

Vliv přídavku pektinu na jakost tavených sýrů

Bc. Petra Leciánová

Diplomová práce
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav potravinářského inženýrství
akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petra LECIÁNOVÁ**
Studijní program: **N 2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Technologie, hygiena a ekonomika výroby potravin**

Téma práce: **Vliv přídavku pektinu na jakost tavených sýrů**

Zásady pro vypracování:

1. Zpracujte literární rešerzi, ve které postihnete problematiku výroby tavených sýrů, charakteristiku pektinu, monosacharidů (glukosa, fruktosa, galaktosa) a disacharidů (laktosa, sacharosa).
2. Dále popište interakce kaseinového komplexu s pektinem.
3. Pozornost rovněž věnujte vlivu pH.
4. V praktické části realizujte výrobu modelových tavených sýrů s přídavky pektinu a nebo vybraných sacharidů.
5. U modelových tavených sýrů stanovte základní charakteristiky (obsah sušiny, tuku, pH, popel), proveďte rovněž měření dynamickou oscilační reometrií a senzorickou analýzu.
6. Výsledky statisticky zpracujte.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] GUINEE, T.P. Encyklopedia of Dairy Science

[2] PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. Handbook of Hydrocolloids

[3] McCLEMENTS, D. J. Non-covalent interactions between proteins and polysaccharides. Science Direct

[4] SYRBE, A., a kolektiv. Polymer science Concepts in Dairy systems – An Overview of Milk Protein and Food Hydrocolloid Interaction. International dairy journal

Vedoucí diplomové práce:

Ing. František Buňka, Ph.D.

Ústav potravinářského inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

22. listopadu 2007

Termín odevzdání diplomové práce:

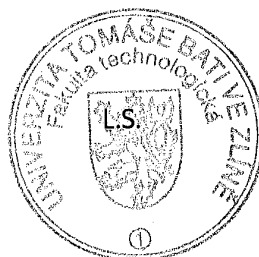
31. května 2008


Ve Zlíně dne 2. května 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.

děkan



v.z. 
prof. Ing. Ignác Hoza, CSc.
vedoucí katedry

ABSTRAKT

Při volbě taveného sýra hraje důležitou roli, krom chuti a vůně, i jeho konzistence. Tato diplomová práce nejprve zkoumá vliv přidavku různého množství pektinu na konzistenci tavených sýrů. Dále je popsán vliv kombinace přidavku pektinu a monosacharidů (glukosa, fruktosa, galaktosa), respektive disacharidů (laktosa, sacharosa) na jakost tavených sýrů. Tavené sýry byly vyhodnoceny chemickou a senzorickou analýzou. Reologické vlastnosti byly vyhodnoceny dynamickou oscilační geometrií. Bylo zjištěno, že s rostoucí koncentrací pektinu roste i tuhost tavených sýrů. Po přidání nízkomolekulárních sacharidů došlo ke snížení tuhosti tavených sýrů. Toto snížení nebylo závislé na druhu použitého sacharidu.

Klíčová slova:

Tavený sýr, pektin, sacharidy, interakce protein - polysacharid

ABSTRACT

The consistency of processed cheese plays very important role, besides flavour, in consumer's acceptability. This thesis investigates the impact of addition of different pectin amount on processed cheese consistency first. Further, the combined effect of pectin addition and monosaccharides (glucose, fructose, galactose) addition, resp. disaccharides (lactose, sucrose) addition, on processed cheese quality is described. The processed cheese was evaluated by chemical and sensory analyses. Rheological properties were assessed by dynamic oscillation rheometry. It was found that the rigidity of processed cheese increased with growing pectin concentration. The addition of low-molecular saccharides caused the reduction in rigidity of processed cheese. This decline of processed cheese firmness was not dependent on the nature of applied low-molecular saccharide.

Keywords:

Processed cheese, pectin, saccharides, interaction protein - polysaccharide

Za odbornou pomoc, konzultaci a vedení děkuji vedoucímu své diplomové práce panu Ing. Františku Buňkovi, PhD.

Rovněž děkuji Ing. Ivaně Macků za odbornou pomoc a konzultaci při vypracovávání diplomové práce.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvolněno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně

.....

Podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 TAVENÉ SÝRY	10
1.1 SUROVINY PRO VÝROBU TAVENÝCH SÝRŮ.....	10
1.2 VÝZNAM TAVENÝCH SÝRŮ VE VÝŽIVĚ.....	11
1.3 DĚLENÍ TAVENÝCH SÝRŮ.....	13
1.4 ZÁKLADNÍ PRINCIPY VÝROBY	14
1.5 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ.....	16
1.6 VLIVY NA KONZISTENCI TAVENÝCH SÝRŮ	18
2 SACHARIDY	20
2.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA	20
2.2 GALAKTOSA	21
2.3 GLUKOSA	21
2.4 FRUKTOSA	22
2.5 LAKTOSA	23
2.6 SACHAROSA	23
3 PEKTIN	25
3.1 MODIFIKACE PEKTINU	26
3.2 VÝROBA PEKTINU	26
3.3 VLASTNOSTI A VYUŽITÍ PEKTINU	27
4 INTERAKCE MEZI PROTEINY A POLYSACHARIDY	30
4.1 INTERAKCE BIOPOLYMERŮ	30
4.2 INTERAKCE KASEINŮ S PEKTINY.....	32
5 CÍLE PRÁCE	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
6 METODIKA PRÁCE	36
6.1 POPIS EXPERIMENTU	36
6.2 VÝROBA TAVENÝCH SÝRŮ.....	36
6.3 ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ ANALÝZA.....	37
6.3.1 Stanovení sušiny.....	37
6.3.2 Stanovení popela	38
6.3.3 Stanovení tuku.....	38
6.3.4 Stanovení aktivní kyselosti sýra	39

6.4	DYNAMICKÁ OSCILAČNÍ REOMETRIE	39
6.5	SENZORICKÁ ANALÝZA	40
7	VÝSLEDKY A DISKUZE	42
7.1	EXPERIMENT I	42
7.1.1	Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, pH)	42
7.1.2	Výsledky dynamické oscilační reometrie	43
7.1.3	Výsledky senzorické analýzy	45
7.2	EXPERIMENT II	48
7.2.1	Chemická analýza Eidamské cihly	48
7.2.2	Sýry s přídavkem galaktosy, glukosy, fruktosy, laktosy a pektinu.....	49
7.2.2.1	Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, popel, pH, tuk)	49
7.2.2.2	Výsledky dynamické oscilační reometrie	50
7.2.3	Sýry s přídavkem galaktosy, laktosy, sacharosy a pektinu.....	53
7.2.3.1	Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, popel, pH, tuk)	53
7.2.3.2	Výsledky dynamické oscilační reometrie	54
7.3	SOUHRNNÁ DISKUZE VÝSLEDKŮ	57
	ZÁVĚR	59
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	60
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK.....	67
	SEZNAM PŘÍLOH.....	68

ÚVOD

Mléko a mléčné výrobky jsou přirozenou součástí stravy dětí i dospělých. Pro lidský organismus znamená mléko v první řadě zdroj vápníku, který je nezbytný pro růst kostí a zubů. Také tavené sýry hrají důležitou roli v naší výživě. Jejich oblíbenost stále roste a České republice v pomyslném žebříčku patří přední místa ve spotřebě tavených sýrů na osobu za rok. Tavené sýry jsou zdrojem mléčných bílkovin - kaseinu, mléčného tuku a vitamínů. Na druhou stranu přítomnost tavicích solí (fosforečnanů a polyfosforečnanů) zhoršuje vstřebávání vápníku z těchto výrobků. Děje se tomu tak kvůli nízkému poměru vápníku a fosforu, který se v tavených sýrech vlivem přídavku tavicích solí vytvoří.

Z technologických a ekonomických důvodů (zlevnit ekonomickou skladbu potravin) se v dnešní době využívají pektiny. Přítomnost pektinu ovlivňuje jakost finálního výrobku. Pektiny se využívají např. v konzervářském průmyslu, při výrobě džemů a marmelád, v mlékárenském průmyslu a při obohacování potravin rozpustnou vlákninou. Monosacharidy a disacharidy se uplatňují např. jako plnidla nebo nosiče aromatických látek, které jsou do tavených sýrů přidávány jako přísady ovlivňující chuť a barvu. Dále mohou být obsaženy i v ochucujících přísadách (zelenině). Přítomnost nízkomolekulárních sacharidů může ovlivnit funkci hydrokoloidů - pektinu.

Smyslem diplomové práce je popsat vliv přídavku pektinu a sacharidů na viskoelastické a organoleptické vlastnosti tavených sýrů.

Diplomová práce je rozdělena do sedmi kapitol. Prvních pět je zahrnuto v teoretické části, zbylé dvě jsou v praktické části diplomové práce. První kapitola se zabývá technologií výroby tavených sýrů, druhá kapitola popisuje vlastnosti, výrobu a využití pektinu. Ve třetí kapitole jsou popsány základní vlastnosti monosacharidů (galaktosa, glukosa, fruktosa) a disacharidů (laktosa, sacharosa). Předposlední, tedy čtvrtá, kapitola vysvětluje vzájemné interakce mezi proteiny a polysacharidy. V páté kapitole jsou shrnuty cíle této diplomové práce.

