je záporně nabitý hydrokoloid, je citlivý na změny pH a ve větší či menší míře také na povaze a množství kationtů přítomných v systému. V kyselém prostředí je pektin stabilní v oblasti pH 3,5 – 4. V silně kyselém prostředí dochází k hydrolyze methoxylových, acetylových a glykosidových vazeb. V slabě kyselém prostředí a za zvýšené teploty dochází k degradaci pektinu tzv. β -eliminací. Tento proces je významnější v alkalickém prostředí [35,51,55].

Funkční skupiny mají vliv na fyzikální vlastnosti pektinů. Želírující mechanismus vysokoesterifikovaného pektinu je zcela odlišný od nízkoesterifikovaného pektinu. Vysokoesterifikované pektiny, jak již bylo zmíněno, obsahují více než 50 % esterifikovatelných karboxylových skupin metanolem. Tyto pektiny vytváří gely za přítomnosti sacharidů a dostatečně nízkého pH (3,2 - 3,4). Aby se vytvořil gel, musí být částečně disociované karboxylové kyseliny galakturonových kyselin. Pektiny jsou typické tím, že mají vysokou vaznost vody, dochází tedy k jejich hydrataci, čímž se vytváří negativní náboj a tím je potlačena tvorba gelu. Z těchto důvodů se přidávají sacharidy, které snižují hydrataci pektinu tím, že vážou vodu (snižují vodní aktivitu). Vede to k většímu počtu neionizovaných karboxylových skupin v molekule pektinu, díky čemu se zvyšuje přitažlivost mezi methoxylovými, alkoholovými a karboxylovými skupinami. Molekuly pektinu se k sobě začnou přitahovat a mohou spolu asociovat, což vede k tvorbě gelu. Ze vzrůstající koncentrací sacharidů se zvyšuje tuhost gelu. Stabilní gely se tvoří při obsahu větším než 55 % přítomných sacharidů (např. sacharosa, fruktosa, glukosa) a při pH menším než 3,4. Při vyšších hodnotách pH nedochází k tvorbě gelu, protože není potlačena elektrostatická odpudivost karboxylových skupin. Čím je vyšší stupeň esterifikace, tím menší množství kyselin je potřeba, úplně esterifikovaný pektin tvoří gely pouze se sacharidem. Pevnost gelu se zvyšuje tím, že se zvýší počet a velikost spojovacích zón během tvorby gelu. K agregaci molekul pektinu přispívají hydrofobní interakce mezi esterovými skupinami pektinu a vodíkové vazby mezi sousedními galakturonovými

řetězci. Gely jsou tepelně stabilní, tedy netají při opětovném zahřátí, tzn. nejsou termoreverzibilní [35,51,52,56,57].

Nízkoesterifikované pektiny obsahují méně než 50 % esterifikovatelných karboxylových skupin metanolem. Tyto pektiny se vzájemně odpuzují a to v důsledku velkého počtu volných karboxylových skupin, které mají negativní náboj, což brání asociaci molekul (prostřednictvím vodíkových vazeb a hydrofobních interakcí) a tvorbě gelu. Pro tvorbu gelu je tedy důležitá dostupnost vápenatých iontů, které se podílejí na interakci s pektinem. Reaktivita vápníku se řídí podle podílu a uspořádání karboxylových skupin v pektinovém řetězci. Interakce vápenatých iontů s pektinem roste se snižujícím se stupněm esterifikace. Gel se vytváří tak, že řetězce jsou poutány přes karboxylové skupiny pomocí vápenatých iontů. Princip je znázorněn na obr. 5. Jedná se o spojovací zóny vytvořené sdružením řetězce pektinu, kde specifické sekvence kyseliny galakturonové tvoří dutinu, do nichž zapadají ionty vápníku, které spojí řetězce dohromady za pomoci elektrostatických a iontových vazeb. Pro dosažení egg-box struktury je potřeba 14 – 20 po sobě jdoucích volných karboxylových skupin. Kromě druhu pektinu ovlivňuje tvrdost gelu i koncentrace vápníku. Nízkoesterifikované pektiny tvoří gel v širokém rozsahu rozpustné sušiny (10 - 80 %) a při hodnotě pH 3,0 až 5,0. Vzniklé gely jsou termoreverzibilní [35,51,53,54].



Obr. 5 Schéma egg-box modelu [upraveno podle 54]

Pektin má dvě odlišné funkce v mléčných výrobcích a to takové, že se podílí na stabilizaci proteinové disperze a působí jako želírující činidlo. Pro stabilizaci proteinové disperze

se používá vysokoesterifikovaný pektin u výrobků s nižší hodnotou pH. Kaseinové částice jsou účinně chráněny při pH 3,9 - 4,1, typické pro fermentované mléčné výrobky, zakysané nápoje, syrovátku a další výrobky. Při výrobě jogurtů je důležité homogenizovat jogurt v přítomnosti pektinu za účelem rozbití bílkovinných agregátů před tepelným ošetřením. To má dopad na množství přidaného pektinu, kdy přebytek nad požadované množství pro stabilizaci disperze zvýší i viskozitu a to nemusí být mnohdy žádoucí. Běžně se přidává v množství okolo 0,4 % (w/w). Oproti tomu se nízkoesterifikované pektiny používají jako želírující činidlo ve výrobcích jako jsou jogurty a hlavně dezerty obsahující přirozený zdroj vápníku. Podle použitého pektinu se může textura pohybovat od křehké, velmi měkké až krémové. Obvykle se přidává v rozmezí 0,6 – 0,9 % (w/w) [34,51,55].

3 INTERAKCE KASEINOVÝCH MICEL S VYBRANÝMI HYDROKOLOIDY

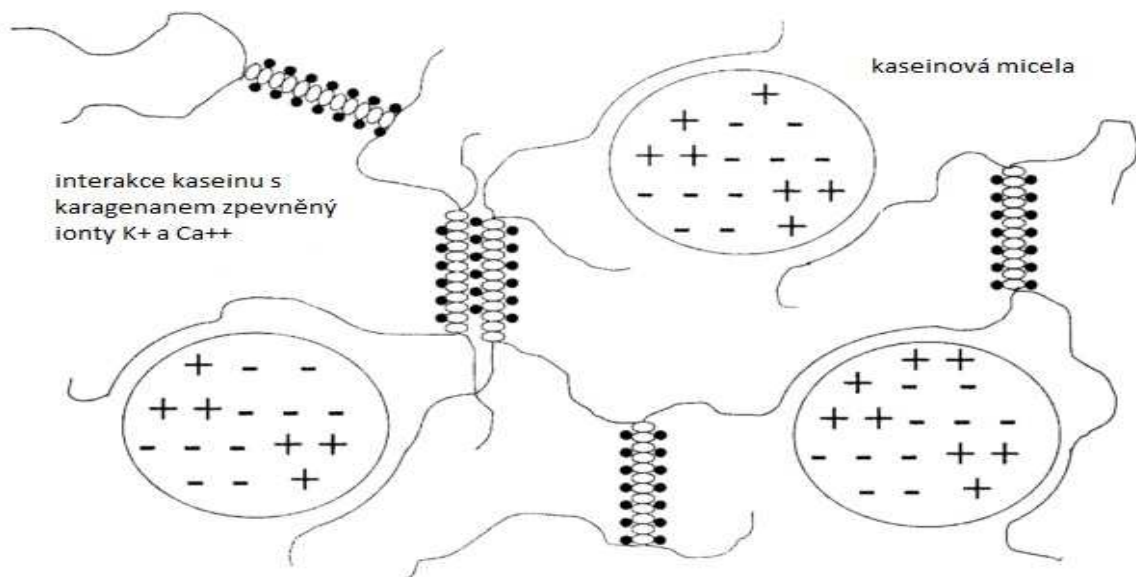
Významnou složkou mléka, ke kterým se připisují specifické interakce s těmito hydrokoloidy, jsou mléčné proteiny, zejména micely kaseinu. Mléko obsahuje 3,3 % (w/w) proteinů a z toho je 2,6 % (w/w) ve formě kaseinových micel. Kaseiny mají schopnost samostatně se asociovat do micel a to asociací submicel prostřednictvím fosforečnan vápenatých můstků. Tato koloidní sestava je supramolekulární asociace jednotlivých kaseinových molekul: α_{s1} , α_{s2} , β a κ -kaseinu. Tyto frakce jsou organizovány v rámci micely podle jejich hydrofobního a hydrofilního charakteru. κ -kaseinové frakce se vzhledem ke své hydrofilní povaze nacházejí v okrajové části micely, čímž stericky a elektrostaticky stabilizují vnější vrstvu. Další zvláštností κ -kaseinu je přítomnost pozitivně nabitých oblastí v polypeptidovém řetězci [47,58,59,60].

3.1 Interakce agaru s micelami kaseinu

Agar je tvořen neutrálním polymerním řetězcem, který vykazuje omezenou reaktivitu s jinými materiály. Tvorba gelu je závislá na přítomnosti vodíkových vazeb a k tvorbě gelu není nutná přítomnost pozitivně nabitých iontů. Agar nevykazuje interakce s proteinem kvůli nižšímu obsahu esterově vázaných síranových skupin na polymerním řetězci [36].

3.2 Interakce karagenanu s micelami kaseinu

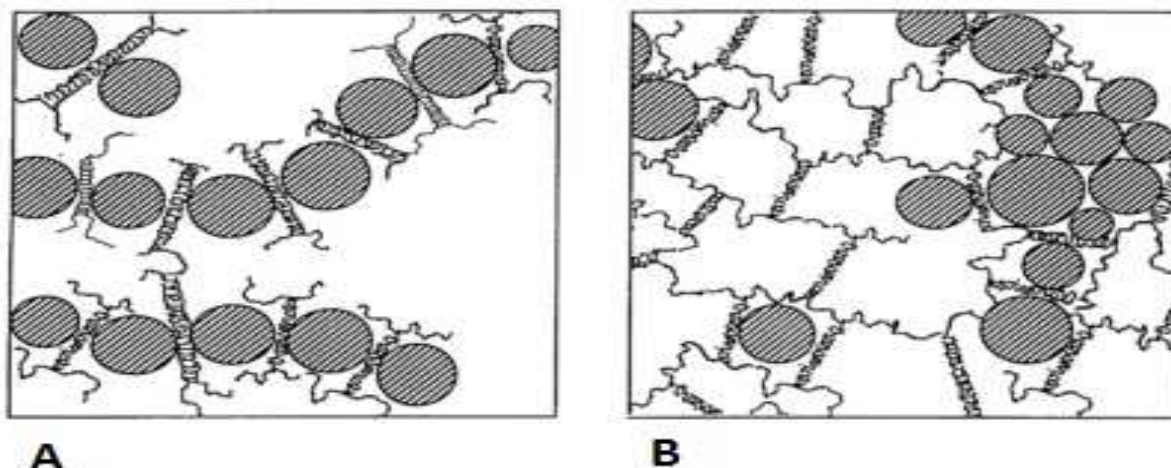
Karagenany obsahují sulfátové skupiny, které dávají molekule záporný náboj a rovněž i micela kaseinu má celkový záporný náboj. Přes to však dochází k elektrostatickým interakcím mezi sulfátovými skupinami karagenanu a velmi krátkou pozitivně nabitou oblastí, která se nalézá mezi 97. a 112. aminokyselinou κ -kaseinu (s α_s a β -kaseinem netvoří) [58,59,60,61].



Obr. 6 Interakce κ -karagenanu s micely kaseinu [upraveno podle 58]

Zmíněné tři nejpoužívanější tři typy karagenanu (κ -, λ - a ι -karagenan) se adsorbují na micely kaseinu za jiných podmínek. Přitažlivost je dána vždy kritickou hustotou náboje mezi sulfátovými skupinami. Pro stabilní gely je tato vzdálenost mezi sulfátovými skupinami 0,5 nm. Pokud je vzdálenost větší než 0,5 nm, nedochází k adsorpci na micely kaseinu. Při teplotě 60 °C se pouze nejvíce nabitý karagenan (λ -karagenan) adsorbuje na micely kaseinu, zatímco k prakticky žádné adsorpci nedochází u ι -karagenanu a κ -karagenanu. To ukazuje na to, že hustota elektrostatického náboje je klíčovým faktorem pro přitažlivé interakce mezi karagenanem a micelami kaseinu. Střední vzdálenost mezi sulfátovými skupinami u ι -karagenanu je od 0,5 nm do 0,2 nm, pro κ -karagenan od 1,0 nm do 0,4 nm, zatímco vzdálenost λ -karagenanu je 0,3 nm. ι - a κ -karagenan tvoří přitažlivé interakce s micelou kaseinu při nižších teplotách, než je teplota přechodu helixu do stavu nespořádaného, protože pouze helixiální podoba má dostatečně vysokou hustotu náboje [47,58].

V závislosti na koncentraci karagenanu lze pozorovat odlišné zesíťování systému. Systémy obsahující méně než 0,2 % (w/w) ι -karagenanu jsou strukturovány můstky mezi ι -karagenanem a micelami kaseinu. Při vyšších koncentracích ι -karagenanu se objevují kromě můstků ι -karagenanu/micely kaseinu i interakce ι -karagenan/ ι -karagenan, což znázorněno na obr. 7. U κ -karagenanu dochází k zesíťování tak, že κ -karagenany spolu reagují za vzniku suprahelikálních struktur [47,58].



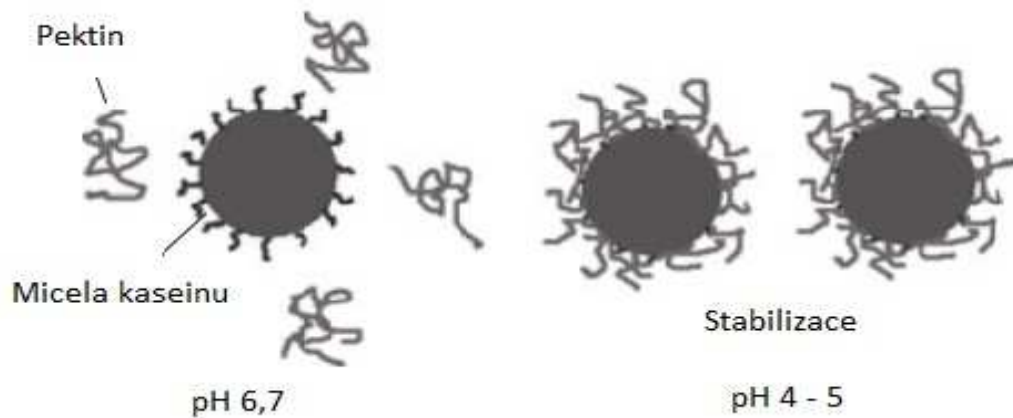
Obr. 7 Schéma adsorpce κ -karagenanu na micely kaseinu (A – koncentrace do 0,2 % (w/w), B – vyšší koncentrace κ -karagenanu) [58]

3.3 Interakce pektinu s micelami kaseinu

Interakce mezi micelami kaseinu a pektinem probíhá prostřednictvím elektrostatických interakcí. Tvorba a stabilita je silně ovlivněna hodnotou pH a stupněm esterifikace a koncentrací pektinu. Pektin se s micelami kaseinu v mléčných systémech, kde je pH vyšší než izoelektrický bod kaseinu ($\text{pH} > 4,6$), odpuzuje a mléčné proteiny se vysráží, protože pektin má silnější afinitu k vodě, než na proteiny. Naopak, pokud je hodnota pH nižší než izoelektrický bod kaseinu ($\text{pH} < 4,6$), pektin a kasein se k sobě přitahují a interagují [55,62].