Praktická část diplomové práce je rozdělena na dvě kapitoly. V šesté kapitole je popsána metodika práce, tedy výroba modelových tavených sýrů, suroviny a metody použité při chemické a senzorické analýze a podmínky dynamické oscilační reometrie. Poslední, sedmá, kapitola je věnována vyhodnocení a diskuzi výsledků.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TAVENÉ SÝRY

Tavený sýr je podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb. definován jako sýr, který byl tepelně upraven za přídavku tavicích solí. [21]

Tavené sýry se od ostatních skupin sýrů výrazně odlišují, protože se nevyrábějí přímo z čerstvého mléka, ale z již hotových přírodních sýrů. Jako výchozí surovina slouží jeden nebo více druhů sýra, které lze společně tavit. Sýrová hmota se rozemele, doplní tavicími solemi a zahřeje. Tyto sýry se vyrábějí v různých stupních tučnosti a mají nejrůznější obaly - trojúhelníčky, plátky, kostky, plněné v miskách aj. [1]

1.1 Suroviny pro výrobu tavených sýrů

Základní suroviny pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýry. Mezi další suroviny patří tvaroh, máslo, smetana, krém, tavicí soli, přísady ovlivňující chuť a barvu, mléčné koncentráty, látky ovlivňující vaznost vody, voda.

Přírodní sýry jsou základní surovinou pro výrobu tavených sýrů. Vybírají se různé druhy, v různém stádiu prozrání tak, aby bylo dosaženo požadované chuti a konzistence. Podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 77/2003 Sb. musí 51 % w/w hmotnosti sušiny taveného sýra pocházet z přírodního sýra. V České republice se pro výrobu tavených sýrů užívá zejména Eidamská cihla a Eidamský blok o různém obsahu tuku v sušině, dále Moravský blok a Primátor (v poslední době je používán méně, protože je dražší než Eidamská cihla nebo Eidamský blok). [2, 4]

Tvaroh slouží ke zvýšení obsahu tukuprosté sušiny a snížení pH. Přidává se také do surovinových směsí s velmi zralými přírodními sýry za účelem dodání kaseinu, u kterého neproběhly rozsáhlé hydrolyzační procesy (zejména proteolýza) - tzv. intaktní kasein, což má podstatný vliv na stabilitu struktury taveného sýra i na jeho konzistenci (tuhost, roztíratelnost).[7]

Máslo slouží ke zvýšení podílu tuku. V některých provozech se používá smetana, která může výrobek vhodně a příjemně zjemnit. Do surovinové skladby se může začlenit i tzv. krém (sýr už utavený, angl. *rework*), a to pro dosažení jemnější a stabilnější konzistence.[7]

Tavicí soli jsou podle vyhlášky Ministerstva zemědělství ČR č. 4/2008 Sb. definovány jako látky měnící vlastnosti bílkovin při výrobě tavených sýrů za účelem zamezení oddělování

tuku. Hrají důležitou roli při výrobě tavených sýrů. Používají se různé směsi citranů, fosforečnanů a polyfosforečnanů. Dávka tavicí soli ve finálním výrobku by neměla překročit 3 % w/w, obvykle se používá 2 - 3 % w/w finálního výrobku. [20]

Mléčné koncentráty (např. sušené mléko, syrovátka, jogurt) v současné době velmi často nahrazuje část základní suroviny (přírodní sýry). Hlavním cílem těchto náhrad je snížení nákladů na suroviny, což však nemusí mít vždy pozitivní vliv na jakost výsledného taveného sýra. [7]

Mezi přísady ovlivňující chuť a barvu patří šunka, uzeniny, žampiony, cibule, koření. V přísadách jsou obsaženy sacharidy, které mohou sloužit např. i jako plnidla, nosiče. Tyto sacharidy byly přidávány do našich modelových tavených sýrů, protože mohou ovlivnit konzistenci i interakce s některými látkami (např. látkami ovlivňujícími vaznost vody) v tavených sýrech. [7]

Látky ovlivňující vaznost vody se dnes přidávají z technologických důvodů. Jsou to různé přísady na bázi polysacharidů (např. pektin, škrob). Používají se např. ke zlepšení vazby vody a ovlivnění konzistence. [7]

1.2 Význam tavených sýrů ve výživě

Tavené sýry jsou nejmladší skupinou sýrů. Začaly se vyrábět až na začátku minulého století - poprvé v r. 1911. Důvodem pro vývoj tavených sýrů byla snaha o prodloužení trvanlivosti přírodních sýrů. Postupem doby se přidaly i důvody další - možnost použití tavených sýrů jako pomazánky na pečivo a možnost vyrobit obrovský počet různých variant chutí, tvarů a fyzikálních vlastností (měkké, tuhé, dobře roztíratelné). Lze je zařadit do současného trendu „convenience food“, výhodou jsou i relativně příznivé výrobní náklady. Tavené sýry jsou oblíbenou potravinou zejména v Česku, v celosvětových měřítkách spotřeby dosahujeme prvenství, jejich spotřeba v roce 2006 byla 2,7 kg/obyvatele/rok, což je přibližně dvojnásobek spotřeby ve většině členských zemí EU. V roce 2006 bylo v České republice vyrobeno 18,9 t tavených sýrů. [8, 32]

Ve srovnání s přírodními sýry mohou mít tavené sýry poněkud nižší výživovou hodnotu. Může to být způsobeno použitím zvýšené teploty při tavení sýrů a přidávkem tavicích solí. Při výrobě tavených sýrů se používají teploty nad 80°C, což má za následek snížení obsahu

vitamínů a biologické hodnoty bílkovin, které kolísají v závislosti na výši použité teploty a době jejího působení. [8]

Údaje o využitelnosti vápníku z tavených sýrů se v literatuře liší. Některé zdroje udávají stejnou využitelnost jako v mléce nebo v přírodních sýrech, obecně se však vápník vázaný na mléčnou bílkovinu považuje za nejlépe využitelnou formu. Při výrobě tavených sýrů dochází k vazbě vápníku na fosforečnan nebo citran. Takto vázaný vápník je špatně vstřebatelný. Ke vstřebávání vápníku dochází dvěma procesy, a to aktivním transportem v *duodenu* a v horních částech *jejuna* a pasivním transportem v celé délce tenkého střeva a v nepatrném množství i v tlustém střevu. Naopak ke ztrátám vápníku dochází stolicí (odchází prvek neabsorbovaný z potravin), močí, potem. Dalším důvodem horší využitelnosti vápníku z tavených sýrů je zvýšení obsahu fosforu přidávkem tavicích solí. Tím se posunuje poměr přijatého vápníku a fosforu z tavicích solí do oblasti nepříznivé pro tvorbu a obnovu kostí a zubů. Za optimální poměr pro růst kostní tkáně se považuje poměr Ca:P = 1,3:1, při špatné absorpci vápníku 2:1. V přírodních sýrech je poměr v rozsahu 1,3:1 – 1,6:1, což je poměr velice příznivý, zatímco v tavených sýrech je poměr velmi nepříznivý 0,4 – 0,7:1. [6, 8, 51]

Řada tavených sýrů má poměrně vysoký obsah tuku. Negativní působení tuků spočívá v jejich vysoké spotřebě a nesprávné skladbě. Z hlediska výživy je skladba mastných kyselin v tucích důležitá, požadovaný poměr mezi nasycenými, monoenovými a polyenovými mastnými kyselinami je 1: 1,4 : 0,6. Tavené sýry jako potraviny živočišného původu obsahují cholesterol, který je stejně jako vysoký příjem tuku, zejména tuku živočišného původu, rizikovým faktorem při vzniku nemocí srdce a cév. Se stoupajícím obsahem tuku roste i obsah cholesterolu. Sýr s obsahem 70% tuku v sušině obsahuje kolem 100 mg cholesterolu ve 100 g. Denní příjem cholesterolu by neměl překročit 300 mg, takže příjem cholesterolu prostřednictvím tavených sýrů není zanedbatelný. [8, 51]

Tavené sýry jsou také významným zdrojem sodíku, jehož příjem (prostřednictvím kuchyňské soli a výrobků, které ji obsahují) je u nás zhruba dvojnásobný než příjem doporučený. Doporučený příjem sodíku je v rozsahu 575 – 3500 mg/den. Podle analýz, které provedl Výzkumný ústav mlékárenský, obsahují tavené sýry 751 – 1347 mg Na/100 g sýra, přičemž většina výrobků má obsah Na vyšší než 1000 mg/100 g sýra, což je množství, které není ve srovnání s doporučenou dávkou zanedbatelné. [8]

1.3 Dělení tavených sýrů

Vzhledem k široké paletě a rozmanitosti tavených sýrů se výrobky běžně rozlišují podle použité suroviny a obsahu tuku v sušině. Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. udává následující dělení tavených sýrů: [3, 4]

- vysokotučné s obsahem nejméně 60 % w/w tuku v sušině,
- tavené sýry s obsahem 30 až 60 % w/w tuku v sušině (nepojmenovaná skupina),
- nízkotučné s obsahem nejvýše 30 % w/w tuku v sušině.

Výše zmíněná vyhláška rozděluje tavené sýry také na druhově pojmenované a druhově nepojmenované, a to podle použité suroviny: [2]

- druhově pojmenované tavené sýry - u těchto sýrů není možné použít jiné mléčné složky než sýr, máslo, máselný tuk, smetanu a máselný koncentrát (např. tavený primátor),
- druhově nepojmenované tavené sýry - do těchto sýrů lze zahrnout i ostatní mléčné složky, ale obsah laktózy může být nejvýše 5 % ve finálním výrobku.

Tavené sýry (druhově pojmenované i nepojmenované) mohou obsahovat chlorid sodný, bakteriální kultury a zdravotně nezávadné enzymy se specifickými účinky. U tavených sýrů obou skupin nelze použít cukry, tj. sacharidy se sladícím účinkem. Ostatní zdravotně nezávadné potraviny (například zeleninu, masovou složku a podobně) lze zahrnout do surovinové skladby pouze do množství 1/6 celkového obsahu sušiny finálního výrobku (za předpokladu, že mají dodávat pouze charakteristickou chuť a že nejde o cukry). [2]

Vyhláška rozeznává mimo tavených sýrů ještě takzvané tavené sýrové výrobky, kde není omezení pro laktózu, cukry ani pro ostatní zdravotně nezávadné potraviny, a platí pouze, že 51 % hmotnosti sušiny musí pocházet ze sýra. [2]

Kromě tavených sýrů a tavených sýrových výrobků je třeba zmínit ještě tzv. analogy (imitace) tavených sýrů (angl. *processed cheese analogues*), k jejichž výrobě se používají zejména kaseináty, bílkoviny jiného než mléčného původu, rostlinné oleje, tavicí soli, látky určené k aromatizaci a jiné. Jejich hlavní přednost spočívá ve snížení nákladů na výrobu,

respektive ve snížení nákladů na suroviny, protože relativně dražší mléčná bílkovina a tuk mohou být nahrazeny levnějšími rostlinnými zdroji. Své uplatnění nacházejí analogy tavených sýrů především v kuchyních a provozovnách “fast food“. Zejména v zahraničí roste jejich obliba u některých skupin spotřebitelů, kteří oceňují především nižší cenu, nízký obsah tuku, vyšší podíl nenasycených mastných kyselin a nižší obsah cholesterolu. Česká legislativa prozatím pojem „imitace nebo analog“ tavených sýrů nezná. Podobné výrobky se většinou prodávají pod názvy „tavený výrobek“, „tavený...“ či pod podobnými označeními, obvykle s vynecháním slova „sýr“. [2, 3]

1.4 Základní principy výroby

Přírodní sýry představují složitý polydisperzní systém, ve kterém se vedle minoritních látek (soli, kyseliny, zbytky laktosy aj.) nachází především bílkoviny, tuk a voda. Pokud by došlo k záhřevu směsi přírodních sýrů bez přítomnosti tavicích solí (popřípadě látek s obdobnými účinky), pak by došlo k následujícím procesům: [32, 33]

- nejprve by byly destruovány membrány pokrývající povrch tukových kuliček,
- tukové kuličky by se spojovaly do větších formací,
- vlivem nízkého pH a vysoké teploty by docházelo k agregaci a kontrakci kaseinů, čímž by se uvolnila voda,
- následkem čehož by nastalo oddělení hydrofilní a hydrofobní fáze.

Pro dosažení jemné a homogenní struktury bez separace vody, tuku a proteinů, je nutný přídavek tavicích solí. V praxi se používají soli s vícesytnými anionty (především fosforečnany, polyfosforečnany a citrany) a monovalentními alkalickými kovy (zejména sodík). [34]

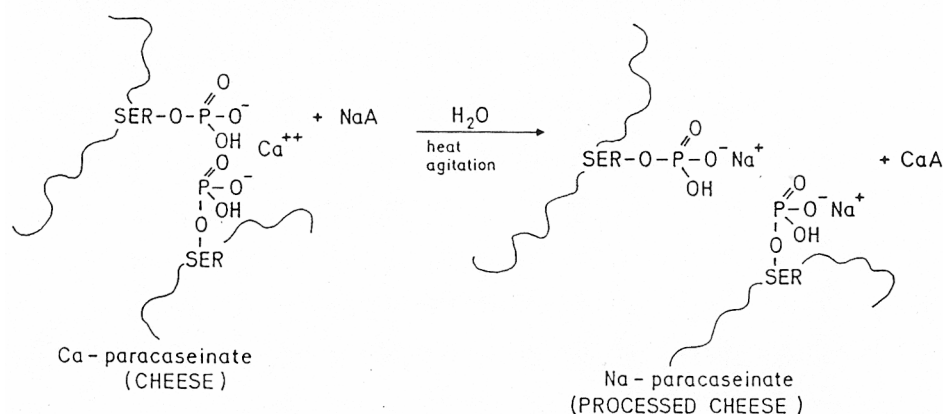
Tavicí soli se často označují jako emulgátory, nicméně v pravém slova smyslu nejde o emulgátory jako povrchově aktivní látky. Tyto látky nejsou emulgátory v pravém chemickém smyslu, nejsou to povrchově aktivní látky, ačkoliv pomáhají emulgovat tuk a stabilizovat emulze. Proto se v odborné literatuře užívá pojmenování „emulgující činidla“ (angl. *emulsifying agents*). Důležitou funkcí tavicích solí je schopnost vytěsnit vápník z matrice sýra. Tavicí soli v průběhu tavení zajišťují výměnu Ca^{2+} iontů v tavenině za Na^+ (příp. K^+) ionty, rozpouštějí bílkoviny, emulgují tuk, podílejí se na vazbě vody (hydratace), upravují pH (pro roztíratelné 5,6 - 5,9, pro krájitelné 5,4 - 5,6) a zvyšují negativní náboj,

což má za následek desintegraci proteinové matrice (díky odpuzivé síle stejně nabitých částic), která je vlivem bobtnání a hydratace schopna vyšší vaznosti vody. Při chlazení taveniny dochází vlivem vzniku vodíkových můstků, hydrofobních interakcí, vápníkových a disulfidických můstků k vytvoření finální struktury. [5, 33, 35]

Hlavní úlohou tavicích solí je upravit prostředí v tavené směsi tak, aby přítomné proteiny (zejména kaseiny) mohly uplatnit své přirozené vlastnosti emulgátorů. Toho je dosahováno následujícími procesy: [3]

- odštěpením vápníku z proteinové matrice,
- peptizací, rozpouštěním a rozptýlením proteinů,
- hydratováním a bobtnáním bílkovin,
- emulgací tuku a jeho stabilizací,
- ovlivňováním pH a jeho stabilizací,
- formováním požadované struktury po ochlazení.

Schopnost odštěpit vápník, který je navázán na karboxylové skupiny kyselých aminokyselin (kyseliny asparagová a glutamová) a dále na fosfoserylové zbytky, je jednou z nejdůležitějších funkcí tavicích solí. Jednotlivé frakce kaseinu (především α_{s1} -, α_{s2} - a β -) mají nepolární (lipofilní) segment a polární (hydrofilní) oblast. Tato struktura předurčuje jednotlivé frakce kaseinů jako přirozené emulgátory. Jejich emulgující schopnosti jsou však v sýrech potlačeny díky vápníkovým můstkům zesilujícím matici sýra. Rozpustnost kaseinu ve vodě se zvýší výměnou iontů vápníku za ionty sodíku – nerozpustný parakasein vápenatý je přeměněn na rozpustnější parakasein sodný - viz obr 1. [3, 33]



Obr. 1: Výměna Ca²⁺ iontů za Na⁺ ionty při výrobě tavených sýrů [3]

Velmi důležitým faktorem při výrobě tavených sýrů je pH. Optimum leží v intervalu 5,7 až 6,0. Při podstatně nižším pH (5,0 až 5,2), které se již blíží isoelektrickému bodu přítomných kaseinů, je možné pozorovat vysoký stupeň interakcí mezi proteiny vedoucí až k jejich agregaci. Tavený sýr s takovým pH je pak obvykle drobivý. Naopak při významně vyšším pH (6,5 až 6,7) dochází ke snížení elektrostatických interakcí, protože roste negativní náboj přítomných proteinů, což zapříčiní jejich odpuzování. Oslabený gel se obvykle projevuje nadměrně měkkou konzistencí. Při takovém pH často nastávají i mikrobiologické problémy. [3, 36]