Interakcemi pektinu s micelami kaseinu se zabývali Marozione et al. [62] v závislosti na změnách hodnot pH. Při pH 6,7, téměř neutrálním, nedochází k adsorpci pektinu na micely kaseinu, protože kaseinové micely mají celkový negativní náboj jako molekuly pektinu. Z tohoto důvodu se tyto molekuly vzájemně odpuzují a nemůže tak docházet k elektrostatickým interakcím a tvorbě gelu, nýbrž dochází k zřetelnému oddělení obou polymerů, kde vrchní vrstva obsahuje pektinové molekuly, a ve spodní vrstvě se nalézají micely kaseinu. Při snížení pH na 5,3 již dochází k adsorpci pektinu na micely kaseinu, protože se snižuje intenzita negativního náboje kaseinových micel, jenže nedochází k úplnému pokrytí micely kaseinu. Při zvýšení koncentrace pektinu jsou micely již zcela pokryté. Rozdílné pokrytí je taky patrné podle toho, jaký pektin se použije. Vysokoesterifikované pektiny pokryjí micely kaseinu již při nižší koncentraci oproti nízkoesterifikovaným pektinům. Pokud se hodnota pH zvýší z 5,3 na 6,7, dochází k desorpci pektinu z micel kaseinu, což má za následek snížení viskozity. Při hodnotách

pH < 5 se micely kaseinu chovají navenek jako elektroneutrální (počet kladných a záporných skupin na kaseinových micelách je v podstatě vyrovnaný), molekuly pektinu jsou k nim přitahovány vlivem zvýšených elektrostatických interakcí a dochází k adsorpci. Pokud se použije dostatečné množství pektinu, dochází ke stabilizaci systému [62,63].



Obr. 8 Schématické znázornění adsorpce molekul pektinu na micely kaseinu při různém pH [upraveno podle 63]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CÍL PRÁCE

Pro dosažení cíle byla práce rozdělena na teoretickou a praktickou část.

Cílem teoretické části bylo:

- Popsat výrobu tavených sýrů a charakterizovat výrobkovou skupinu
- Charakterizovat strukturu, vlastnosti a využití agarů, karagenanů a pektinů se zaměřením na použití do mléčných výrobků,
- Zabývat se interakcemi agarů, karagenanů a pektinů s bílkovinami, zejména s kaseinovými bílkovinami.

Cílem praktické části bylo:

- Vyrobit modelové vzorky tavených sýrů s přidavkem různých koncentrací agaru, karagenanu a pektinů s různým stupněm esterifikace (methylestery),
- Stanovit texturní vlastnosti a pH modelových vzorků,
- Vyhodnotit výsledky a formulovat závěry.

5 METODIKA PRÁCE

5.1 Popis experimentu

V praktické části byla vyrobena řada modelových vzorků tavených sýrů s různou koncentrací vždy v rozmezí 0 – 1 % (w/w/) vybraného hydrokoloidu (agar, κ -karagenan a pektin s různým stupněm esterifikace metanolem) s koncentračním posunem 0,05 %. Stupeň esterifikace pektinu bude dále v práci označován písmeny A - F (A = 47,3 %, B = 56,3 %, C = 61,5 %, D = 64,5 %, E = 65,0 % a F = 71,7 %). Pro kontrolu surovin byl vždy vyroben kontrolní vzorek bez přídavku hydrokoloidu. Vzniklo tedy 21 zkoušených koncentrací modelových vzorků tavených sýrů, které se vyráběly ve dvou sériích. Tyto modelové vzorky byly pro srovnání jednotlivých vzorků podrobeny chemické analýze, kde probíhalo měření pH a sušiny, a texturní profilové analýze, kterou byla zkoumána tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost.

5.2 Výroba modelových vzorků

Pro tento experiment byla vyrobena modelová řada tavených sýrů s 40 % (w/w) sušiny a 50 % (w/w) tuku v sušině. Surovinami pro výrobu byl použit přírodní sýr Eidamská cihla s ~50 % (w/w) sušiny a ~30 % (w/w) tuku v sušině o zralosti vždy 7 týdnů (Kromilk a.s., Kroměříž, ČR), máslo (obsah sušiny ~84 % (w/w) a ~82 % w/w tuk v sušině), pitná voda, fosforečnanové tavicí soli (Fosfa akciová společnost, Břeclav, Česká republika) a vybraný hydrokoloid a to buď agar, κ -karagenan (Sigma-Aldrich, Saint Lous, USA) nebo pektin s různým stupněm esterifikace.

Vybraný hydrokoloid byl přidáván pokaždé v koncentraci od 0 do 1 % (w/w) s koncentračním posunem 0,05 %.

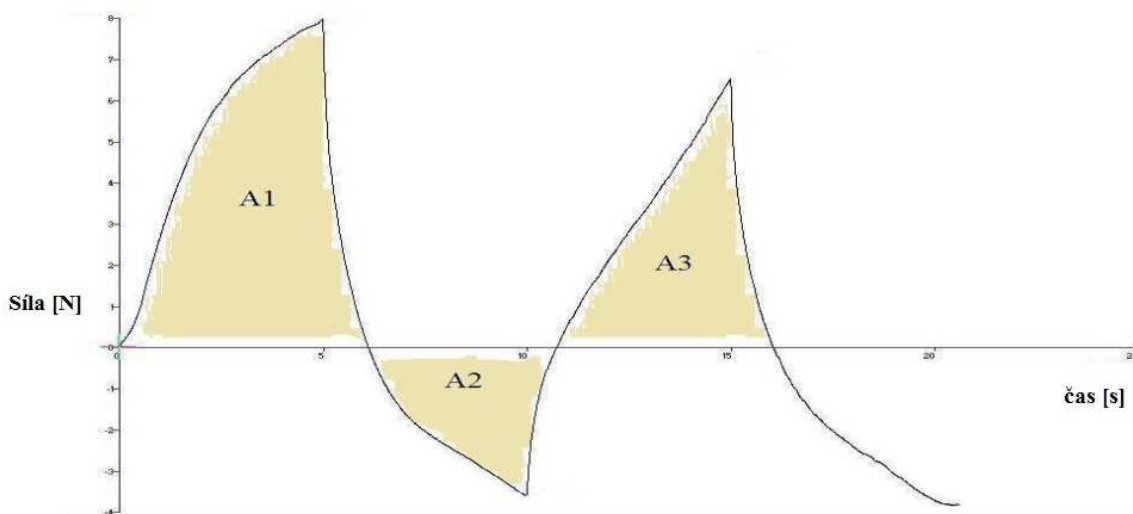
Tavicí soli byly aplikovány v množství 3 % (w/w) k celkové hmotnosti sýra. Tavicí soli byly tvořeny směsí hydrogenfosforečnanu sodného a dihydrogenfosforečnanu sodného ve vzájemném poměru 70:30.

Modelová řada tavených sýrů byla vyrobena v laboratorních podmínkách za pomoci přístroje Vormerk Thermomix TM31. Nejprve se nakrájela eidamská cihla na kostičky cca 2 x 2 x 2 cm, nadávkovala se do přístroje a při vyšších otáčkách se rozdrtila na menší kousky. Poté se přidalo máslo, pitná voda, tavicí sůl a konkrétní hydrokoloid v dané koncentraci. Směs se tavila při teplotě 90 °C s výdrží 1 minuty při otáčkách ~ 4000 otáček

za minutu. Celková doba tavení jedné výroby činila cca 10 minut. Horká tavenina byla ihned dávkována do devíti plastových kelímků a ty se uzavřely hliníkovými víčky. Každá koncentrace se vyráběla dvakrát, vznikly tedy 2 série vzorků. Vzorky byly zchlazeny do dvou hodin a posléze skladovány až do okamžiku analýz při chladírenských teplotách (6 ± 2 °C). Měření se provádělo ve třech dnech a to 1., 7. a 30. den od data výroby, přičemž se v daný den měření analyzovaly vždy 3 kelímky každé koncentrace u obou sérií.

5.3 Texturní profilová analýza

Texturní vlastnosti modelových vzorků byly stanoveny pomocí texturního analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie). V 1., 7. a 30. den od výroby byly změřeny 3 kelímky každé koncentrační řady obou sérií. Texturní analýza byla prováděna dvojitou penetrací sondy o průměru 20 mm do taveného sýra. Hloubka proniknutí sondy byla nastavena na 10 mm a rychlost sondy byla 2 mm/s. V průběhu analýzy se zaznamenával graf, ze kterého se určila tvrdost, relativní lepkavost a kohezivnost.



Obr. 9 Záznam grafu z texturního analyzátoru TA.XT sloužící k vyhodnocení výsledků texturní profilové analýzy [64]

Tvrdost je definována jako síla potřebná k dosažení požadované deformace výrobku [24].

Na obr. 9 je tvrdost vyznačena maximem píku plochy A1. Čím vyšší je tvrdost, tím je potřeba vyvinout větší sílu na deformaci a to má za následek, že pík bude nabývat vyšší velikosti.

Relativní lepivost je popisována jako síla potřebná k překonání síly přitažlivosti mezi povrchem potraviny a povrchem sondy [24].

Relativní lepivost byla sledována z důvodu vlivu stupně tuhosti matrice na práci potřebnou k vytažení sondy ze vzorku. Relativní lepivost se stanovuje jako poměr plochy absolutní hodnoty píku A2 k ploše kladného píku A1 (obr. 9). Se vzrůstající plochou křivky se zvyšuje i lepivost výrobku, protože je potřeba vyšší práce k překonání sil mezi povrchem taveného sýra a povrchem sondy.

Kohezivnost (soudržnost) je definována jako síla vnitřních vazeb, které tvoří potravinu. Z obr. 9 je dána kohezivnost poměrem ploch A3 : A1. Blíží-li se tento poměr hodnotě 1, tak jsou v taveném sýru intenzivnější síly vnitřních vazeb a takový tavený sýr soudržnější.

K vyhodnocení výsledků texturní profilové analýzy (tvrdost, relativní lepivost a kohezivnost) se použila regresní analýza s užitím metody nejmenších čtverců a polynomický model třetího stupně, také nazývaný jako kubický polynom. Výsledky texturní profilové analýzy byly hodnoceny podle rovnice: $y = x^3 \beta_3 + x^2 \beta_2 + x \beta_1 + \beta_0$, kde hodnota x je závisle proměnná, y nezávisle proměnná a hodnoty β_0, \dots, β_4 jsou parametry regresního modelu, také se jim říká regresní koeficienty. Pomocí hodnot β_0 (nazýván jako absolutní člen) z polynomických rovnic třetího stupně se sledované veličiny mohly porovnat v čase. Tento model byl vyhodnocen pomocí koeficientu determinace R^2 , který nabývá hodnot v rozmezí 0 - 1. Pokud se hodnota tohoto koeficientu blíží nule, model nemá žádnou vypovídající hodnotu, jestliže se ale hodnota blíží jedné, potom model dobře vystihuje závislost [65,66].

5.4 Základní chemická analýza

Jak již bylo zmíněno, v těchto analýzách se sledovalo pH taveného sýra a jeho sušina.

Hodnota pH je definována jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových kationtů v daném prostředí. Vyjádřeno vzorcem: $pH = -\log[H^+]$ [67].

Hodnotu pH taveného sýra jsme zjišťovali pomocí vpichového pH-metru Spear se skleněnou elektrodou (Eutech Instruments, Oakton, Malaysia). Každý kelímek určený k analýze se měřil třikrát při laboratorní teplotě okolo 20 °C.

Obsah sušiny se měří tak, že se navážka s pískem a tyčinkou vysuší v elektrické sušárně při teplotě 102 ± 2 °C do konstantní hmotnosti. Do váženky s pískem a tyčinkou se naváží přibližně 3 g vzorku, vzorek se důkladně promíchá s pískem a vloží do sušárny. Poté se vyjme ze sušárny, vloží do exsikátoru a po vyhladnutí se váženka zváží a spočítá se sušina. Cílem bylo vyrobiť tavené o obsahu sušiny 40 % (w/w).

Výsledná sušina se vypočítá vzorcem [68]:

$$p_s = \frac{m_s \cdot 100}{m_n} = \frac{(m_2 - m_0) \cdot 100}{(m_1 - m_0)}$$

kde:

p_s – obsah sušiny [%],

m_s – hmotnost vysušené navážky [g],

m_n – hmotnost navážky vzorku [g],

m_0 – hmotnost prázdné váženky (s pískem a tyčinkou) [g],

m_1 – hmotnost váženky s navážkou vzorku [g],

m_2 - hmotnost váženky s navážkou vzorku po vysušení [g].

6 VÝSLEDKY

6.1 Výsledky chemické analýzy

U modelových vzorků s přidavkem vybraného hydrokoloidu (agar, κ -karagenan a pektin) se 1., 7. a 30. den od data výroby měřila hodnota pH a sušina taveného sýra.

Hodnoty pH se u tavených sýrů s přidavkem agaru v jednotlivých měřicích dnech od sebe prakticky neměnily a pohybovaly v rozmezí 5,53 – 5,70, tedy na spodní hranici pro optimální pH roztíratelných tavených sýrů. Při stanovení sušiny byl naplněn požadavek a ve všech dnech se hodnota sušiny pohybovala v rozmezí 39,41 – 41,23 % (w/w).

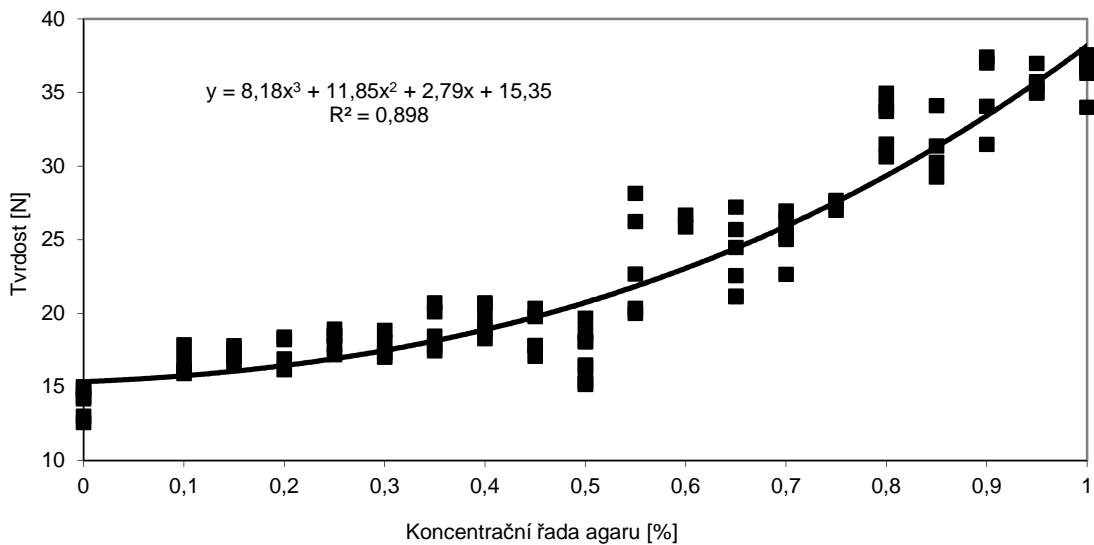
Výsledné hodnoty pH se u tavených sýrů s přidavkem κ -karagenanu pohybovaly v rozmezí 5,46 – 5,59, tedy v o něco menších hodnotách, než je optimální pH roztíratelných tavených sýrů. Stanovené hodnoty sušiny se pohybovaly v rozmezí 40,23 - 41,27 % (w/w).

Hodnoty pH tavených sýrů s přidavkem pektinu s různými stupni esterifikace byly v rozmezí hodnot 5,70 – 6,20. Většina výsledků se ale nalézala v rozmezí 5,80 – 6,00. Stanovené hodnoty sušiny se pohybovaly v intervalu 39,54 – 41,76 % (w/w).