1.5 Výroba tavených sýrů

Ve výrobě tavených sýrů se v České republice uplatňují dvě metody: diskontinuální nebo kontinuální, přičemž u nás stále ještě převládá zejména diskontinuální způsob. Vlastní produkci tavených sýrů vyráběných diskontinuálně lze zjednodušeně shrnout do následujících čtyř fází: [3, 9]

1. Příprava směsi určené k tavení

Složení směsi pro tavení závisí zejména na požadavcích, které jsou kladeny na výsledný tavený sýr. Důležitou roli zde hraje především obsah sušiny, tuku v sušině a očekávaná konzistence finálního výrobku. Hlavní výhodou začlenění mladých nezralých sýrů do výroby jsou úspory v nákladech na surovinu. K dalším přednostem patří vysoká vaznost vody a tvorba tužší konzistence, která je klíčová především u blokových a plátkových tavených sýrů. K hlavním nevýhodám patří výsledné tavené sýry s prázdnou

chutí, nadměrné bobtnání, tužší konzistence (u výrobků s požadavkem dobré roztíratelnosti) a možnost tvorby vzduchových bublin díky vysoké viskozitě utavené směsi. Naopak k hlavním výhodám zralých sýrů patří plné aroma a snadná tavitelnost a k nevýhodám možnost tvorby příliš ostré chuti, snížená stabilita emulze a někdy nadměrně měkká konzistence. Skladování surovin probíhá při chladírenských teplotách. Sledují se jednotlivé šarže surovin z důvodu obsahu sušiny a tuku v sušině, což ovlivní výsledný obsah sušiny a tuku (resp. tuku v sušině) ve výsledném produktu - taveném sýru,

2. Určení směsi tavicích solí

Jako tavicí soli se dnes používají především sodné soli fosforečnanů a polyfosforečnanů, popř. citranů. Určení směsi tavicích solí (obvykle 2-3 % hmotnosti surovinové skladby) závisí především na charakteru přírodních sýrů (druh, stupeň prozrálости apod.), ostatních surovinách, dále pak na aktivní kyselosti (pH) suroviny a požadovaných vlastnostech výsledného taveného sýra (zejména na konzistenci). Zohlednit je třeba i konkrétní typ výrobního zařízení, balicí techniku, průběh chlazení apod. Komerčně dodávané tavicí soli jsou obvykle směsí několika sloučenin, jejichž přesné míscí poměry jsou předmětem obchodního tajemství. Klíčová je nejen volba složení tavicích solí, ale i stanovení jejich správného množství. Předávkování může mít za následek nejen výrobek s jinou než původně požadovanou konzistencí, ale například také negativní změny v chuti taveného sýra. Typickým příkladem takové negativní změny, k níž by mohlo dojít při předávkování fosfátovými tavicími solemi, je vznik hořké příchuti. Předávkování tavicími solemi může rovněž vést i k podpoře procesů jejich krystalizace – tedy k tvorbě písčitosti, která negativně ovlivní sensorickou jakost finálních produktů,

3. Proces tavení připravené směsi

Rozmělněná směs přírodních sýrů se dopraví k tzv. tavicímu kotli, kde jsou přidány ostatní suroviny (např. máslo, tvaroh, tavicí soli apod.), poté se tavicí kotel uzavře a začne vlastní proces tavení, kdy za sníženého tlaku se v relativně krátkém čase zvýší teplota až na tzv. tavicí teplotu. Ta se udržuje řádově po několik minut, přičemž tato doba závisí i na použité tavicí teplotě. Ohřev je zpravidla prováděn přímým vstříkem páry do tavené směsi. Pára v tavené směsi zkondenzuje, a proto je třeba při sestavování surovinové skladby (při výpočtu přídatku pitné vody) zohlednit tuto vodu zkondenzo-

vanou z páry. Literatura obecně mluví o tavicích teplotách v širokém rozmezí od 80 do 120 °C, ale v praxi se obvykle při diskontinuálním způsobu výroby používají teploty 90 až 105 °C. Po ukončení tavení může nastat situace, kdy tavenina nemá požadované vlastnosti, zejména vhodnou konzistenci. V tomto případě je možné provést určité korekce, například se přidává některá tavicí sůl a tavicí proces se zopakuje (obvykle s kratším časem). V některých situacích, kdy má tavenina příliš řídkou konzistenci, se provádí tzv. „vymíchávání“ k získání tužší (krémovitější) konzistence,

4. Balení, chlazení, skladování a expedice tavených sýrů

Tavené sýry se v České republice balí většinou do hranolovitých nebo trojúhelníkových forem předem vyložených hliníkovou fólií, která je z vnitřní strany lakovaná. Modernější baličky jsou již vybaveny strojními mechanismy umožňujícími fólii zavařit, což má podstatný vliv na trvanlivost tavených sýrů. Zabalený tavený sýr je potřeba po vychlazení skladovat při teplotách 4 až 8 °C.

1.6 Vlivy na konzistenci tavených sýrů

Konzistence je sensorický znak, na který výrobci ale i spotřebitelé kladou u tavených sýrů vedle chuti a vůně velký důraz. Je možné vyrobit různé tavené sýry od lomivých až po tekuté, přičemž každá skupina tavených sýrů má svou typickou konzistenci. Konzistenci ovlivňují zejména tyto faktory: [3, 4, 37, 38, 39]

- stupeň prozrálosti přírodního sýra - mladá neprozrálá surovina zapříčiní (za jinak stejných podmínek) tužší a gumovitější konzistenci, která je však u některých tavených sýrů přímo vyžadována (např. blokové tavené sýry nebo tavené sýry určené k plátkování). Čím zralejší surovina je použita, tím by mělo být dosaženo jemnější a roztíratelnější konzistence,
- obsah sušiny a obsah tuku v sušině - se zvyšující se sušinou při konstantním obsahu tuku v sušině je možné dosáhnout tužší konzistence (a naopak). Se zvyšujícím se obsahem tuku v sušině při konstantním obsahu sušiny se získává roztíratelnější tavený sýr (a naopak),
- kyselost - klesající pH taveniny (zvyšující se kyselost) zvyšuje tuhost finálního výrobku, což lze vysvětlit větším přiblížením pH izoelektrickému bodu kaseinu,

- obsah vápenatých iontů - vyšší obsah vápenatých iontů v surovinové skladbě zapříčiní za jinak stejných podmínek zvýšení tuhosti finálního výrobku. Příčinou je větší množství vápenatých iontů zapojených do tvorby proteinové matrice, kterou intenzivněji zesilují, což se projeví právě ve větší tuhosti taveného sýra,
- rychlost chlazení - čím pomaleji se tavenina chladí, tím tužší konzistenci je možné očekávat,
- přídavek hydrokoloidů.

2 SACHARIDY

2.1 Obecná charakteristika

Sacharidy jsou nejčastěji se vyskytující přírodní látky. Z fyzikálně-chemických vlastností sacharidů je nutné zmínit, že jsou vysoce polární, chirální sloučeniny, enantiomerně čisté, dobře se rozpouštějí ve vodě a jsou prakticky nerozpustné v organických rozpouštědlech. [29]

Sacharidy jsou nejrozšířenější složkou potravy. Chemickým složením jsou sacharidy polyhydroxyaldehydy nebo polyhydroxyketony nejméně se třemi alifaticky vázanými uhlíkovými atomy. Podle počtu vázaných jednoduchých cukrů se dělí na: [10]

- monosacharidy - hydrolýzou neposkytují žádný cukr s menší molekulovou hmotností,
- oligosacharidy - hydrolýzou poskytují 2 až 10 molekul monosacharidů,
- polysacharidy - hydrolýzou poskytují více než 10 molekul monosacharidů.

Historie využití sacharidů lidskou populací je stará jako lidstvo samo. První vlastností sacharidů, která byla a stále je pro člověka důležitá, je jejich nutriční hodnota. Sacharidy tvoří nedílnou a podstatnou součást naší potravy. Pravidelně konzumujeme polysacharidy (škrob, celuloza, pektin, inulin), disacharidy (sacharosa, laktosa, trehalosa) i monosacharidy (D-glukosa, D-fruktosa, D-galaktosa, D-mannosa) a jejich deriváty (např. glykosidy). Sacharidy jsou důležitou průmyslovou surovinou i mimo oblast zpracování potravin a opět to je obnovitelnost jejich zdrojů, která je jejich nespornou výhodou. Sem lze zařadit výrobu celulosy z dřevní hmoty a následné zpracování na papír. Je často používaná jako adsorpční materiál filtrů a pro chromatografie. Zájem chemického průmyslu o sacharidy roste tak, jak klesá zásoba fosilních surovin. [29]

Důležitou vlastností sacharidů z pohledu organoleptického je jejich sladivost. Sladivost jednotlivých cukrů je vyjadřována v relativních hodnotách (relativní sladivost) ve srovnání se sladivostí sacharosy, která se rovná hodnotě 100. Relativní sladivost látek může být ovlivňována koncentrací, teplotou a přítomností jiných látek. Se zvyšující se koncentrací cukerného roztoku se relativní sladivost rozpuštěného cukru zvyšuje, zatímco u syntetic-

kých sladidel je to naopak. Relativní sladivost některých roztoků sacharidů je uvedena v tabulce 1. [42]

Tabulka 1. *Relativní sladivost 10% roztoků některých sladidel ve srovnání s 10% roztokem sacharosy (= 100) [42]*

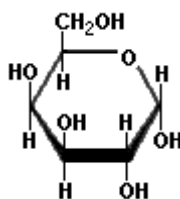
Roztok cukru	Relativní sladivost	Roztok cukru	Relativní sladivost
Laktosa	39	Glukosa	69
Maltosa	46	Sacharosa	100
Galaktosa	63	Fruktosa	114

2.2 Galaktosa

Galaktosa (obr. 2) - D-galakto-hexosa - je spolu s glukosou obsažena v disacharidu laktose, která se získává ze syrovátky z kravského mléka. Galaktosa se v přírodě vyskytuje ve formě D- i L- enantiomeru a to v polysacharidech galaktanech izolovaných např. z mořských řas (*Agar agar*). [22, 43]

Krystalizací lze D-galaktosu získat v obou dvou anomerních formách (α -forma, β -forma). [23]

Je častou součástí cerebrosidů a gangliosidů, bývá obsažena v rostlinných polysacharidech. Galaktosa i její deriváty (galaktosamin a N-acetylgalaktosamin) jsou běžnou složkou glykoproteinů. [12]



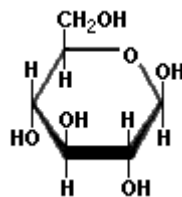
Obr. 2: Galaktosa [11]

2.3 Glukosa

Glukosa (obr. 3) - D-gluko-hexosa, neboli dextrosa, hroznový cukr nebo krevní cukr patří mezi nejdůležitější monosacharidy. [14, 43]

Glukosa patří k nejrozšířenějším organickým sloučeninám na Zemi; vzniká při fotosyntese a je výchozí látkou pro biosyntesu ostatních sacharidů. Vyskytuje se volná v říši rostlinné i živočišné; je obsažena v ovoci, medu, rostlinných šťávách, krvi, lymfě apod. Je stavební složkou mnoha oligosacharidů, polysacharidů i heteroglykosidů. Účinkem mikroorganismů podléhá kvasným procesům, z nichž nejvýznamnější je přeměna na ethanol a na laktát. Řízenou fermentací z ní lze vyrábět i 1-butanol, aceton, glycerol nebo kyselinu citrónovou. [12]

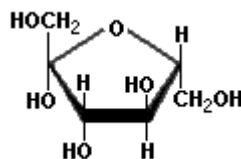
Glukosa je významným zdrojem energie organismu savců, proto se ve formě vodných roztoků užívá k infusím při léčbě různých patologických stavů. Pro označení hodnoty koncentrace glukosy v krvi se používá termín glykemie. V moči zdravých jedinců glukosa přítomna není (v moči se vyskytuje při *diabetes mellitus*). Enzymem glukosaisomerasou může být glukosa přeměněna na mnohem sladší fruktosu - toho se využívá při výrobě tzv. fruktosového sirupu, který se používá v potravinářství.[12]



Obr. 3: Glukosa [11]

2.4 Fruktosa

Fruktosa (obr. 4) - D-arabino-2-hexulosa, neboli ovocný cukr, je nejrozšířenější ketohexosa. Je to nejsladší přirozený sacharid vyskytující se vázaný na glukosu v sacharose. Jako všechny významné monosacharidy existuje v přírodě téměř výhradně v konfiguraci D; otáčí však rovinu lineárně polarizovaného světla vlevo, proto se pro ni používá tradiční synonymum levulosa. Vyskytuje se v různých rostlinných šťávách a v medu. [12, 14, 43]

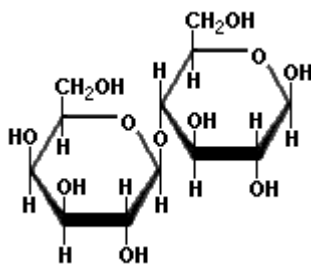


Obr. 4: Fruktosa [11]

2.5 Laktosa

Laktosa (obr. 5) - 4-O- β -D-galaktopyranosyl-D-glukopyranosa, neboli mléčný cukr (vyskytuje se pouze v mléce, jiný zdroj není popsán), je redukující sacharid tvořený monosacharidy galaktosou a glukosou. Nedostatek enzymu hydrolasy β -galaktosidasy (laktasy) způsobuje laktosovou nesnášenlivost. Laktasa se nachází ve výstelce tenkého střeva. Ve větším množství se tento enzym nachází u kojenců. Postupem doby, při omezení konzumace mléka, se ztrácí. Avšak v Evropě, kde lidé pravidelně konzumují mléko, sýry a další mléčné výrobky, si 95 % obyvatel tento enzym uchovává. Nestrávená laktosa kvasí v trávicím traktu a způsobuje bolesti břicha, průjem, a proto musí být z potravy vyloučena. Laktosa je zpracovávána pouze některými mikroorganismy, např. bakteriemi mléčného kvašení na kyselinu mléčnou (podstata kysání mléka). Proto lidé, intolerantní k laktose, můžou jíst jogurty, acidofilní mléka, sýry.[10, 11, 12, 13]

Laktosa je známá ve formě dvou anomerů, z nichž α - forma se obvykle vyskytuje jako monohydrát, kdežto β - forma je bezvodá. Laktosa může v alkalickém prostředí izomerizovat na laktulosu, což je 4-O- β -D-galaktopyranosyl-D-fruktosa. Laktulosa je nestravitelný disacharid a má jako laktosa slabé laxativní účinky. Laktosa je podstatně reaktivnější než sacharosa a snadno podléhá rozkladu při záhřevu.[10, 43]



Obr. 5: Laktosa [11]

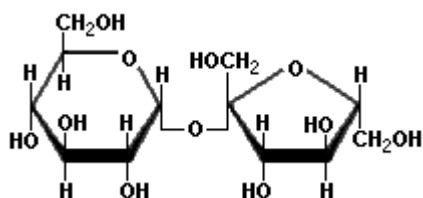
2.6 Sacharosa

Sacharosa (obr. 6) - α -D-glukopyranosyl- β -D-fruktofuranosid, neboli třtinový a řepný cukr, je nejvýznamnějším disacharidem v potravinářské chemii i technologii. Protože redukující skupiny monosacharidů (glukosy a fruktosy) jsou spojené glykosidickou vazbou, je sacharosa neredukujícím disacharidem. Sacharosa je velmi labilní a její kyselá hydrolýza probíhá rychleji než u jiných disacharidů. V kyselém prostředí hydrolyzuje na ekvimolární směs

glukosy a fruktosy. Stejnou reakci za neutrálních podmínek katalyzuje enzym sacharasa (též invertasa). [10, 12, 14]

Sacharosa krystalizuje ve dvou modifikacích A a B, o různých bodech tání. Rovinu polarizovaného světla stáčí doprava. Je výborně rozpustná ve vodě, delším zahřevem její vodné roztoky hnědnou. Při zahřátí na 150 - 190 °C nastává její částečný rozklad a tvoří se karamel. S anorganickými hydroxidy tvoří sacharosa snadno sacharáty, které jsou ve vodě těžko rozpustné. [10]

V rostlinách je zastoupena hojně, průmyslový význam má její výskyt v řepě cukrové a třtině cukrové. Sacharosa se používá jako sladidlo v potravinářství. Může být zkvašována mikroorganismy, ale ve vyšších koncentracích inhibuje jejich růst (v důsledku zvyšování osmotického tlaku) – proto se používá jako konzervační činidlo (marmelády apod.). Kromě hojného použití v kuchyni je sacharosa využívána také ve farmacii, kde slouží jako regulátor chuti. Vnitřně pomáhá při léčení hypoglykemických stavů u diabetiků, je také složkou hypertonických roztoků podávaných nitrožilně při mozkových edémech. Má také pomocný význam jako plnidlo či pojivo při výrobě některých lékových forem (granulované prášky, tablety, dražé, sirupy...). [12, 15]



Obr. 6: Sacharosa [11]

3 PEKTIN

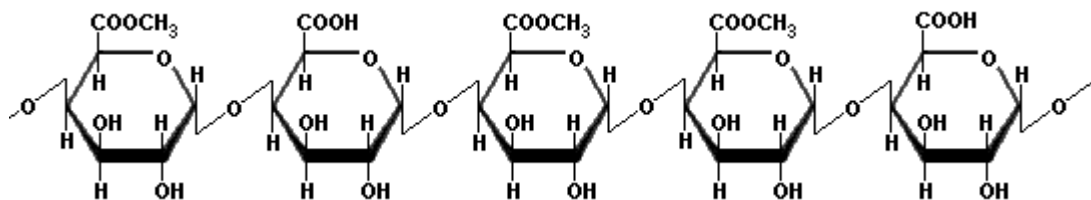
Název pektin je odvozen z řeckého výrazu „pectos“, což znamená želírující, stávající se pevným. [27]

Pektiny patří mezi stavební polysacharidy, představující tmelící hmotu mezibuněčných vrstev vyšších rostlin. Hlavní řetězec pektinu je tvořen kyselinou D - galakturonovou. Karboxylové skupiny jsou částečně esterifikovány metanolem a podle stupně esterifikace se rozlišuje pektin vysokometylovaný a nízkometylovaný: [5, 16]

- **vysokometylovaný pektin** (HM *high-methoxyl*) - DE > 50% (nad 50% esterifikovaných skupin). Tyto pektiny tvoří gel za nízkého pH (3,2 - 3,5) a při vyšší koncentraci sacharidů.
- **nízkometylovaný pektin** (LM *low-methoxyl*) - DE < 50% (pod 50% esterifikovaných skupin). Gel se tvoří snáze za přítomnosti vápenatých iontů, při vyšším pH a přítomnost sacharidů není nutná.