6.2 Výsledky texturní profilové analýzy

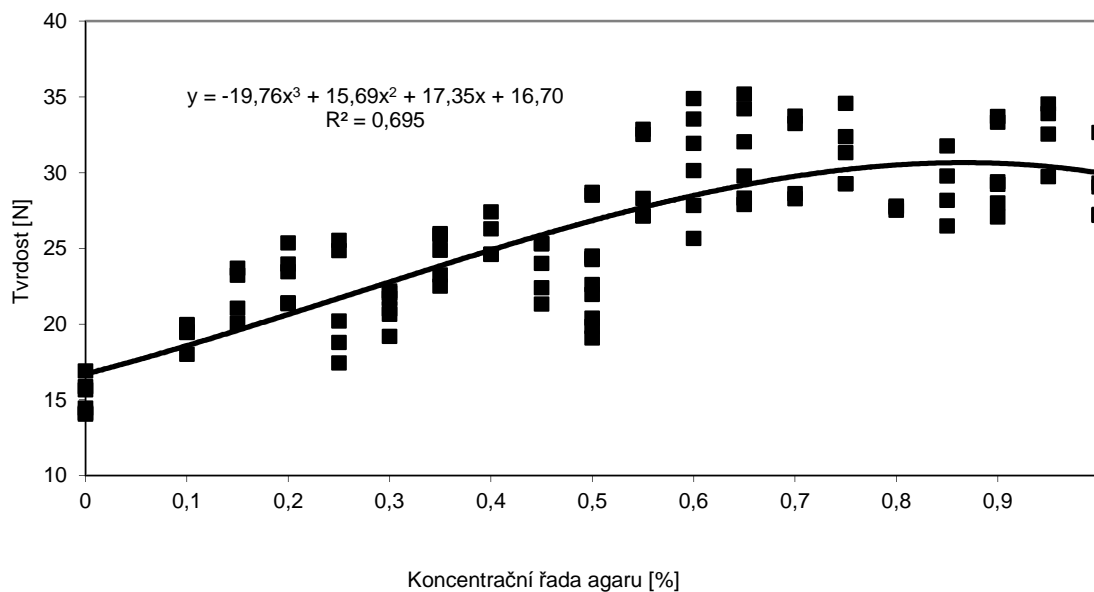
6.2.1 Tvrdost

Pro získání hodnot bylo potřeba analyzovat maximální sílu potřebnou pro vtlačení sondy do hloubky 10 mm vzorku taveného sýra. U jednotlivých hydrokoloidů byla tvrdost sledována 1., 7. a 30. den po utavení a vyhodnocovala se lineární regresní analýzou s využitím polynomického modelu třetího stupně. Výsledné hodnoty jsou znázorněny v grafech 1 až 24.



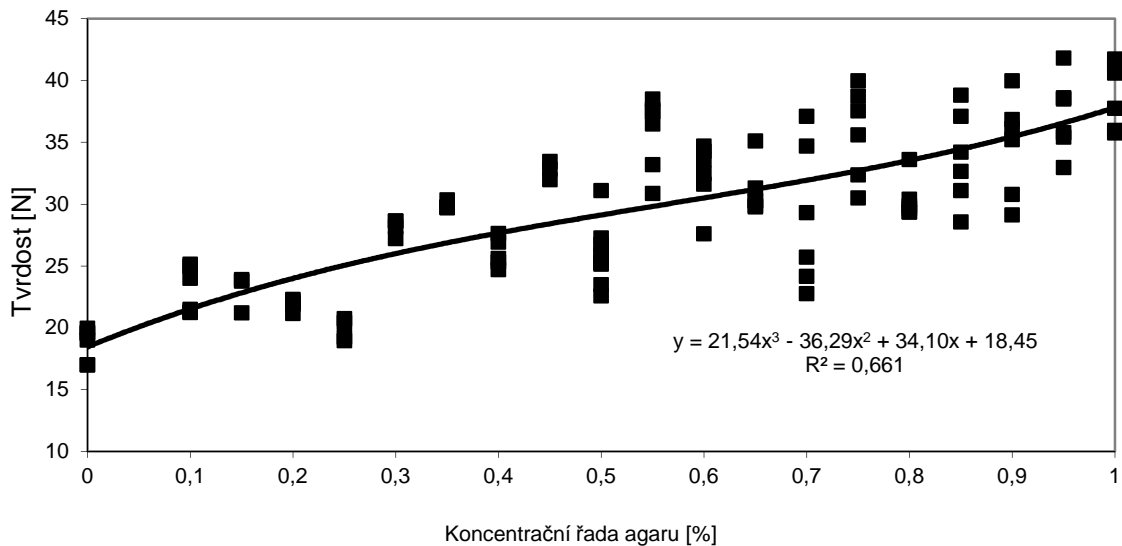
Graf 1 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

Z grafu 1 bylo patrné, že se tvrdost taveného sýra zvyšovala se zvyšující se koncentrací agaru. Z grafu šlo také vyvodit, že do koncentrace agaru 0,6 % (w/w) se tvrdost zvyšovala pozvolna a od koncentrace agaru 0,6 % (w/w) do 1,0 % (w/w) se tvrdost taveného sýra zvyšovala mnohem rychleji s rostoucí koncentrací agaru.



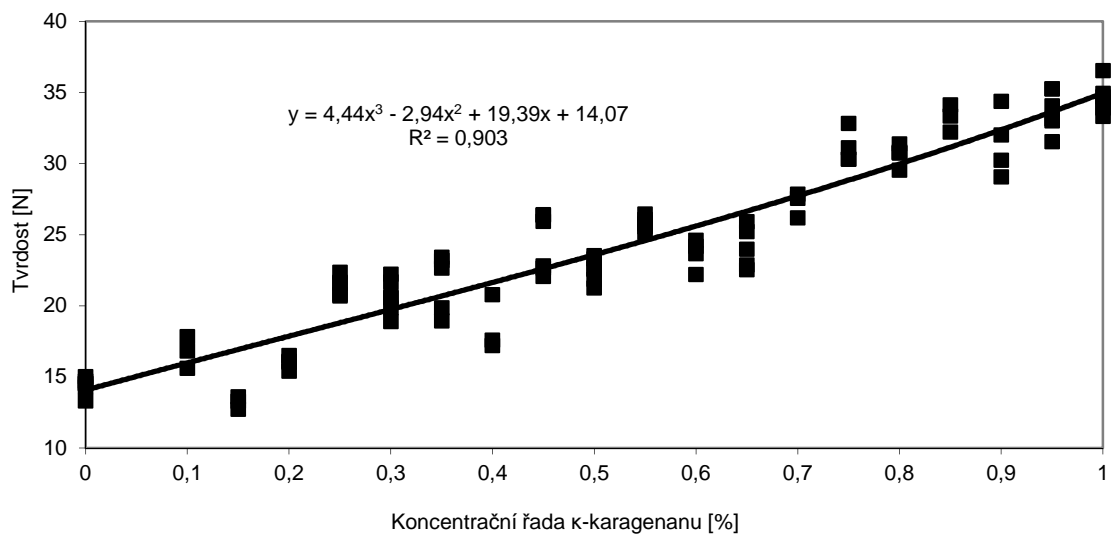
Graf 2 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

Tvrdość taveného sýra po sedmi dnech skladování měla stejný charakter jako první den, tedy se zvyšující se koncentrací agaru se zvyšovala tvrdość taveného sýra. I zde byla hraniční koncentrace agaru 0,6 % (w/w). Do koncentrace 0,6 % (w/w) se tvrdość poměrně rychle zvyšovala a od této koncentrace bylo zvýšení tvrdości mírnější.

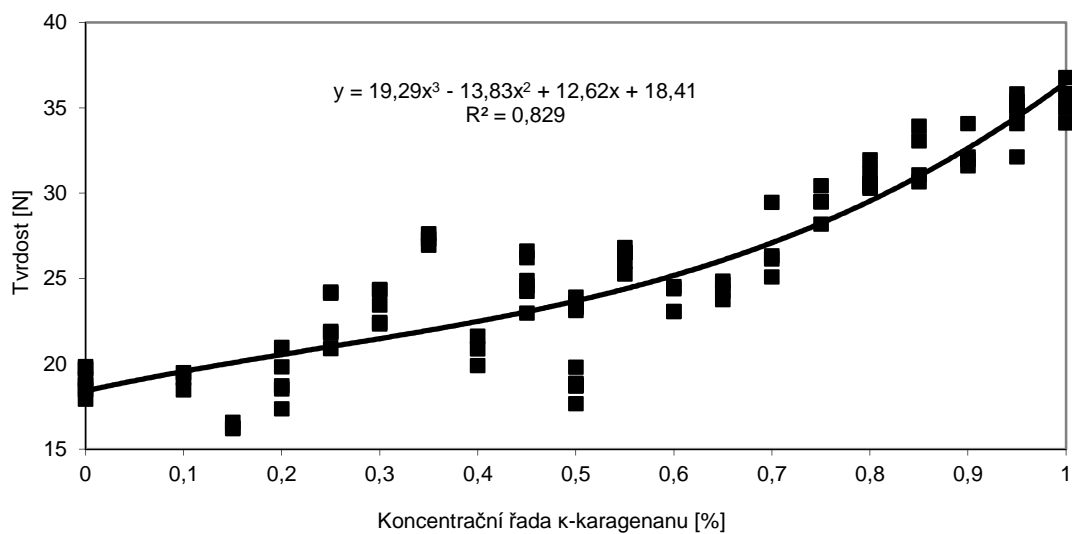


Graf 3 Závislost tvrdości tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po třiceti dnech skladování při 6 °C

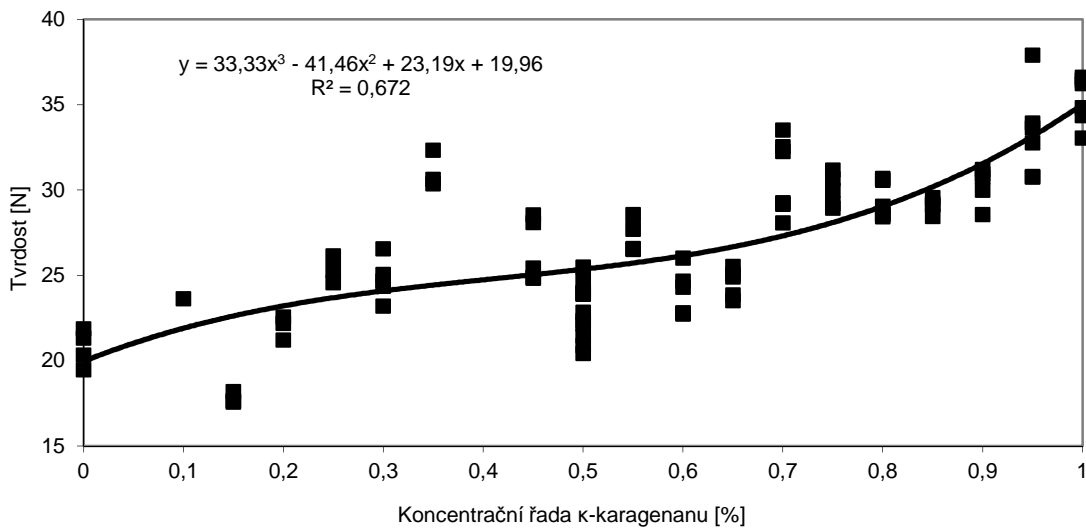
I po třiceti dnech od výroby se tvrdość taveného sýra zvyšovala s rostoucí koncentrací agaru. Při porovnání rovnic polynomu třetího stupně v grafech 1 - 3 vykazoval nejnižší hodnotu absolutní člen v prvním dni a nejvyšší v třicátém dni. Tzn., že s prodlužující se dobou skladování rostla i tvrdość taveného sýra.



Graf 4 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ -karagenanu (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

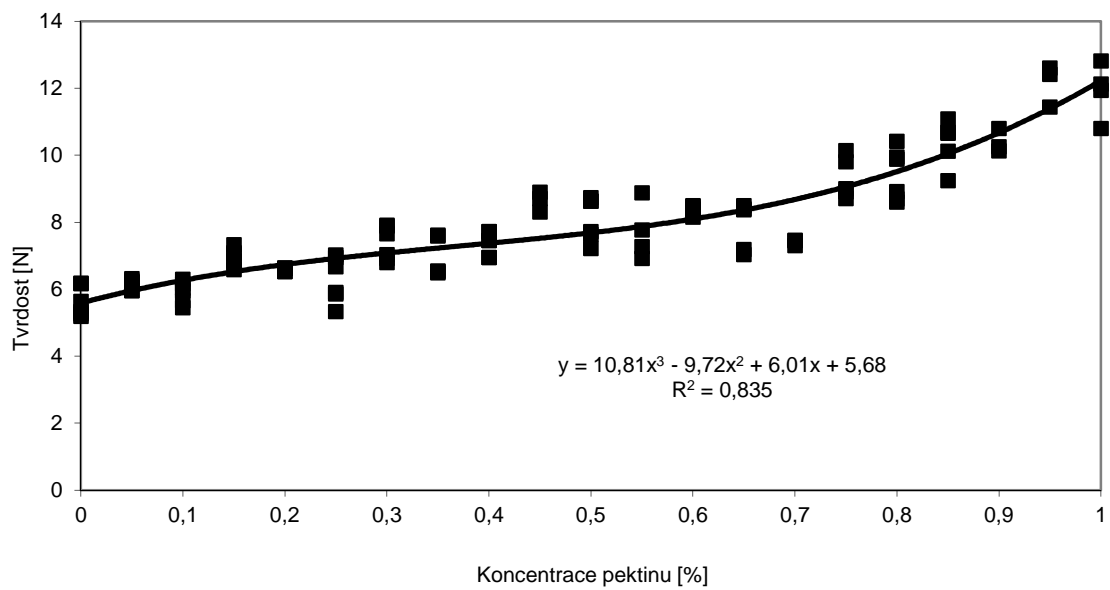


Graf 5 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ -karagenanu (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

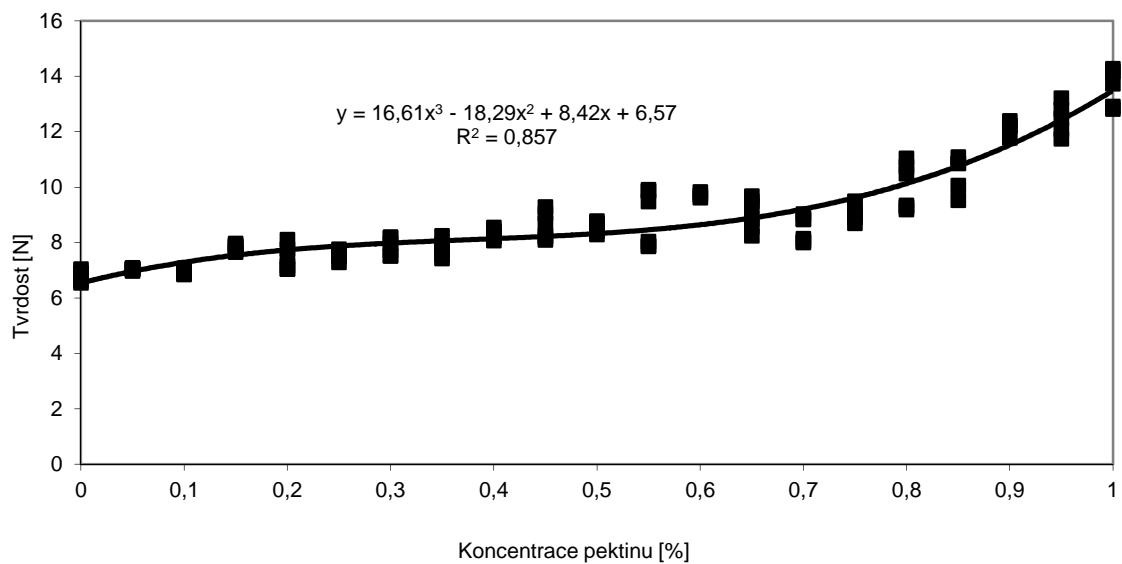


Graf 6 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ-karagenanu (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

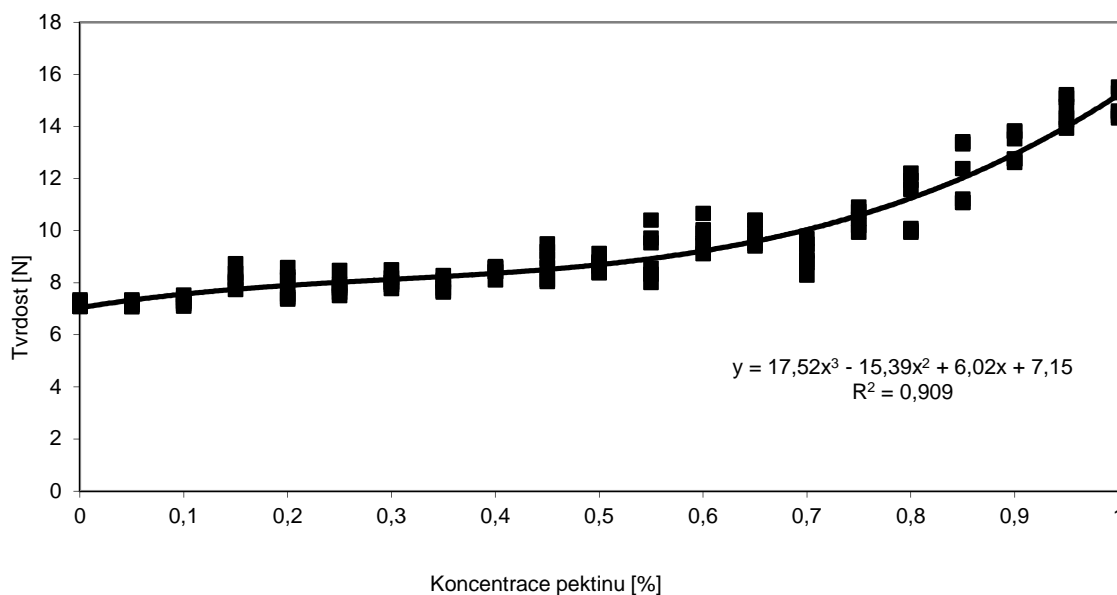
Z grafů 4 – 6 bylo patrné, že se se vzrůstající koncentrací κ-karagenanu zvyšovala tvrdost taveného sýra. V prvním dni se tvrdost zvyšovala skoro lineárně se vzrůstající koncentrací κ-karagenanu. V 7. a 30. den měření měly křivky velice podobný charakter, a to takový, že se tvrdost taveného pozvolna zvyšovala do koncentrace κ-karagenanu 0,6 % (w/w) a od této koncentrace měla křivka strmější charakter, z čehož vyplývá, že se tvrdost rychle zvyšuje. Při porovnání výsledků tvrdosti v jednotlivých dnech šlo vyvodit z polynomičtých rovnic třetího stupně závěr, že se zvyšovala hodnota absolutního členu s prodlužující se dobou skladování. Z toho vyplynulo, že tvrdost tavených sýrů v prvních dnech dosahovala menších hodnot a s přibývajícím časem se tyto hodnoty zvyšovaly.



Graf 7 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

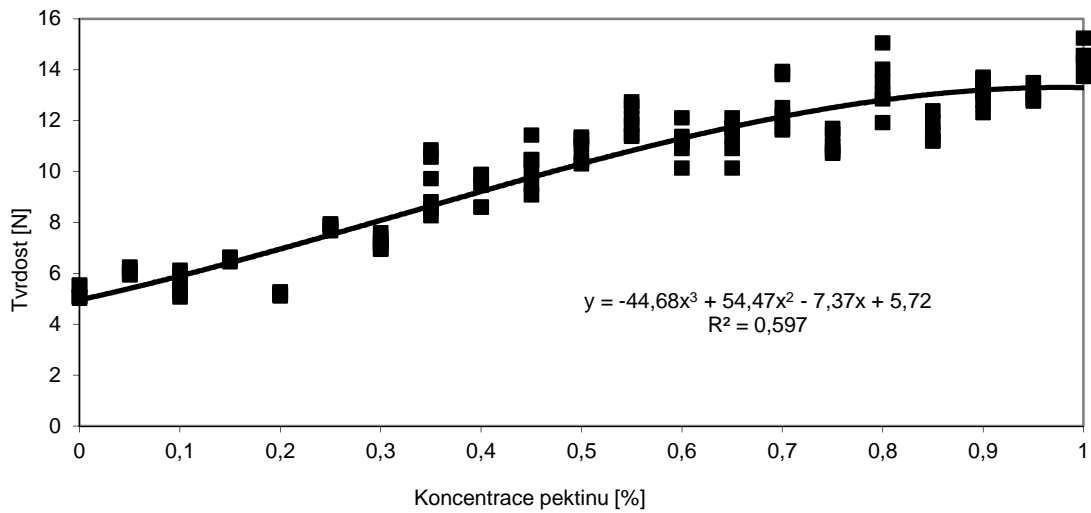


Graf 8 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

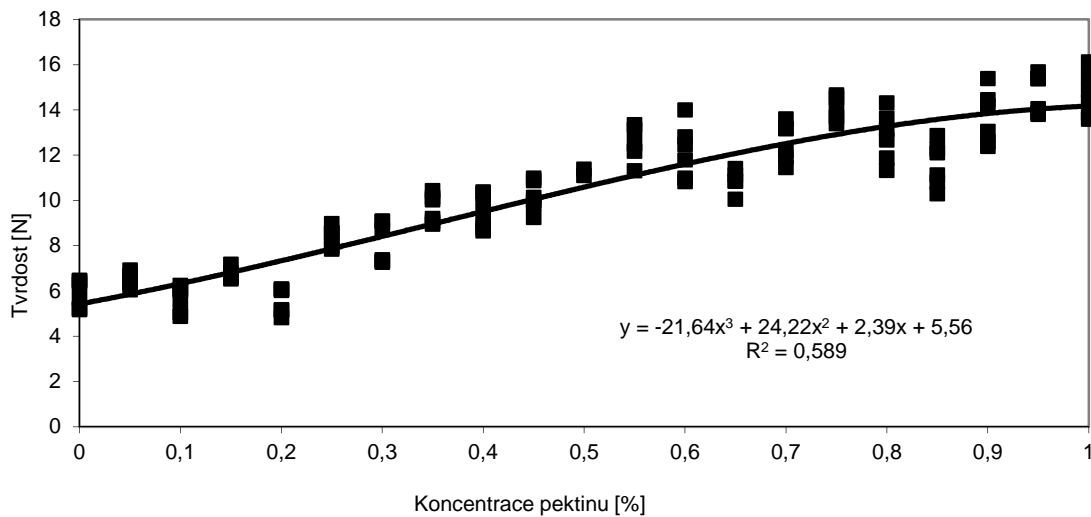


Graf 9 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

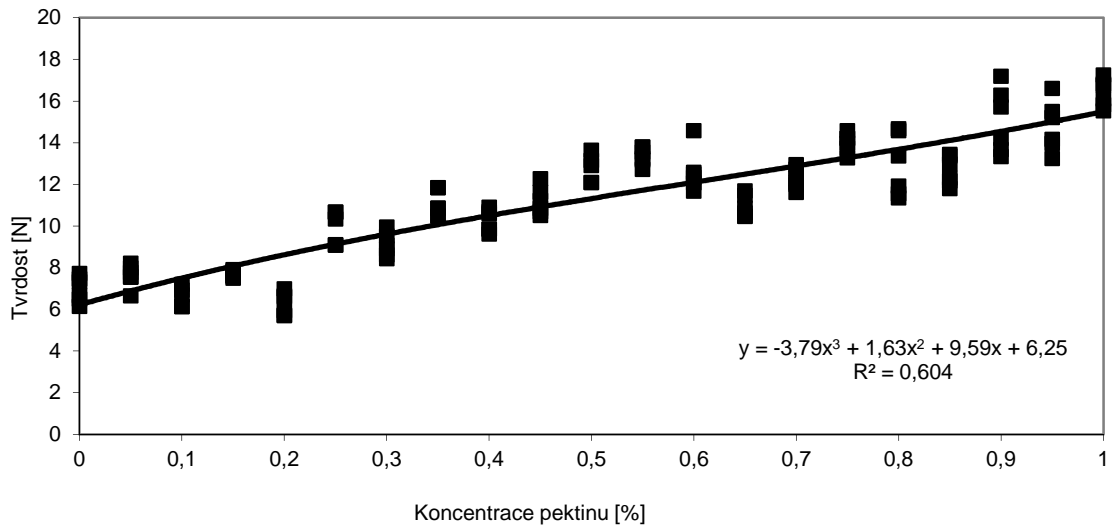
Z grafů 7 - 9 bylo patrné, že se se vzrůstající koncentrací pektinu se stupněm esterifikace 47,3 % zvyšovala tvrdost taveného sýra. Ve všech třech měřících dnech měly křivky prakticky stejný charakter. Se zvyšující se koncentrací pektinu do koncentrace 0,6 % (w/w) se tvrdost zvyšovala pozvolna. S další zvyšující se koncentrací pektinu tvrdost stoupala rychleji. Při porovnání velikostí tvrdostí tavených sýrů v jednotlivých dnech měření z rovnic polynomu třetího stupně a jejich hodnot absolutních členů se dospělo k výsledku, že s prodlužující se dobou skladování se zvyšovala tvrdost a k 30. dnu nabývala nejvyšších hodnot.



Graf 10 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

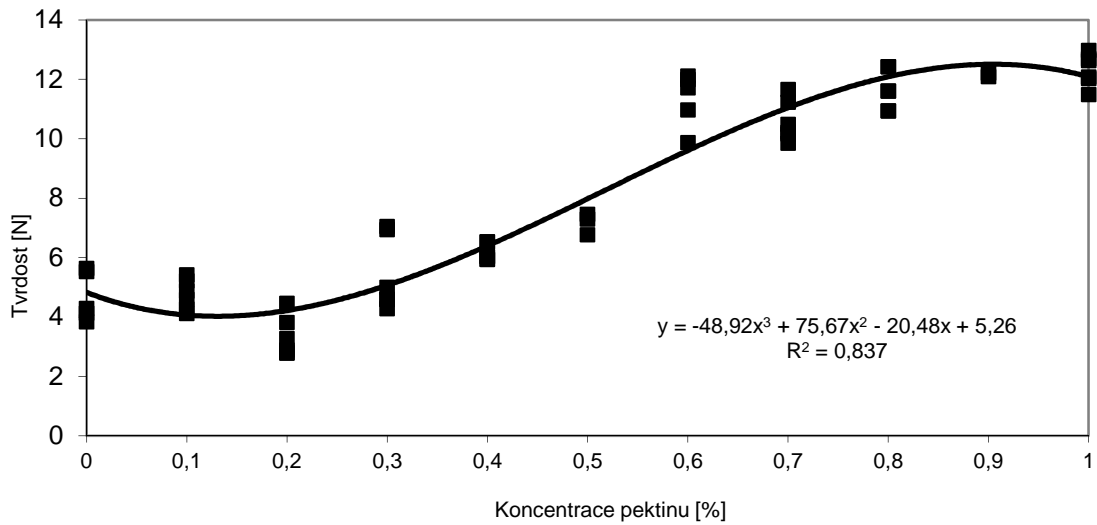


Graf 11 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

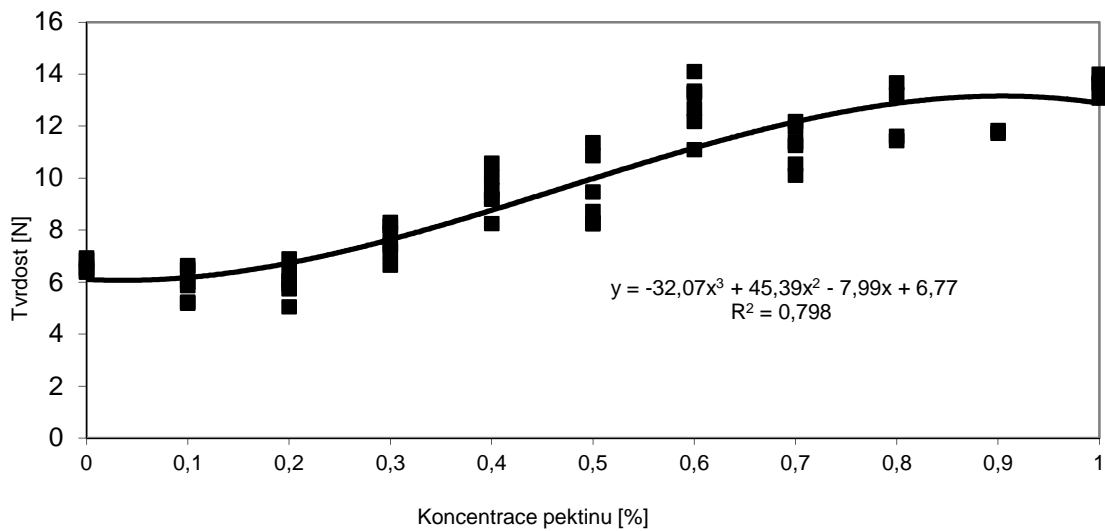


Graf 12 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

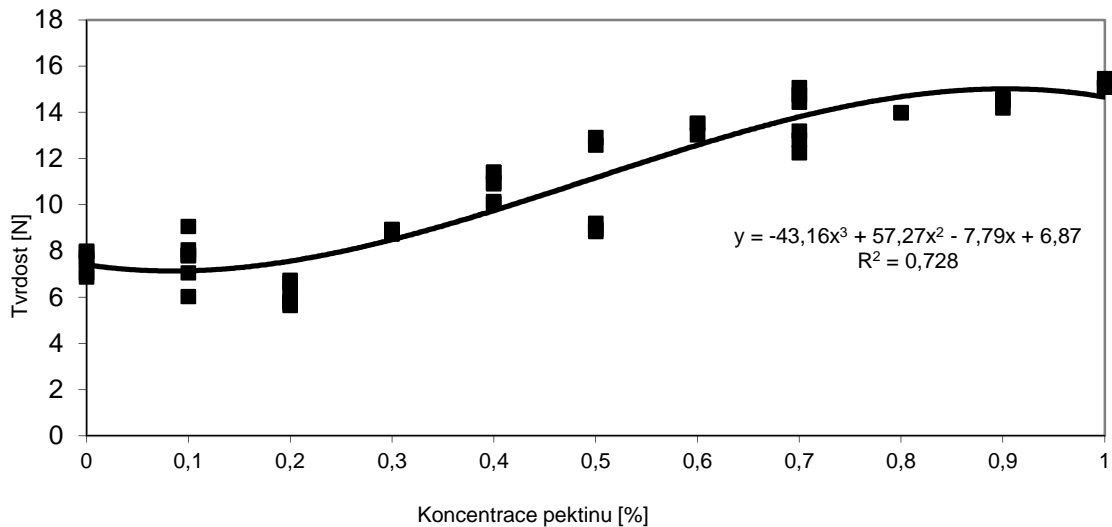
Z grafů 10 - 12 šlo vyvodit, že se se vzrůstající koncentrací pektinu, tentokrát o stupni esterifikace 56,3 %, zvyšovala tvrdost taveného sýra. Křivky ve všech třech měřících dnech měly podobný trend a prakticky lineárně se zvyšovala tvrdost se vzrůstající koncentrací pektinu. Tvrdost neovlivňovala jen koncentrace pektinu, ale i doba skladování. 1. a 7. den nabývaly tavené sýry podobných hodnot tvrdosti. 30. den dosahovaly nejvyšší hodnotu absolutního členu z rovnice polynomu třetího stupně, tudíž měly vyšší tvrdost.