Jsou-li esterifikovány všechny karboxylové skupiny, mluví se o neutrálním pektinu, je-li esterifikována jen jejich část, mluvíme o pektinech více či méně kyselých a je-li esterifikace nulová, mluvíme o pektinových kyselinách. Soli pektinu jsou pektináty. Soli pektinových kyselin označujeme jako pektany. [5, 16]

Vzorec pektinu (obr. 7) je proměnlivý, v závislosti na stupni metylesterifikace a přítomnosti dalších substituentů (např. acetylové jednotky, kyselina ferulová atd.). [24]



Obr. 7: Pektin [11]

3.1 Modifikace pektinu

Chemické modifikace molekuly pektinu mohou výrazně měnit jeho vlastnosti a umožnit nová použití. Přítomnost částečně esterifikovaných karboxylů v jeho molekule umožňuje snadné chemické modifikace (transesterifikace, amidace), které mohou vést k výrazným změnám fyzikálně-chemických a biologických vlastností vzniklých derivátů. Hydrofobně upravené deriváty pektinů vznikají vazbou nepolárních skupin na pektinové makromolekuly pomocí alkylace, acylace, esterifikace nebo amidace. Tyto deriváty nacházejí uplatnění při stabilizaci emulzí nebo při zachycování a odstraňování nepolárních molekul, např. uhlovodíků, tuků, cholesterolu a žlučových kyselin. Pektin je v lidském těle dobře fermentovatelný substrát pro mikroorganismy, proto je rozštěpen již v přední části tlustého střeva. Chemická derivatizace pektinu může snížit jeho dostupnost pro mikroorganismy a modifikovaný pektin by mohl být fermentován podél celého tlustého střeva, a tím ho chránit. Amidace pektinu navíc zvýší jeho afinitu ke žlučovým kyselinám a tukům. [19]

3.2 Výroba pektinu

Základní materiál pro výrobu pektinu jsou citrusové slupky, zbytky po extrakci citrónové šťávy a oleje, jablečné výlisky a sušené zbytky po extrakci z jablečné šťávy. Jablečné výlisky používané pro výrobu pektinu v České republice obsahují asi 16 % pektinu. V zahraničí se používá albedo citrusových plodů, které obsahuje 30 - 40 % pektinu. [17, 26]

Princip výroby je založen na hydrolýze pektocelulos a protopektinu na pektin a na vysrážení pektinu ze zahuštěného hydrolyzátu etanolem nebo acetonem. K hydrolýze se používá slabý roztok kyseliny citrónové. Koncentrace závisí na stupni zralosti ovoce, teplotě a stupni rozdrčení výlisků. Jablečné výlisky se hydrolyzují při pH 2,5 - 3,0 a při teplotě 80 - 100 °C po dobu 10 - 30 min. Hydrolyzáty se předčistí sedimentací, obsahují 2 % refraktometrické sušiny (RS) a 0,7 - 1,0 % pektinu. Na vakuových odparkách se zahustí na 14 - 18 % a po zakonzervování SO₂ se nechá 2 - 3 měsíce zrát. Po této době se pektin expeduje nebo se používá k výrobě práškového pektinu. [26]

Vysokometylovaný pektin je přírodní polysacharid extrahovaný z rostlinných materiálů (obvykle z albeda citrusových plodů nebo jablečných výlisků). [24]

Nízkometylovaný pektin je chemicky deesterifikovaný z vysokometylovaného pektinu. [24]

3.3 Vlastnosti a využití pektinu

Rozpustnost pektinu ve vodném roztoku je různá s měnící se strukturou, molekulovou hmotností, pH a přítomností kationů. Obecně jsou pektiny rozpustné ve vodě, cukerných roztocích, v roztocích chloridu sodného a ve slabých etanolových roztocích, ale rozpustnost v rostlinných olejích a propylenglykolu je omezena. Pektiny jsou nerozpustné v přítomnosti divalentních a trivalentních iontů. [24]

Velké uplatnění pektinu je v konzervářenském průmyslu, kde se uplatňuje jako rosolotvorná složka při výrobě různých pomazánek. Přidává se jako práškovitý nebo tekutý pektin. Na rosolotvornou schopnost má vliv délka makromolekuly a stupeň esterifikace. Čím jsou řetězce pektinu delší a čím je esterifikace vyšší, tím snadněji vytváří cukerné rosoly. Naopak v ovocných šťávách způsobuje přítomnost pektinových látek technologické potíže při čiření, protože pektinové makromolekuly tvoří prostorovou mřížku stabilizující zákaly. [16]

Pektin jako nabitý hydrokoloid je citlivý na změnu pH a na množství přítomných kationtů v systému. Gelotvornost může být považována za stav mezi rozpustností a srážením polymeru, a proto je síla rozpustnosti také důležitá. Charakteristickou vlastností pektinu je skutečnost, že soustava jako celek přechází do polokapalného stavu, projevují se vlastnosti tuhých a polotuhých látek a vytváří se síť, která zvyšuje mechanickou pevnost. Při větších deformacích se rozrušuje struktura gelu, látka působí jako viskózní kapalina. [17, 18]

Tvorba gelu při použití vysokometylovaného pektinu

Vysokometylovaný pektin může tvořit gel jen za přítomnosti cukru a dostatečně nízkého pH. Úloha cukru v procesu rosolování je podmíněna jeho dostatečnou koncentrací. Molekula pektinu obsahuje polární (hydrofilní) a nepolární (hydrofobní) části. Přítomnost vodné vrstvy v hydrofilním úseku překáží molekulám pektinu slučovat se mezi sebou a vytvářet skelet. Ve vodném roztoku karboxylové skupiny pektinu disociují a tak má matrice rozvinutou formu, která je stabilizována hydratací, zapříčiněnou dipólovým charakterem vody. To v konečném důsledku zabraňuje jednotlivým pektinovým řetězcům přibližovat se. Tím, že cukr odnímá vlhkost koloidně dispergovaných a hydratovaných pektinových

aglomerátů, odstraňuje tyto zábrany. Přídavek cukru porušuje rovnováhu pektin - voda a snižuje stabilitu tohoto systému. Potřebná koncentrace cukru je asi 60 - 65 %. Vytváření pektinového gelu probíhá v kyselém prostředí. pH prostředí by mělo být v rozmezí 3,2 - 3,5. [17, 18]

Tvorba gelu při použití nízkometylovaného pektinu

Protože nízkometylované pektiny mají podstatně nižší podíl prostorově objemných metoxylových skupin, je v tomto případě možné síťování vodíkovými můstky a spojení pektinových řetězců pomocí polyvalentních kovových iontů (např. Ca^{2+}). Pro tvorbu gelu pektin - vápník musí být stupeň esterifikace nižší než 50%. Pokud se vyžaduje pevná gelová struktura, je potřeba použít pektin se stupněm esterifikace 30 - 50 % (koncentrace pektinu může být tím nižší, čím je nižší obsah metoxylových skupin). Vazba vápníku je zodpovědná za strukturu uspořádání řetězců, ve kterých jsou koordinační centra obsazena vápenatými ionty. Při spojování dvou pektinových řetězců se tato „vazbová centra“ vytváří, přičemž se řetězce molekul uspořádávají do „cik-cak“ formy tak, že do takto vzniklých dutin se mohou napojovat vápenaté ionty. [17, 18]

Na vytvoření nosné stabilizované struktury gelu je potřeba přidat do rozpustného a rovnoměrně rozptýleného nízkometylovaného pektinu dostatečné množství vápenatých iontů. Vznikající gely jsou tepelně reverzibilní, což znamená, že struktura gelu se „taví“ při vyšší teplotě do formy solu a po ochlazení se opět vytváří gel. Přídavek vápenatých iontů do roztoku pektinu s vysokým obsahem sušiny může vyvolat okamžitou reakci, která se většinou projeví nežádoucí tvorbou hrudek gelu. Přítomnost nadměrného množství vápenatých iontů může způsobit tvorbu málo rozpustného pektanu vápenatého, který se vysráží ve formě jemné sraženiny. Tím se ztrácí rosolotvorná schopnost pektinu. [18]