Graf 13 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

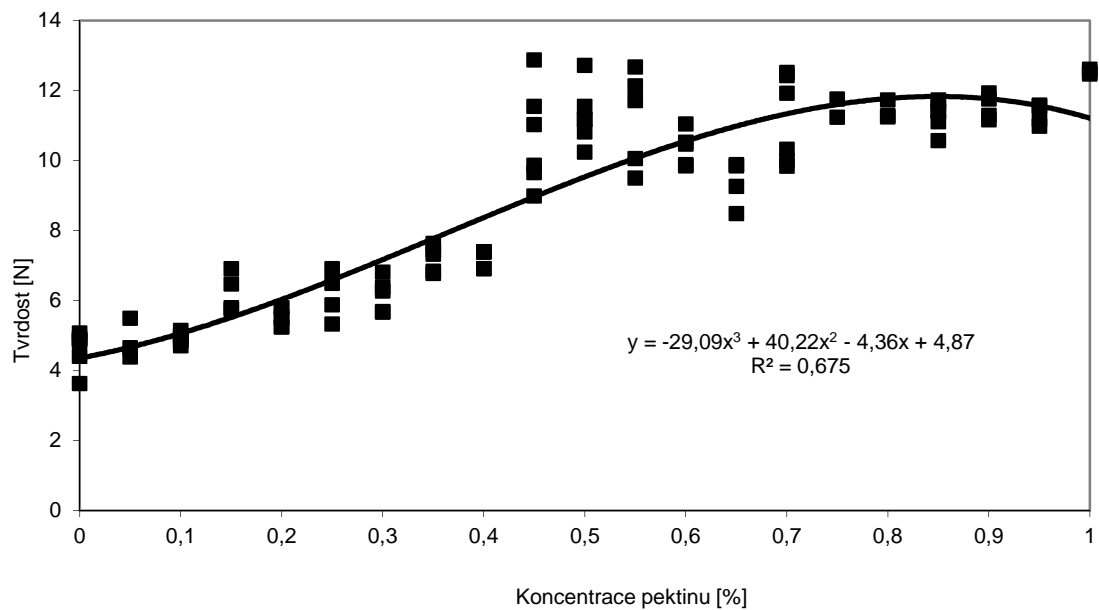


Graf 14 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

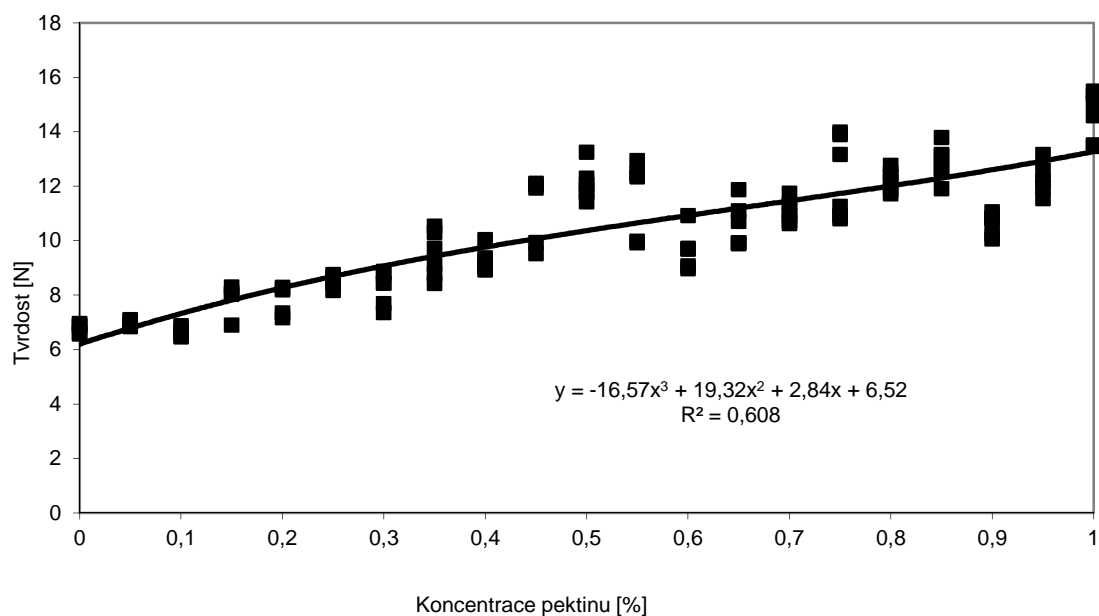


Graf 15 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

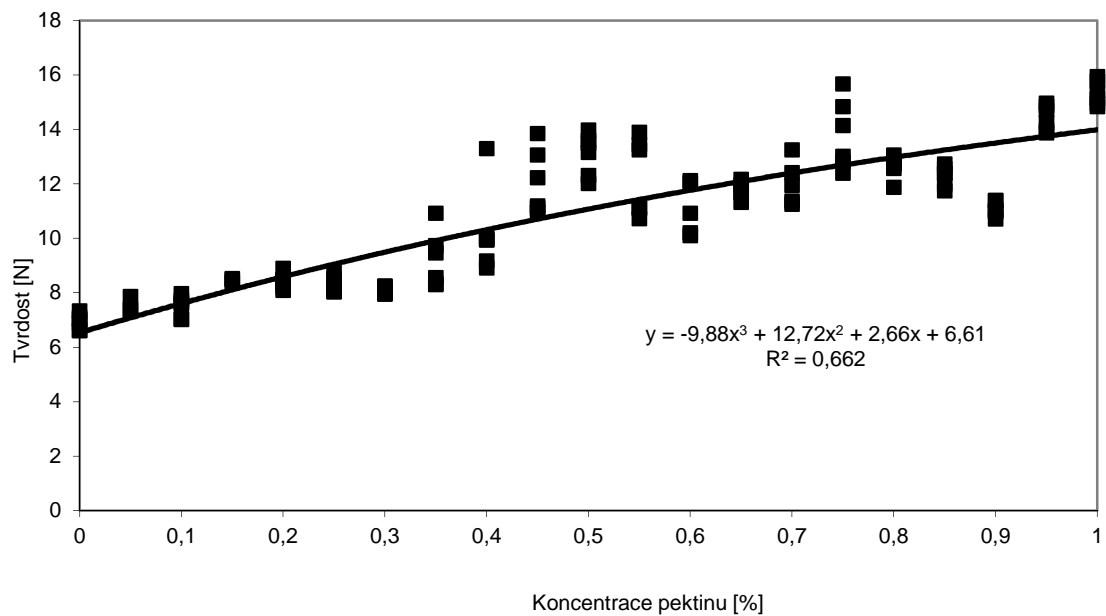
I zde platilo, že se zvyšující koncentrací pektinu rostla tvrdost taveného sýra ve všech měřících dnech (znázorněno v grafech 13 - 15). U pektinu o stupni esterifikace 61,5 % vyšlo, že se rychlost zvyšování tvrdosti mění v etapách. Pomalé zvyšování tvrdosti se dělo při nárůstu koncentrace do 0,3 % (w/w). Od této koncentrace docházelo k rychlejšímu nárůstu tvrdosti až koncentrace 0,6 % (w/w) a zase od koncentrace pektinu 0,6 až do 1,0 % se tvrdost zvyšovala pomalu. Při srovnání absolutních členů z polynomických rovnic třetího stupně v čase skladování bylo patrné, že nejmenší tvrdost byla v prvním dni měření a nejvyšších hodnot nabývala v posledním měřeném, tedy třicátém dni od data výroby.



Graf 16 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

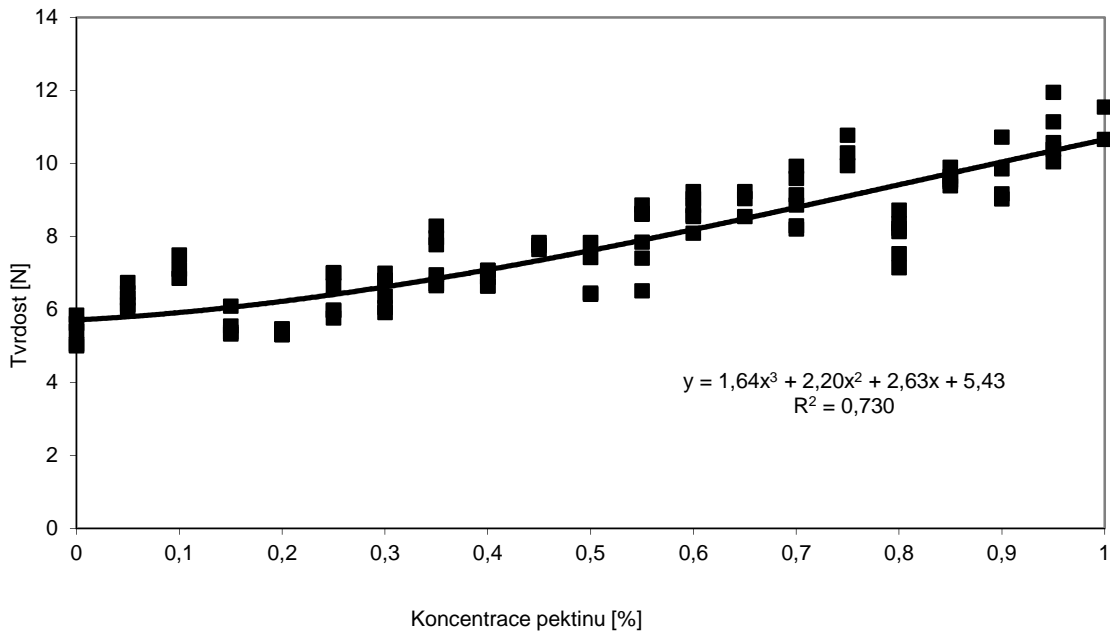


Graf 17 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

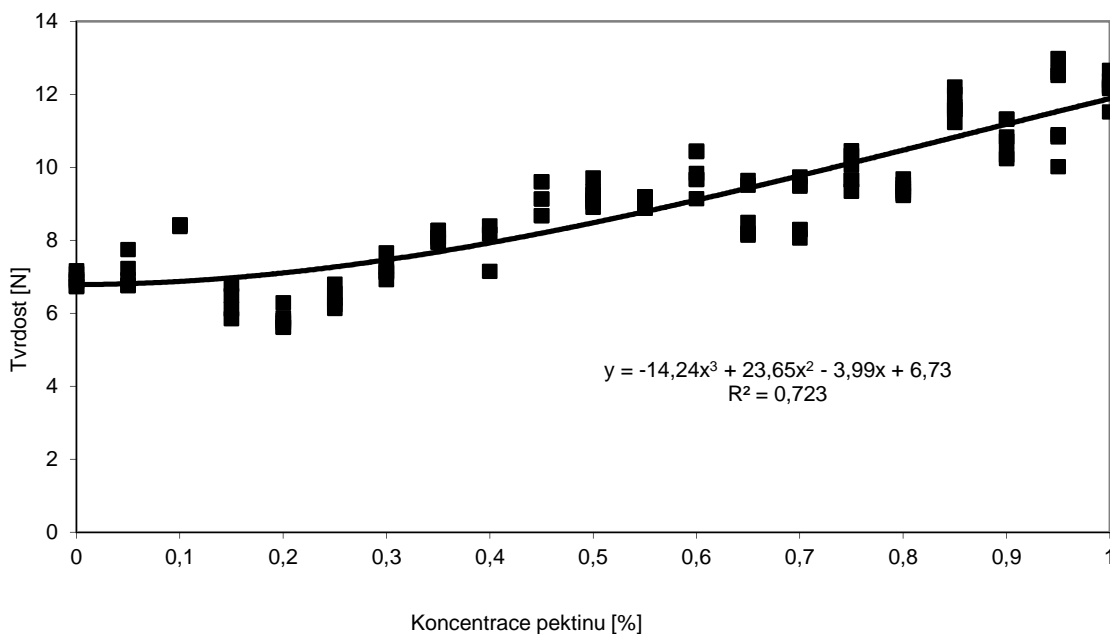


Graf 18 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

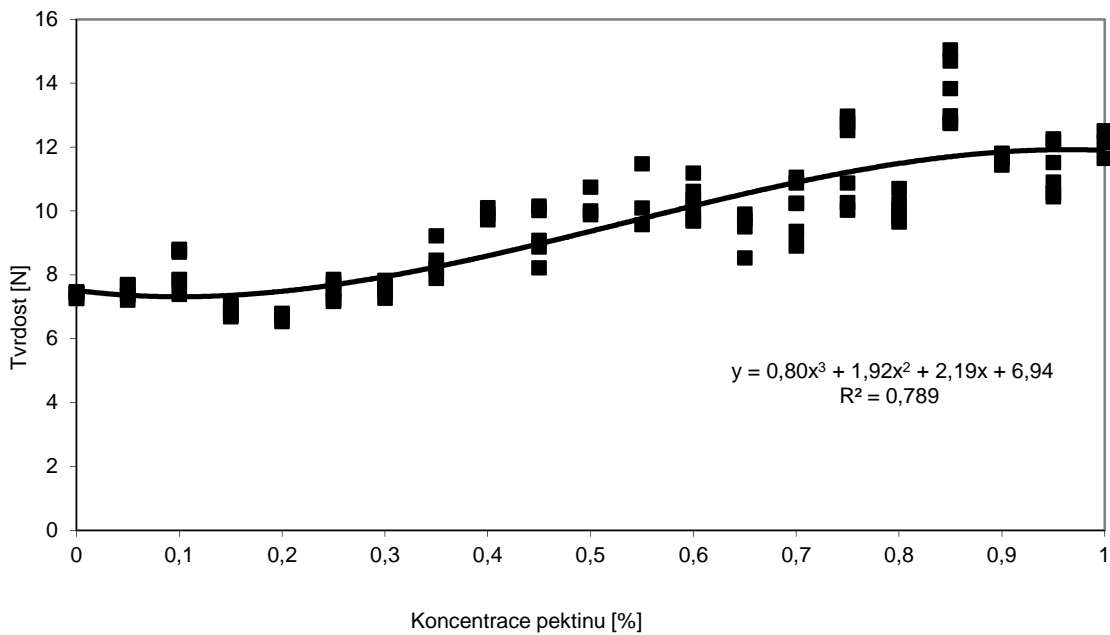
U pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (grafy 16 - 18) se zvyšovala hodnota tvrdosti taveného sýra se vzrůstající koncentrací pektinu. Zároveň i zde platilo, že nejvyšších tvrdostí se dosahovalo u tavených sýrů analyzovaných 30 dní od výroby, protože v tomto dni byla nejvyšší hodnota absolutního členu z rovnic polynomu třetího stupně.



Graf 19 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C

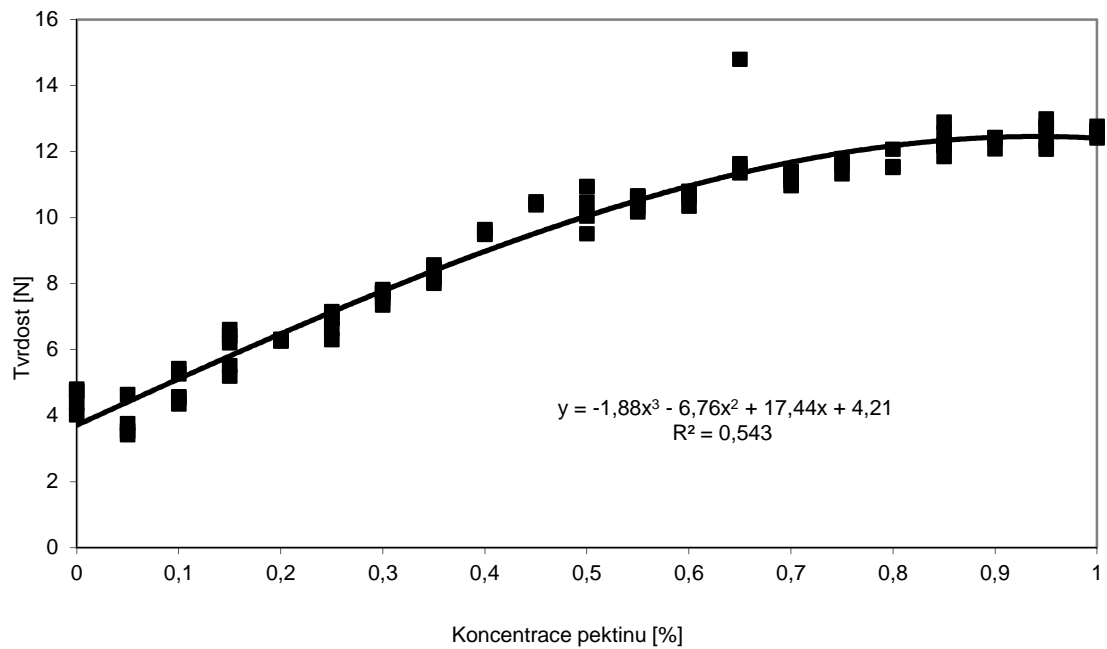


Graf 20 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C

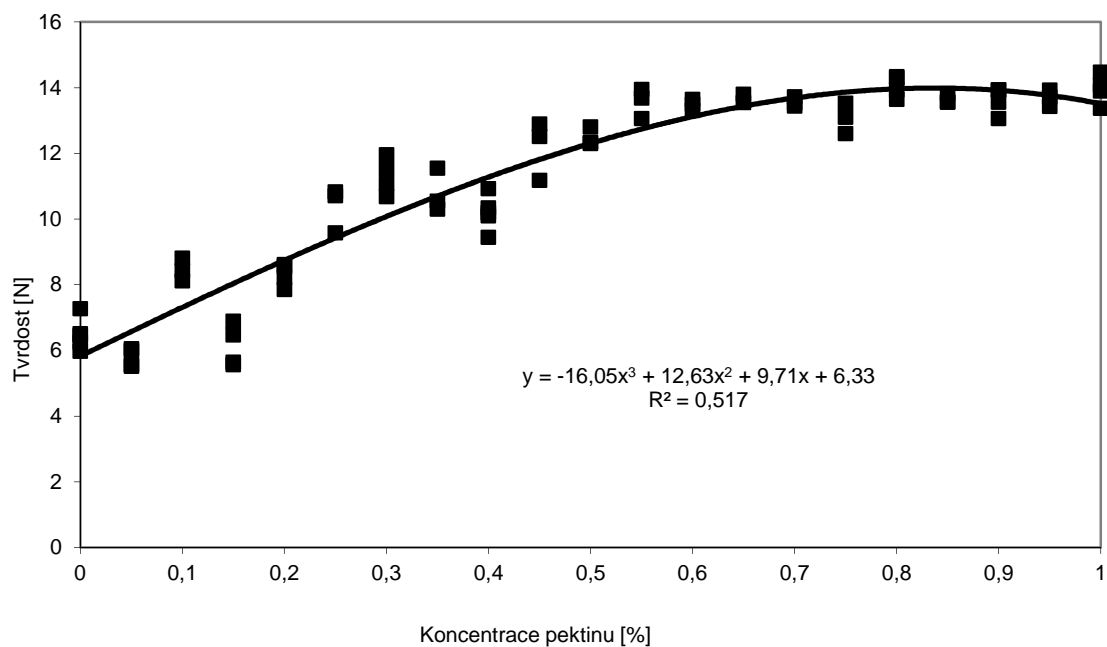


Graf 21 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

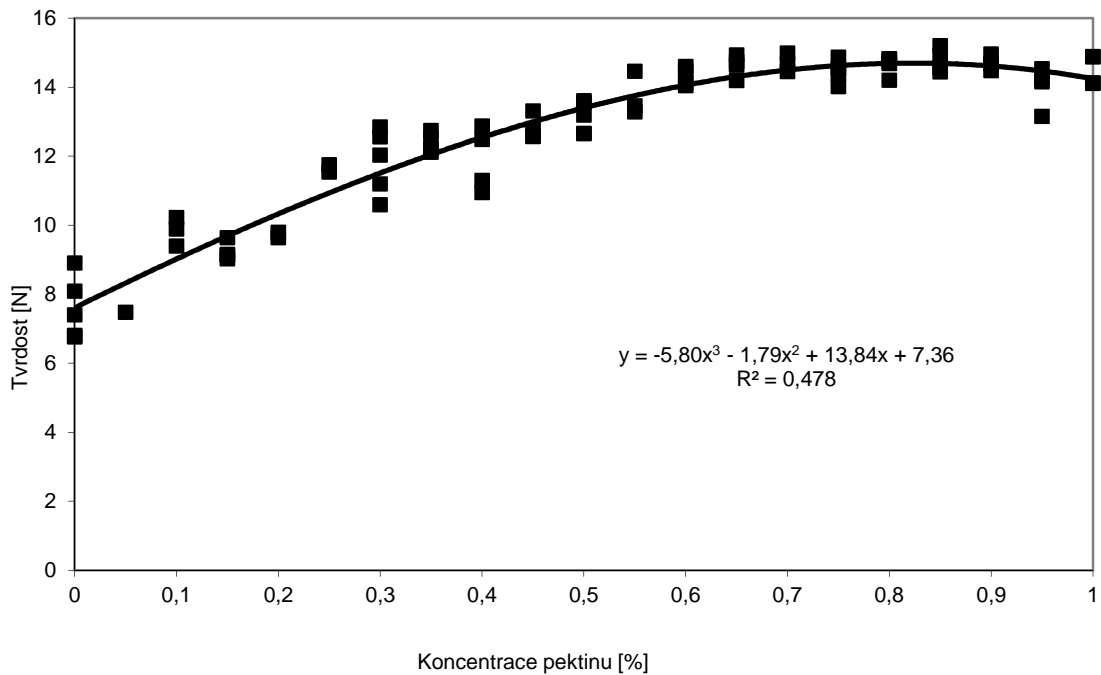
Pro pektin o stupni esterifikace 65,0 % platilo, že se zvyšujícím se přidavkem pektinu zvyšovala i tvrdost taveného sýra ve všech měřících dnech (znázorněno v grafech 19 - 21). Hodnota absolutního členu z rovnic polynomu třetího stupně vystihovala to, že se tvrdost tavených sýrů zvyšovala v čase. Nejmenších hodnot tvrdostí tavených sýrů nabývaly měřené po prvním dni, oproti taveným sýrům měřeným sedmý a třicátý den.



Graf 22 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 71,7 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C



Graf 23 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C



Graf 24 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 71,7 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C

Při použití pektinu o stupni esterifikace 71,7 % (grafy 22 - 24), se s jeho vzrůstající koncentrací rychle zvyšovala tvrdost taveného sýra do koncentrace 0,6 % (w/w) ve všech měřících dnech. V porovnání s ostatními pektiny o nižším stupni esterifikace byl zde prokazatelně nejrychlejší nárůst tvrdosti. Déle se pak už tvrdost zvyšovala jen pozvolna. Z rovnic polynomu třetího stupně a jejich hodnot absolutního členu šlo pozorovat, jak se měnila tvrdost tavených sýrů v jednotlivých dnech, kdy nejnižších hodnot nabývala v 1. dni a nejvyšších hodnot v 30. dni od data výroby.

6.2.2 Relativní lepivost

Jak bylo uvedeno výše, relativní lepivost je poměr absolutních hodnot píku A2 ku A1 znázorněno na obr. 9. Výsledky jsou uvedeny v naměřených hodnotách uvedených v tab. 3 a 4 a v rozmezí intervalů, ve kterých se tyto hodnoty pohybovaly.

Tab. 3 Výsledné hodnoty relativních lepivosti při dané koncentraci agaru naměřené 1., 7. a 30. den

Koncentrace agaru [%]	Hodnoty relativních lepivostí [-]		
	1. den	7. den	30. den
Kontrola	0,17 ± 0,02	0,16 ± 0,01	0,15 ± 0,01
0,05	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,02
0,10	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,02
0,15	0,16 ± 0,01	0,17 ± 0,03	0,14 ± 0,02
0,20	0,18 ± 0,02	0,16 ± 0,02	0,15 ± 0,02
0,25	0,19 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,01
0,30	0,18 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01
0,35	0,16 ± 0,02	0,14 ± 0,01	0,13 ± 0,02
0,40	0,16 ± 0,02	0,14 ± 0,02	0,13 ± 0,01
0,45	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,02
0,50	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,02	0,15 ± 0,02
0,55	0,15 ± 0,03	0,15 ± 0,01	0,15 ± 0,01
0,60	0,14 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,02
0,65	0,13 ± 0,01	0,15 ± 0,01	0,14 ± 0,01
0,70	0,13 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,14 ± 0,01
0,75	0,11 ± 0,02	0,12 ± 0,02	0,15 ± 0,01
0,80	0,10 ± 0,01	0,14 ± 0,01	0,16 ± 0,02
0,85	0,11 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,16 ± 0,01
0,90	0,10 ± 0,03	0,16 ± 0,02	0,16 ± 0,03
0,95	0,08 ± 0,02	0,18 ± 0,01	0,15 ± 0,01
1,00	0,11 ± 0,01	0,17 ± 0,01	0,17 ± 0,01

Hodnoty relativních lepivostí uvedených v tab. 3 se snižovaly se vzrůstající koncentrací agaru jen u prvního dne. V dalších dnech analyzování se neměnily. Relativní lepivost se pohybovala v rozmezí 0,08 – 0,19. Nejnižší hodnoty byly sledovány u tavených sýrů s přidavkem agaru 0,7 - 1,0 % (w/w) měřené 1. den po výrobě. Horních hranic nabývaly tavené sýry analyzované 7. a 30. den od data výroby.

Tab. 4 Výsledné hodnoty relativních lepivostí při dané koncentraci κ -karagenanu naměřené 1., 7. a 30 den

Koncentrace κ -karagenanu [%]	Hodnoty relativních lepivostí [-]		
	1. den	7. den	30. den
kontrola	0,20 ± 0,01	0,24 ± 0,01	0,23 ± 0,02
0,05	0,21 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,22 ± 0,01
0,10	0,21 ± 0,01	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02
0,15	0,22 ± 0,02	0,19 ± 0,02	0,25 ± 0,02
0,20	0,18 ± 0,01	0,24 ± 0,02	0,22 ± 0,02
0,25	0,21 ± 0,03	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,02
0,30	0,18 ± 0,01	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,01
0,35	0,15 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,21 ± 0,02
0,40	0,15 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,21 ± 0,01
0,45	0,19 ± 0,02	0,23 ± 0,02	0,21 ± 0,02
0,50	0,20 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,21 ± 0,01
0,55	0,19 ± 0,02	0,22 ± 0,02	0,22 ± 0,02
0,60	0,21 ± 0,02	0,23 ± 0,03	0,22 ± 0,01
0,65	0,20 ± 0,03	0,22 ± 0,01	0,21 ± 0,02
0,70	0,17 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,01
0,75	0,18 ± 0,02	0,20 ± 0,02	0,20 ± 0,02
0,80	0,18 ± 0,01	0,21 ± 0,01	0,21 ± 0,02
0,85	0,16 ± 0,02	0,21 ± 0,02	0,21 ± 0,02
0,90	0,18 ± 0,02	0,20 ± 0,01	0,20 ± 0,01
0,95	0,16 ± 0,02	0,18 ± 0,02	0,21 ± 0,02
1,00	0,16 ± 0,01	0,19 ± 0,02	0,19 ± 0,01

Z výsledků naměřených hodnot uvedených v tab. 4 vyplynulo, že se relativní lepivost se zvyšující se koncentrací κ -karagenanu velice pomalu snižovala. Relativní lepivost se pohybovala v rozmezí 0,16 – 0,25, kdy nejnižších hodnot nabývala při koncentracích blízcím se přídatku 1 % (w/w) κ -karagenanu a nejvyšších hodnot byly zaznamenány u kontroly, tedy vzorku bez přídatku κ -karagenanu.

Pektiny se stupněm esterifikace 47,3 % (nízkoesterifikový pektin) nabývaly hodnot 0,19 - 0,41. Nejnižší hodnoty relativní lepivosti se vyskytovaly u tavených sýrů s přídavkem 0,9 – 1,0 % (w/w) pektinu a nejvyšší hodnot při koncentracích do 0,2 % (w/w).

U pektinu se stupněm esterifikace 56,3 % se hodnoty relativní lepivosti pohybovaly v intervalu 0,15 - 0,35. I zde platilo, že nejnižších hodnot dosahují tavené sýry při použití maximálních koncentrací pektinu a naopak nejvyšších hodnot u nízkých koncentrací.

U pektinu se stupněm esterifikace 61,5 % se hodnoty relativní lepivosti pohybovaly v nejmenším rozmezí a to od 0,25 – 0,35. I v této modelové řadě platilo, že se vzrůstající koncentrací pektinu klesá hodnota relativní lepivosti.

Pektin se stupněm esterifikace 64,5 % vykazoval stejné charakteristiky jako předchozí pektiny a hodnoty relativních lepivostí se pohybovaly v intervalu 0,20 - 0,35.

Hodnoty relativní lepivosti u pektinu se stupněm esterifikace 65,0 % vyšly podobně jako u předešlého pektinu a i rozmezí hodnot se pohybovalo ve stejné hladině, tedy 0,20 - 0,35.

U pektinu se stupněm esterifikace 71,7 % se pohybovaly hodnoty v rozmezí 0,15 - 0,45. Toto rozmezí ale podstatně neovlivňovala zvyšující se koncentrace pektinu, kdy hodnoty v jednotlivých dnech měření byly prakticky neměnné, nýbrž doba skladování. Nejvyšších hodnot bylo docíleno v 1. dni a nejnižších hodnot v 30. dni od data výroby.

U všech pektinů lze zároveň říci, že se v závislosti na době skladování mění také relativní lepivost. Tavené sýry analyzované 1. den vykazovaly vyšší hodnoty, než tavené sýry analyzované v pozdějších dnech. Nejnižších hodnot dosahovaly tavené sýry analyzované 30. den od data výroby.

6.2.3 Kohezivnost

Kohezivnost (soudržnost) vyjadřuje sílu vnitřních vazeb, které tvoří danou potravinu. Výsledky jsou uvedeny v naměřených hodnotách uvedených v tab. 5 a 6 a v rozmezí intervalů, ve kterých se tyto hodnoty pohybovaly.

Tab. 5 Výsledné hodnoty kohezivnosti při dané koncentraci agaru naměřené 1., 7. a 30. den

Koncentrace agaru[%]	Hodnoty kohezivnosti [-]		
	1. den	7. den	30. den
kontrola	0,56 ± 0,02	0,58 ± 0,01	0,56 ± 0,01
0,05	0,57 ± 0,01	0,56 ± 0,02	0,55 ± 0,02
0,10	0,60 ± 0,02	0,56 ± 0,03	0,56 ± 0,03
0,15	0,55 ± 0,01	0,57 ± 0,02	0,56 ± 0,01
0,20	0,58 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,56 ± 0,02
0,25	0,55 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,56 ± 0,01
0,30	0,56 ± 0,01	0,55 ± 0,02	0,55 ± 0,02
0,35	0,57 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,56 ± 0,03
0,40	0,57 ± 0,02	0,57 ± 0,02	0,56 ± 0,02
0,45	0,58 ± 0,02	0,57 ± 0,01	0,55 ± 0,02
0,50	0,57 ± 0,02	0,57 ± 0,01	0,57 ± 0,01
0,55	0,59 ± 0,02	0,56 ± 0,02	0,55 ± 0,02
0,60	0,54 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,56 ± 0,01
0,65	0,58 ± 0,02	0,56 ± 0,01	0,58 ± 0,02
0,70	0,57 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,57 ± 0,02
0,75	0,56 ± 0,03	0,57 ± 0,01	0,59 ± 0,02
0,80	0,53 ± 0,02	0,57 ± 0,01	0,58 ± 0,01
0,85	0,55 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,56 ± 0,02
0,90	0,53 ± 0,01	0,56 ± 0,01	0,57 ± 0,01
0,95	0,53 ± 0,02	0,55 ± 0,02	0,56 ± 0,02
1,00	0,60 ± 0,03	0,56 ± 0,01	0,57 ± 0,01

Z výsledků uvedených v tab. 5 je patrné, že se hodnota kohezivnosti prakticky neměnila se zvyšující koncentrací agaru a i s ohledem na dobu skladování zůstávaly hodnoty podobné v porovnání s jednotlivými dny. Hodnota kohezivnosti se pohybovala v rozmezí 0,53 - 0,60.