Kromě želírující vlastnosti pektin, jako hydrokoloidní látka, zvyšuje viskozitu, což se využívá v nápojářském průmyslu. Při použití náhradních sladidel v nápojích těmto nápojům chybí plnost chuti - nápoj je chuťově prázdný a připomíná prostou vodu. Přídavkem vysoce metoxylovaného pektinu a zvýšením viskozity se ztráta plnosti chuti vyrovnává a nápoj typu light získává charakter džusu. Různě velkými dávkami pektinu je možno připravit různé více či méně výrazné chuťové stupně a tím nepřímo ovlivňovat aroma nápoje. [27]

Pektin má své využití také v medicíně - je schopen vázat ionty těžkých kovů a snižuje obsah cholesterolu v krvi, protože bobtnající složky polysacharidů zabraňují vstřebávání žlu-

čových kyselin v játrech, neboť – aby se zachovalo normální složení žluči – musí organismus vytvářet další žlučové kyseliny z cholesterolu. [19, 44]

V mlékárenském průmyslu má pektin rovněž své využití. Používá se např. při stabilizaci kysaných mléčných výrobků, mléčných nápojů, jogurtů. Pektin působí při pH 3,9 - 4,1 pro kaseinové částice jako ochranný povlak. Tento ochranný povlak zabraňuje koagulaci kaseinu. Výrobky pak lze pasterovat, protože ochranný povlak je termoreverzibilní. [17, 27]

V posledních letech dochází k obohacování potravy vlákninou, k čemuž se také využívá pektin. Díky své molekulární struktuře se pektin v těle netráví, ale působí jako rozpustná vláknina. Pro zvýšení obsahu vlákniny v nápojích na maximální úroveň bez zvýšení viskozity nápojů byly vyvinuty speciální pektinové preparáty. Použitím těchto preparátů je možné zvýšit obsah vlákniny až o 10 % bez většího zvýšení viskozity nápojů. [27]

4 INTERAKCE MEZI PROTEINY A POLYSACHARIDY

Proteiny a polysacharidy jsou velmi používané jako funkční přísady v potravinářských materiálech. Tyto biopolymery mohou být přirozenou součástí potravin (jako např. mléko, vejce, maso) nebo mohou být izolovány jako funkční přísady (např. jako želatina, pektin nebo karagenany). [30]

Typ, počet, pořadí a vazby monomerů uvnitř biopolymeru udávají charakter biopolymeru v roztoku (např. délku řetězce, rozvětvení, náboj). Tyto molekulární vlastnosti velkou měrou udávají funkční vlastnosti biopolymerů v potravinách (např. schopnost zahušňovat roztoky, tvorba gelu, schopnost držet vodu, stabilizace emulzí a pěny). Jednotlivé biopolymery mohou být používány jako zásobníky funkčních vlastností, nicméně nové nebo vylepšené funkce mohou vznikat uvnitř systému biopolymerních směsí. [30]

4.1 Interakce biopolymerů

Chemické vlastnosti a funkce proteinů jsou dány jejich interakcemi s ostatními složkami potravin, jako je: voda, jiné proteiny, lipidy, sacharidy, kovové ionty, fenolové a aromatické látky. [31]

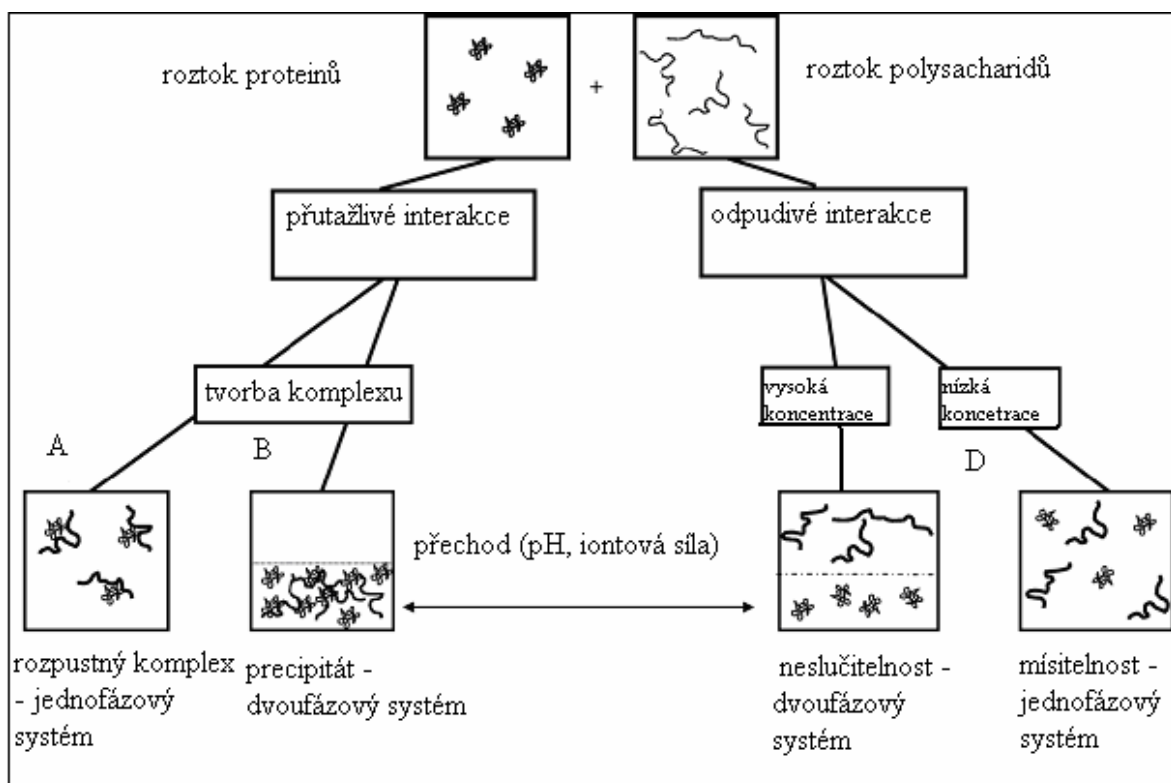
V roztoku mohou mezi bílkovinami a polysacharidy probíhat dva druhy interakcí, a to přitažlivé nebo odpudivé interakce. Přitažlivé či odpudivé interakce probíhají na bázi nekovalentních interakcí. Pokud smícháme dva různé polymery, může vzniknout buď jednofázový nebo dvoufázový systém, v závislosti na povaze přítomných biopolymerů, rozpustnosti a na podmínkách okolního prostředí (obr. 8). [30]

Hlavní nekovalentní interakce mezi proteiny a polysacharidy jsou: [30, 25]

- elektrostatické interakce - tato interakce je důležitá pro biopolymery nesoucí za podmínek prostředí elektrický náboj. Mohou být přitažlivé nebo odpudivé v závislosti na náboji skupin. Síla a rozsah těchto interakcí se snižuje se stoupající iontovou silou roztoku,
- hydrofobní interakce - tyto interakce jsou důležité pro biopolymery ve vodných roztocích, které mají nepolární skupiny a mají tendenci se integrovat s dalšími nepolárními skupinami,
- vodíkové vazby - jsou to slabé vazby vznikající mezi vodíkem a elektronegativním atomem. Elektronegativním atomem je nejčastěji atom kyslíku či dusíku. Vodíková

vazba vzniká snadno, jsou-li k tomu vhodné podmínky. Síla vodíkové vazby je obvykle 5 - 10 kJ/mol.

Uplatnění jednotlivých typů interakcí a zda budou probíhat s takovou intenzitou, abychom je zaregistrovali, závisí na typu biopolymeru (např. na molekulové hmotnosti, náboji, hustotě, pH, hydrofobicitě), složení roztoku (např. pH, iontové síle) a vnějšího prostředí (např. teplota). Úpravou těchto parametrů je možné kontrolovat interakce mezi biopolymery a tedy vytvořit různé funkční vlastnosti v potravinových systémech. [30]



Obr. 8: Přehled základních interakcí, které mohou nastat při smíchání disperzí proteinu a polysacharidu [30]

V jednofázovém systému mohou dva polymery existovat jako samostatné molekuly nebo jako rozpustné komplexy, které jsou rozptýleny v celém systému (obr. 8 - část A + D). [30]

Ve dvoufázovém systému jsou roztoky odděleny do dvou odlišných fází. Obě tyto fáze mají různé polymerní složení (obr. 8 - část B + C). [30]

Separace fází může nastat dvěma rozdílnými fyzikálně chemickými mechanizmy (obr. 8): [30]

- asociativní separace (angl. *associative separation*) - relativně silné přitažlivé interakce mezi dvěma rozdílnými biopolymery. Nejběžnější výskyt těchto interakcí je u potravinových biopolymerů, kde působí elektrostatické přitažlivé síly mezi dvěma molekulami s opačně nabitými elektrickými náboji. Výsledný dvoufázový systém obsahuje fázi bohatou na oba polymery a fázi o tyto polymery ochuzenou (obr. 8 - část B). Tyto fáze bohaté na polymery se v závislosti na síle přitažlivých sil nazývají jako precipitáty (angl. *precipitate*),
- segregativní separace (angl. *segregative separation*) - relativně silné odpudivé síly mezi dvěma různými druhy polymerů. Tento typ fázové separace nastává, když jeden nebo oba polymery jsou bez náboje, nebo když oba polymery mají stejný náboj. Při nízké koncentraci polymerů se vytváří jednofázový systém. Oba polymery jsou v něm nemísitelné. Avšak po překonání určité koncentrace dojde k rozdělení na fázi obsahující bílkovinu a na fázi obsahující pouze polysacharid (obr.8 - část C).