Tab. 6 Výsledné hodnoty kohezivnosti při dané koncentraci κ -karagenanu naměřené 1., 7. a 30. den

Koncentrace κ -karagenanu [%]	Hodnoty kohezivnosti [-]		
	1. den	7. den	30. den
kontrola	0,49 ± 0,01	0,52 ± 0,01	0,54 ± 0,02
0,05	0,48 ± 0,02	0,52 ± 0,02	0,52 ± 0,02
0,10	0,47 ± 0,01	0,54 ± 0,03	0,53 ± 0,02
0,15	0,45 ± 0,02	0,54 ± 0,01	0,52 ± 0,01
0,20	0,53 ± 0,02	0,51 ± 0,01	0,53 ± 0,02
0,25	0,48 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,51 ± 0,02
0,30	0,46 ± 0,03	0,50 ± 0,01	0,52 ± 0,01
0,35	0,51 ± 0,02	0,49 ± 0,02	0,49 ± 0,01
0,40	0,51 ± 0,01	0,49 ± 0,02	0,49 ± 0,03
0,45	0,45 ± 0,01	0,50 ± 0,02	0,50 ± 0,02
0,50	0,46 ± 0,02	0,50 ± 0,01	0,50 ± 0,02
0,55	0,47 ± 0,01	0,50 ± 0,01	0,51 ± 0,02
0,60	0,46 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,50 ± 0,02
0,65	0,45 ± 0,03	0,49 ± 0,02	0,51 ± 0,01
0,70	0,48 ± 0,02	0,52 ± 0,02	0,50 ± 0,01
0,75	0,48 ± 0,02	0,51 ± 0,01	0,51 ± 0,02
0,80	0,46 ± 0,03	0,51 ± 0,02	0,50 ± 0,02
0,85	0,49 ± 0,02	0,50 ± 0,02	0,51 ± 0,01
0,90	0,49 ± 0,02	0,51 ± 0,02	0,52 ± 0,01
0,95	0,48 ± 0,02	0,53 ± 0,02	0,51 ± 0,02
1,00	0,48 ± 0,01	0,51 ± 0,01	0,51 ± 0,02

U κ -karagenanu vyšly velice podobné výsledky kohezivnosti jako u agaru a platí stejné vlastnosti. Tedy se vzrůstající koncentrací κ -karagenanu a s dobou skladování se kohezivnost neměnila (hodnoty jsou uvedeny v tab. 6). U těchto vzorků tavených sýrů se hodnota kohezivnosti pohybovala v rozmezí 0,45 - 0,54.

Výsledky kohezivnosti se u všech druhů pektinů pohybovaly v intervalu 0,45 - 0,65. U všech pektinů měly výsledky podobných průběh, a to takový, že se vzrůstající koncentrací pektinu nekolísala hodnota kohezivnosti a tudíž ji neovlivňoval.

6.3 Souhrnná diskuze

Vyrobené modelové vzorky tavených sýrů s přidavkem vybraného hydrokoloidu byly analyzovány ve třech měřících dnech (1. 7. a 30.) od data výroby, přičemž do této doby byly skladovány při teplotě 6 ± 2 °C. U těchto tavených sýrů byla sledována sušina a pH pro možnost porovnání chemických parametrů jednotlivých vzorků a texturní profilovou analýzou byly sledovány parametry tvrdosti, relativní lepivosti a kohezivnosti.

Snahou u všech modelových vzorků bylo vyrobit takové tavené sýry tak, aby se obsah sušiny pohyboval v hodnotách 40 % (w/w) s tolerancí ± 1 %. Pro všechny tři druhy hydrokoloidů byl splněn spodní limit tolerance, přičemž horní hranice byla mírně překročena ve všech třech případech přidavku. Maximum se pohybovalo v hodnotě 41,76 % pro pektiny. Trend v klesajících či stoupajících hodnotách sušiny při přidavku narůstajících koncentrací jednotlivých hydrokoloidů nebyl pozorován pro žádný z vyrobených modelových vzorků. Rovněž při sledování hodnot v průběhu skladování nebyly sledovány výkyvy od požadovaných rozměrů. Lze tedy říci, že hodnoty sušiny byly pro modelové vzorky porovnatelné a neovlivňovaly konečné výsledky texturní profilové analýzy.

Stejně závěry, tedy že nebyl pozorován narůstající či klesající trend v závislosti na narůstajícím přidavku hydrokoloidu nebo délce skladování, bylo možné uvést i u hodnot pH modelových vzorků. Optimální hodnoty pH pro roztíratelné tavené sýry se pohybují v rozmezí 5,6 až 6,1. Tohoto optima se podařilo dosáhnout u vzorků s přidavkem pektinu, přičemž s přidavkem agaru a κ -karagenanu byly hodnoty na spodní hranici a i mírně pod tímto rozmezím (minimální hodnoty agaru 5,53; κ -karagenanu 5,46).

Z texturních vlastností byla sledována tvrdost tavených sýrů. Z naměřených hodnot přidavku všech tří hydrokoloidů se dospělo k dvěma výsledkům a to, že se tvrdost tavených sýrů zvyšuje s delší dobou skladování a se zvyšující se koncentrací všech použitých hydrokoloidů. Rozdíl je ale v tom, jakých hodnot tyto tavené sýry dosahovaly. Tavené sýry s přidavkem agaru a κ -karagenanu vykazovaly podobný trend nárůstu hodnot tvrdosti (40 N), ale tavené sýry s přidavkem pektinu dosahovaly mnohem nižších hodnot (16 N). Vysvětlení podle Sharma *et al.* [52] je v hodnotě pH výrobku, která ovlivňuje tvorbu gelu pektinu. Jelikož při výrobě byly použity zejména vysokoesterifikované pektiny (až na jeden nízkoesterifikovaný), pro něž optimální hodnota

pH pro tvorbu gelu je nižší než 3,50 a vyrobené tavené sýry dosahovaly hodnot 5,80 - 6,00, docházelo k malým interakcím, protože nebyla potlačena elektrostatická odpudivost karboxylových skupin.

Narůstající hodnoty tvrdosti s dobou skladování popsal Flourey *et al.* [69], který uvádí, že v průběhu skladování lze předpokládat větší interakce v oblasti vazby vody a pravděpodobně také reakce s kaseinovými bílkovinami, které „dotvoří“ finální matici taveného sýra a výsledkem jsou tedy vyšší hodnoty tvrdosti.

Tvrdość agaru vykazovala narůstající hodnoty v závislosti na narůstajícím přídávku hydrokoloidu. Hraničním bodem pro všechny tři měřicí dny byla koncentrace 0,6 %, do které se 1. den měření tvrdost zvyšovala pozvolna, přičemž po překročení této hranice byl pozorovaný rapidnější nárůst. Oproti tomu 7. a 30. den skladování vykazovaly opačný trend, tzn., že do koncentrace 0,6 % byl pozorován rychlý nárůst tvrdosti oproti vyšším koncentracím, kde bylo zvyšování tvrdosti už mírnější. Vysvětlení těchto trendů lze najít u Imeson *et al.* [36], kteří tvrdí, že je pro tvorbu pevnějších struktur nutná přítomnost vodíkových vazeb. Mění se trendy s dobou skladování je možno vysvětlit prací Caric & Kalab *et al.* [4]. Při dotváření finální struktury tavených sýrů se vytváří vodíkové vazby a tím se i zvyšuje tvrdost tavených sýrů s přídávkem agaru.

Nárůst hodnot tvrdosti s narůstající koncentrací κ -karagenanu vykazoval 1. měřicí den téměř lineární trend. Pro další dny měření byla nalezena hraniční koncentrace 0,6 %, do které byl pozorovaný nárůst hodnot tvrdosti pozvolný, po překročení této koncentrace byl strmější. Vysvětlení nárůstu tvrdosti tavených sýrů se zvyšující se koncentrací κ -karagenanu je podle studií Nickerson *et al.* [41] a Langendorff *et al.* [47] ve způsobu interakcí κ -karagenanu. Ve vyšších koncentracích se vyskytují interakce hlavně mezi samotnými molekulami κ -karagenanu, což se projeví vyšší tvrdostí. Obdobnou teorii popsali ve své práci Černíková *et al.* [70], kteří uvádí, že zvyšující se koncentrace κ -karagenanu v tavených sýrech změní vlastnosti jeho gelu, který vykazuje vyšší tuhost. To by mohlo být vysvětleno tím, že jsou s rostoucí koncentrací κ -karagenanu pozorovány intenzivnější interakce mezi řetězci karagenanu, což vede k vytvoření "hustší" (intenzivnější) síťové struktury.

Téměř lineární nárůst hodnot tvrdosti s narůstající koncentrací pektinu byla pozorována u stupňů esterifikace 56,3 %; 64,5 % a 65,0 %. Pro pektin se stupněm esterifikace 47,3 % byl nárůst tvrdosti pozvolný až do koncentrace 0,6 %, poté strmější. Opačný trend

byl pozorován u pektinu se stupněm esterifikace 71,7 %. Pektin se stupněm esterifikace 61,5 % vykazoval mírný nárůst tvrdosti do koncentrace 0,3 %, poté byl pozorován rychlý nárůst a od koncentrace 0,6 % opět zpomalený nárůst tvrdosti se zvyšující se koncentrací pektinu až do konečné hodnoty 1 %.

Při porovnání výsledků tvrdosti tavených sýrů s přidavkem pektinu o různém stupni esterifikace vykazoval nejvyšší hodnoty tvrdosti pektin o stupni esterifikace 71,7 %. Tento poznatek potvrzuje studie Sharma *et al.* [52], kteří uvádí, že se tvrdost gelu zvyšuje se zvyšujícím se stupněm esterifikace pektinu, což je dáno zvýšeným počtem a velikostí spojovacích zón během tvorby gelu, čehož důsledkem je zvyšující se tvrdost tavených sýrů.

Shrnutím výsledků závislosti tvrdosti na koncentraci přidaných hydrokoloidů je skutečnost, že byla nalezena hraniční koncentrace 0,6 %. Přídavek vyšších či nižších koncentrací vedl ke změně rychlosti nárůstu hodnot a to jak k pomalejším, tak naopak i rapidnějším.

Dalším sledovaným texturním parametrem byla relativní lepivost. Relativní lepivost se u všech tavených sýrů snižovala se zvyšující koncentrací a delší dobou skladování, i když u tavených sýrů s přidavkem agaru a κ -karagenanu velice pozvolna. Vysvětlení je možné nalézt u Caric & Kalab *et al.* [4], kteří uvádí, že se při vytváření finální struktury tavených sýrů vytváří tužší a silnější matrice, kterou podporují přídavky hydrokoloidů. Tím se zvyšují adhezivní síly, a proto se snižuje relativní lepivost.

Posledním sledovaným texturním znakem byla kohezivnost (soudržnost) tavených sýrů. Hodnoty kohezivnosti se výrazně neměnily ani se zvyšující se koncentrací použitých hydrokoloidů ani s délkou skladování. Přídavek hydrokoloidů tedy kohezivnost neovlivňuje.

ZÁVĚR

Cílem teoretické části této práce bylo teoreticky formulovat vlastnosti a výrobu tavených sýrů, charakterizovat vybrané hydrokoloidy (agar, κ -karagenan a pektin) a zabývat se jejími interakcemi s mléčnými bílkoviny, zejména tedy s micelami kaseinu.

Úkolem praktické části bylo vyrobit modelové řady vzorků s přidavkem vybraného hydrokoloidu v koncentrační řadě 0 - 1 % (w/w) s posunem koncentrace hydrokoloidu vždy o 0,05 %. Analýza u těchto vzorků probíhala vždy 1., 7. a 30. den od data výroby a to chemická (sušina a pH) a texturní profilová analýza (tvrdost, lepivost a kohezivnost).

Z výsledků lze formulovat tyto závěry:

- se vzrůstajícím přidavkem daného hydrokoloidu (agar, κ -karagenan a pektin) se zvyšovala tvrdost tavených sýrů,
- s prodlužující se dobou skladování se zvyšovala tvrdost tavených sýrů,
- vyšších tvrdostí dosahovaly tavené sýry s přidavkem agaru a κ -karagenanu oproti taveným sýrům s přidavkem pektinu,
- se zvyšujícím stupněm esterifikace se zvyšovala tvrdost taveného sýra,
- relativní lepivost tavených sýrů s přidavkem agaru a κ -karagenanu se podstatně neměnila,
- u tavených sýrů s přidavkem pektinu byl pozorován vyšší účinek snižování hodnoty relativní lepivosti se vzrůstající koncentrací pektinu a s délkou doby skladování,
- na kohezivnost (soudržnost) neměly tyto hydrokoloidy prakticky žádný vliv.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] GUINEE, T.P. *Pasteurized Processed Cheesse Product*. Encyclopedia of Dairy Science, 2003, 1, 411-418. ISBN 0122272358.
- [2] Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [3] PAVELKA, Antonín. *Mléčné výrobky pro vaše zdraví*. první. Brno : Littera, 1996. 105 s. ISBN 80-85763-09-5.
- [4] CARIĆ, M. & KALÁB, M. *Processed cheese products*. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Vol. 2, Major Cheese Groups, 2nd ed. P.F.Fox, ed., Chapman & Hall, London, 1997, 467-505. ISBN 0-412-535106.
- [5] SHIRASHOJI, N., JAEGGI, J. J., & LUCEY, J. A. Effect of sodium hexametaphosphate concentration and cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of Dairy Science*, 2010, 93: 2827–2837.
- [6] FORMAN, L. *Mlékárenské technologie II.*, 2.vydání, Praha, VŠCHT, 1996. ISBN 80-7080-250-2.
- [7] FERNANDES, Rhea. *Dairy products*. Cambridge: Leatherhead Publishing, c2009, xiii, 173 s. ISBN 978-1-9052-2462-3.
- [8] HRABĚ, Jan, Pavel BŘEZINA a Pavel VALÁŠEK. *Technologie výroby potravin živočišného původu: bakalářský směr*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 180 s. ISBN 8073184052.
- [9] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*, 1. Vyd., Brno: MZLU, 1998, 86 – 91, ISBN 80-7157-342-6.
- [10] KADLEC, Pavel. *Technologie potravin II*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2002, 236 s. ISBN 80-7080-510-2.
- [11] BOWLAND, E.L. & FOEGEDING, E.A. Small strain oscillatory sudar and Microstructural analyse of a model processed cheese. *Journal of Dairy Science*. 2001, 2372-2380.
- [12] JOHNSON, M. E, KAPOOR, R., McMAHON, D. J, McCOY, D. R. & NARASIMMON, R. G. Reduction of Sodium and Fat Levels in Natural and

- Processed Cheeses: Scientific and Technological Aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Vol. 8, 2009, 252-268.
- [13] YOON, W.B. & MCCARTHY, K. L. Flow behavior of processed cheese melts. *Food Science and Technology*. 2003, 559-576
- [14] LEE, S. K. & ANEMA, S. G. The effect of the pH at cooking on the properties of processed cheese spreads containing whey proteins. *Food Chemistry*, 115, 1373-1380.
- [15] BUŇKA, F., BUŇKOVÁ, L., a KRÁČMAR, S. *Základní principy výroby tavených sýrů*, Folia MZLU, Brno, II, 2009. ISBN 978-80-7375-336-8.
- [16] LU, Y., SHIRASHOJI, N. & LUCEY J. A. Rheological, textural and melting properties of commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese. *International Journal of Dairy Technology*. Vol. 60, 2007, 74-80.
- [17] KADLEC, Pavel, Karel MELZUCH a Michal VOLDŘICH. *Co byste měli vědět o výrobě potravin?: technologie potravin*. Vyd. 1. Ostrava: Key Publishing, 2010, 536 s. ISBN 978-80-7418-051-4.
- [18] DRDÁK, Milan. *Základy potravinářských technologií: spracovanie rastlinných a živočišných surovín. Cererálne a fermentačné technológie. Uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996, 495 s. ISBN 8096706411.
- [19] Mlékárenská technologie II: distanční text. 2007, Dostupné z www: http://utbfiles.cepac.cz/moduly/M0029_mlekarenska_tehnologie/distancni_text_II/modul.xml#
- [20] Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek a extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, v platném znění.
- [21] MOLINS, R. A.: *Phosphates in food*. Boca Raton: CRC Press
- [22] Weiserová, E. *Vliv složení binárních a ternárních směsí fosforečnanových tavicích solí na texturní vlastnosti tavených sýrů*. Zlín, 2012. 99 s. Disertační práce UTB Zlín.
- [23] BUŇKA, F., ČERNÍKOVÁ, M., HLADKÁ, K., BUŇKOVÁ, L., Základní charakteristika tavených sýrů a jejich analogů. *Potravinářská revue*, 2010, 6, 29-32.

- [24] CUNHA, C. R. & VIOTTO, W. H. Casein Peptization, Functional Properties, and Sensory Acceptance of Processed Cheese Spreads Made with Different Emulsifying Salts. *Journal of Dairy Science*. 2010, 113-120.
- [25] EL-BAKRY, M., DUGGAN, E., O'RIORDAN, E. D. & O'SULLIVAN, M. Effect of chelating salt type on casein hydration and fat emulsification during manufacture and post-manufacture functionality of imitation cheese. *Journal of Food Engineering 102*. 2010, 145–153.
- [26] DIMITRELI, G., THOMAREIS, A. S. & SMITH, P. G. Effect of Emulsifying Salts on Casein Peptization and Apparent Viscosity of Processed Cheese. International. *Journal of Food Engineering*. 2005.
- [27] LU, Y., SHIRASHOJI, N. & LUCEY, J.A. Effects of pH on the Textural Properties and Meltability of Pasteurized Process Cheese Made with Different Types of Emulsifying Salts. *Food Engineering and Physical Properties*. 2008, 363-369.
- [28] LEE, S. K. & KLOSTERMEYER H. The Effect of pH on the Rheological Properties of Reduced-fat Model Processed Cheese Spreads. *Forschungszentrum fur Milch und Lebensmittel Weihenstephan*. 2001, 288-292.
- [29] 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. *Forschungszentrum fur Milch und Lebensmittel Weihenstephan*. 2002, 54-61.
- [30] BUŇKA, F. a BUŇKOVÁ, L. Úloha tavicích solí při výrobě tavených sýrů. *Potravinářská revue*, 2009, 1, 13-16.
- [31] HOFFMANN, W., GÄRTNER, J., LÜCK, K., JOHANNSEN, N. & MAURER, A. Effect of emulsifying salts containing potassium on the quality of block-type processed cheese. *International Dairy Journal 25*. 2012, 66-72.
- [32] SWENSON, B. J., WENDORFF W. L., & LINDSAY, R.C. Effects of Ingredients on the Functionality of Fat-free Process Cheese Spreads. *Journal of Food Science Vol. 65, No. 5*. 2000, 822-825.
- [33] WILLAMS, P. A. & PHILLIPS, G. O.: Introduction to food hydrocolloids Agar. In *Handbook of hydrocolloids* Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2000.

- [34] SYRBE, A., BAUER, W. & J. KLOSTERMEYER, H. Polymer Science Concepts in Dairy Systems - An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. *Int. Dairy J.*, 1998, vol. 8, no. 3, p. 179-193.
- [35] VELÍŠEK, Jan. Chemie potravin 1. Vyd. 2. uprav. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 8086659003.
- [36] IMESON, A.: Agar. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imerson, A. Blackwell Publishing, 2010, 31-49.
- [37] ARMISEÂN R., GALATAS, F. HISPANAGAR S. A: Agar. In *Handbook of hydrocolloids* Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing, 2000.
- [38] HILLIOUA, L., LAROTONDA, F. D. S., ABREU, P., ABREU, M. H., SERANO, A. M. & GONCALVES, M. P. The impact of seaweed life phase and postharvest storage duration on the chemical and rheological properties of hybrid carrageenans isolated from Portuguese *Mastocarpus stellatus*. *Carbohydrate Polymers* 87. 2012, 2655– 2663.
- [39] GERHARD, A. de R. & BRIAN, R. Carrageenan biotechnology. *Trends in Food Science & Technology*. 1997, 389-395.
- [40] TZIBOULA, A. & HORNE, D. S. Influence of whey protein denaturation on κ -carrageenan gelation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 12. 1999, 299–308
- [41] NICKERSON, M. T., PAULSON, A. T. & HALLETT, F. R. Dilute solution properties of κ -carrageenan polysaccharides: effect of potassium and calcium ions on chain conformation. *Carbohydrate Polymers* 58. 2004, 25–33.
- [42] IMESON, A. P.: Carrageenan. In *Handbook of hydrocolloids*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing, 2000.
- [43] ARLTOFT, D., IPSEN, R., MADSEN, F. & VRIES, J. Interactions between Carrageenans and Milk Proteins: A Microstructural and Rheological Study. *Biomacromolecules*. 2007, 8, 729-736.
- [44] STONE, A. K. & NICKERSON, M. T. Formation and functionality of whey protein isolate – (κ -, ι - and λ -type) carrageenan electrostatic complexes. *Food Hydrocolloids* 27. 2012, 271-277.
- [45] SHCHIPUNOV, Y. A. & CHESNOKOV, A. V. Carrageenan Gels in Skim Milk: Formation and Rheological Properties. *Colloid Journal*, Vol. 65, No. 1. 2003, 105–113.

- [46] NONO, M., DURAND, D. & NICOLAI, T. Rheology and structure of mixtures of ι-carrageenan and sodium caseinate. *Food Hydrocolloids*. 27, 2012, 235-241.
- [47] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A. & DE DRUIF C.G. Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*. 14, 2000, 273–280.
- [48] TISCHER, P. C. S. F., NOSEDA, M. D., FREITAS, R. A., SIERAKOWSKI, M. R. & DUARTE, M. E. R. Effects of iota-carrageenan on the rheological properties of starches. *Carbohydrate Polymers*. 65, 2006, 49–57.
- [49] POPA, E. G., GOMES, M. E. & REIS, R. L. Cell Delivery Systems Using Alginate–Carrageenan Hydrogel Beads and Fibers for Regenerative Medicine Applications. *Biomacromolecules*. 2011, 12, 3952–3961.
- [50] YUGUCHI, Y., URAKAWA, H., KAJIWARA, K. Structural characteristics of carrageenan gels: various types of counter ions. *Food Hydrocolloids*. 2003, vol. 17, p. 481-485
- [51] ENDRAß H.-U.: Pectins. In *Handbook of hydrocolloids*. Eds. Phillips, G. O.; Williams, P. A. Woodhead Publishing. 2000.
- [52] SHARMA, S. K., LIPTAY, A. & MAGUER, M. L. Molecular characterization, physico-chemical and functional properties of tomato fruit pectin. *Food Research International* 30, 1998, 543-547.
- [53] BEAULIEU, M., TURGEON, S. L. & DOUBLIER, J. L. Rheology, texture and microstructure of whey proteins/low methoxyl pectins mixed gels with added calcium. *International Dairy Journal*. 11, 2001, 961–967.
- [54] THO, I., SANDE, S. A. & KLEINEBUDDE, P. Cross-linking of amidated low-methoxylated pectin with calcium during extrusion/spheronisation: Effect on particle size and shape. *Chemical Engineering Science*. 60, 2005, 3899–3907.
- [55] BREJNHOLT, S. M.: Pectins. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imerson, A. Blackwell Publishing. 2010, 237-265.
- [56] YOO, S. H., FISHMAN, M. L., HOTCHKISS Jr., A. T. & LEE, H. G. Viscometric behavior of high-methoxy and low-methoxy pectin solutions. *Food Hydrocolloids*. 20, 2006, 62–67.

- [57] TSOGA, A., RICHARDSON, R. K. & MORRIS, E. R. Role of cosolutes in gelation of high-methoxy pectin. Part 2. Anomalous behaviour of fructose: calorimetric evidence of site-binding. *Food Hydrocolloids*. 18, 2004, 921–932.
- [58] LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., LAUNAY, B., MICHON, C., PARKER, A. & DE DRUIF C.G. Casein micelle/iota carrageenan interactions in milk: influence of temperature. *Food Hydrocolloids*. 13, 1999, 211–218.
- [59] BLAKEMORE, W. & HARPELL, A. R.: Carrageenan. In *Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agents*. Eds. Imerson, A. Blackwell Publishing. 2010, 73-94.
- [60] GARNIER, C., MICHON, C., DURAND, S., CUVELIER, G., DOUBLIER, J.-L. & LAUNAY B. Iota-carrageenan/casein micelles interactions: evidence at different scales. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 31, 2003, 177-184.
- [61] VEGA, C., DALGLEISH, D. G. & GOFF, H. D. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*. 19, 2005, 187–195.
- [62] MAROZIENE, A. & DE KRUIF, C.G. Interaction of pectin and casein micelles. *Food Hydrocolloids*. 14, 2000, 391–394.
- [63] YE, A. Complexation between milk proteins and polysaccharides via electrostatic interaction: principles and applications – a review. *International Journal of Food Science and Technology*. 43, 2008, 406–415.
- [64] ANONYM. Křivka texturní profilové analýzy. [online] [cit. 12. dubna 2013], software Texture Exponent Lite (Stable Micro Systéme, Ltd.).
- [65] TVRDÍK, J. *Analýza dat*. [online] [cit. 21. dubna 2013] Učební texty ostravské univerzity přírodovědecké fakulty, 2002 (opraveno 2006), 77 s. Dostupné na: <http://www.informatika-osu.czechian.net/files/ANDAT.pdf>
- [66] MYNARČÍKOVÁ, L. *Textura tavených sýrů s různou koncentrací alginátu sodného*. Zlín, 2012. 57 s. Bakalářská práce UTB Zlín.
- [67] ROP, Otakar, Pavel VALÁŠEK a Ignác HOZA. *Teoretické principy konzervace potravin I*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2005, 130 s. ISBN 80-7318-339-0.
- [68] INDRA, Zdeněk; MIZERA, Jan. *Chemické kontrolní metody pro obor zpracování mléka: učebnice pro střední průmyslové školy potravinářské*. 1992. [s.l.] : [s.n.], 1992. 273 s. č.j.13197/92

- [69] FLOURY, J., B. CAMIER, F. ROUSSEAU, Ch. LOPEZ, J. P. TISSIER, M. H. FAMELART, Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure-texture relationship. *LTW-Food Science and Technology*, 42, 2009. p. 1611-1620. ISSN 0023-6438.
- [70] ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J. & VALÁŠEK, P. Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22, 1054-1061.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

w/w Hmotnostní procento

např. například

Sb. Sbírka

tzv. tak zvaný

tzn. to znamená

tab. tabulka

obr. obrázek

nm nanometr

cm centimetr

N Newton

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schematické znázornění výměny iontů [15]	17
Obr. 2 Proces tvorby gelu [upraveno podle 36].....	21
Obr. 3 Tvorba gelu κ a ι -karagenanu pomocí draselných a vápenatých kationtů [upraveno podle 42].....	23
Obr. 4 Základní struktura pektinů [35]	25
Obr. 5 Schéma egg-box modelu [upraveno podle 54]	26
Obr. 6 Interakce κ -karagenanu s micely kaseinu [upraveno podle 58]	29
Obr. 7 Schéma adsorpce ι -karagenanu na micely kaseinu (A – koncentrace do 0,2 % (w/w), B – vyšší koncentrace ι -karagenanu) [58]	30
Obr. 8 Schématické znázornění adsorpce molekul pektinu na micely kaseinu při různém pH [upraveno podle 63].....	31
Obr. 9 Záznam grafu z texturního analyzátoru TA.XT sloužící k vyhodnocení výsledků texturní profilové analýzy [64]	35

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Běžně používané tavicí soli a jejich obecné vlastnosti vztažené k fyzikálně chemickým změnám během zpracování [upraveno podle 1]	16
Tab. 2 Základní struktura karagenanů [35].....	22
Tab. 3 Výsledné hodnoty relativních lepivosti při dané koncentraci agaru naměřené 1., 7. a 30. den	55
Tab. 4 Výsledné hodnoty relativních lepivosti při dané koncentraci κ -karagenanu naměřené 1., 7. a 30 den	56
Tab. 5 Výsledné hodnoty kohezivnosti při dané koncentraci agaru naměřené 1., 7. a 30. den	58
Tab. 6 Výsledné hodnoty kohezivnosti při dané koncentraci κ -karagenanu naměřené 1., 7. a 30. den	59

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C</i>	39
<i>Graf 2 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	39
<i>Graf 3 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci agaru (0 – 1 % w/w) po třiceti dnech skladování při 6 °C</i>	40
<i>Graf 4 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ-karagenanu (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C</i>	41
<i>Graf 5 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ-karagenanu (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	41
<i>Graf 6 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci κ-karagenanu (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C</i>	42
<i>Graf 7 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	43
<i>Graf 8 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	43
<i>Graf 9 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	44
<i>Graf 10 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	45
<i>Graf 11 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	45
<i>Graf 12 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 56,3 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	46
<i>Graf 13 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	47
<i>Graf 14 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	47
<i>Graf 15 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 61,5 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	48
<i>Graf 16 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	49

<i>Graf 17 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>49</i>
<i>Graf 18 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 64,5 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>50</i>
<i>Graf 19 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>51</i>
<i>Graf 20 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>51</i>
<i>Graf 21 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 65,0 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>52</i>
<i>Graf 22 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 71,7 % (0 – 1 % w/w) po prvním dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 23 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 47,3 % (0 – 1 % w/w) po sedmém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>53</i>
<i>Graf 24 Závislost tvrdosti tavených sýrů na koncentraci pektinu o stupni esterifikace 71,7 % (0 – 1 % w/w) po třicátém dni skladování při 6 °C.....</i>	<i>54</i>

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Obecný přehled složek jiných než sýry pro výrobu tavených sýrů a tavených sýrových výrobků.

**PŘÍLOHA P I: OBECNÝ PŘEHLED SLOŽEK JINÝCH NEŽ SÝRY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ
A TAVENÝCH SÝROVÝCH VÝROBKŮ:**

Složka jiná než sýr	Tavený sýr a tavený roztíratelný sýr		Tavený sýrový výrobek
	druhově pojmenovaný	druhově nepojmenovaný	
Máslo, máselný tuk, smetana, máselný koncentrát	pouze pro standardizaci obsahu tuku	ano	ano
Ostatní mléčné složky	ne	ano obsah nejvýše 5 % hmot. laktózy ve finálním taveném sýru	ano 51 % hmot. sušiny pochází ze sýra
Jedlá sůl	ano	ano	ano
Bakteriální kultury	ano	ano	ano
Enzymy*)	ano	ano	ano
Cukry (sacharidy se sladícím účinkem)	ne	ne	ano
Koření a sezónní zelenina	podle druhu výrobku a v množství, které postačuje, aby dodalo konečnému výrobku charakteristickou chuť		
Ostatní zdravotně nezávadné potraviny	ano v množství nepřekračujícím jednu šestinu celkového obsahu sušiny konečného výrobku a za předpokladu, že mají dodávat pouze charakteristickou chuť a že se nejedná o cukry		ano