Sacharidy s četnými hydroxylovými skupinami mohou přispívat ke strukturní stabilitě proteinů, buď vypuzením sacharidů z povrchu proteinu (dojde k přednostní hydrataci proteinu) nebo interakcí sacharidů s hydroxylovou nebo ionickou skupinou proteinové molekuly. Tyto sacharidovo - proteinové interakce ovlivňují stabilitu potravinářských systémů při procesech jako je např. tepelné ošetření, dehydratace při mrazírenském skladování, stabilizují rybí svalovinu během mrazírenského skladování a při tepelné úpravě. Přitažlivé nebo odpudivé interakce mohou nastat mezi proteiny a anionickými polysacharidy jako jsou karagenany a pektiny. Pektin může v systému reagovat s opačně nabitými molekulami bílkovin za tvorby komplexů. Tyto komplexy vznikají adsorpcí polysacharidu (pektinu) na povrch koloidních částic.[31, 40]

4.2 Interakce kaseinů s pektiny

Adsorpce pektinu na kaseinové micely závisí na pH. Adsorpce začíná při pH blízko 5,0. Při vyšších hodnotách pH může nastat nestabilita způsobená termodynamickou neslučitelností. Při velmi nízkém pH (pod 2) se adsorpce pektinu na kaseinové micely výrazně snižuje. Množství pektinu potřebné k úplnému pokrytí proteinů je vyšší u nízkomethoxylovaného

pektinu ve srovnání s vysokomethoxylovaným pektinem. Velikost a stabilita komplexu kasein – pektin (obecně protein – polysacharid) závisí na mnoha faktorech jako jsou pH, iontová síla, obsah cukru, teplota, molekulová hmotnost, poměr protein/polysacharid, tepelná historie vzorku - technologické zatížení, rozdělení elektrického náboje na makromolekule apod. [45]

Při téměř neutrálním pH prostředí (6,7) nedochází k přitažlivým elektrostatickým interakcím (např. k adsorpci), protože pektin i kaseinové micely jsou nabitý záporně. Při vyšších koncentracích došlo v důsledku vzájemné nemísitelnosti obou polymerů k rozdělení systému na dvě fáze. V horní fázi se nacházel pektin, ve spodní vrstvě byly přítomny kaseinové micely (obr. 8 - C). Při použití HM pektinu byla horní vrstva kapalná, při použití LM pektinu se v horní vrstvě vytvořil gel. [50]

Jak již bylo řečeno, pektin za vhodných podmínek prostředí reaguje s kaseinovými micelami za vzniku komplexů. Při nízké koncentraci pektinu (pH 5,3) dochází k můstkové flokulaci - pektin pokrývá povrch kaseinových micel pouze z části (makromolekula se současně adsorbuje na povrch několika částic a tak je k sobě přitahuje, což při nízkých koncentracích polymerů působí senzibilací systému ke koagulaci). Při koncentraci pektinu dostatečné k pokrytí celého povrchu micel, dochází ke stabilizaci systému - k tzv. polymerové stabilizaci. (K polymerové stabilizaci stačí nižší koncentrace HM pektinu než LM pektinu). Další zvyšování koncentrace pektinu způsobí nestabilitu systému, tzv. depleční flokulaci. [41, 50]

5 CÍLE PRÁCE

Cílem diplomové práce bylo popsat vliv pektinu, monosacharidů (glukosa, fruktosa, galaktosa) a disacharidů (laktosa, sacharosa) na jakost tavených sýrů.

Aby bylo dosaženo cíle této diplomové práce:

- byla zpracována literární rešerše, která se zabývá technologií výroby tavených sýrů, základními vlastnostmi pektinu, monosacharidů (glukosa, fruktosa, galaktosa) a disacharidů (laktosa, sacharosa),
- byly popsány interakce mezi proteiny a polysacharidy a jaký vliv na tyto interakce má hodnota pH,
- byly vyrobeny modelové tavené sýry s přísadky pektinu a nebo vybraných sacharidů,
- u těchto modelových tavených sýrů byly stanoveny základní charakteristiky (sušina, pH, popel, tuk) a provedena dynamická oscilační reometrie a senzorická analýza.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 METODIKA PRÁCE

6.1 Popis experimentu

V rámci této diplomové práce byly provedeny dva experimenty. V prvním experimentu byl zkoumán vliv pektinu na vlastnosti modelových tavených sýrů. K tomuto účelu byly vyrobeny celkem tři série (I., II., III. série) modelových tavených sýrů, které obsahovaly kromě kontroly (K) vzorky s obsahem pektinu 0,2 % w/w (CP 0,2), 0,4 % w/w (CP 0,4), 0,6 % w/w (CP 0,6) a 0,8 % w/w (CP 0,8).

Druhý experiment byl rozdělen na dvě části. Bylo sledováno, zda přidavek monosacharidů a disacharidů (ať již redukujících či neredukujících) ovlivňuje vlastnosti modelových tavených sýrů:

- 1. část - IV. a V. série obsahovala kromě kontroly (K) vzorky s obsahem 1 % w/w monosacharidů (Gal, Glu, Fru) a 1 % w/w disacharidů (Lak) a 0,2 % w/w pektinu (CP 0,2; CP 0,2 Gal; CP 0,2 Glu; CP 0,2 Fru) a 0,4 % w/w pektinu (CP 0,4; CP 0,4 Gal; CP 0,4 Gl; CP 0,4 Fru),
- 2. část - VI. a VII. série obsahovala kromě kontroly (K) vzorky s obsahem 1 % w/w monosacharidů (Gal), 1 % w/w disacharidů (Lak, Sac) a 0,2 % w/w pektinu (CP 0,2; CP 0,2 Gal; CP 0,2 Lak; CP 0,2 Sac) a 0,4 % w/w pektinu (CP 0,4; CP 0,4 Gal; CP 0,4 Lak; CP 0,4 Sac).

6.2 Výroba tavených sýrů

Pro analýzu byly vyrobeny modelové tavené sýry s obsahem sušiny 40 % w/w a s 50% w/w obsahem tuku v sušině. Pro výrobu tavených sýrů byly použity tyto suroviny:

- Eidamský blok - holandského typu, deklarované hodnoty byly: sušina - 50 %, tuk v sušině - 30 %, sýr byl vyroben v Mlékárně Kroměříž - Kromilk s.r.o.,
- máslo,
- deionizovaná voda (kvůli udržení stálého iontového prostředí),

- komerční tavicí soli (sodné soli fosforečnanů a polyfosforečnanů) - vyrobeny firmou JOHA, Benckiser-Knapsack, Ladenburg, Německo.

Všechny modelové tavené sýry byly vyrobeny na zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 blender cooker (Vorwerk & Co. Thermomix; GmbH, Wuppertal, Německo). Výrobní postup byl následující: Eidamská cihla byla nejprve rozkrájena na menší kousky. Po vložení do Thermomixu byla rozdrčena, poté bylo přidáno máslo, voda a tavicí soli (2 % w/w). Tavené sýry byly vyrobeny při tavicí teplotě 92 - 93 °C po dobu 10 - 12 min. Tento výrobní postup a použité suroviny byly použity pro napodobení průmyslové výroby.

Po utavení byly sýry baleny do polystyrénových kelímků po 100 g. Kelímky byly za tepla uzavřeny hliníkovou fólií. Po uzavření byly modelové tavené sýry co nejrychleji zchlazeny na teplotu 6 ± 2 °C a skladovány do doby provedení analýz.

6.3 Základní chemická analýza

6.3.1 Stanovení sušiny

Stanovení sušiny bylo provedeno gravimetricky podle normy ČSN EN ISO 5534. [46]

Stanovení sušiny u tavených sýrů bylo provedeno vysušením sýrů při konstantní teplotě 105 ± 2 °C. Do vysoušecích misek bylo naváženo asi 20 g křemenného písku a asi 3 g sýra. Sýr byl důkladně s pískem promíchán a vložen do sušárny. Bylo sušeno do konstantního úbytku vlhkosti. Po vychladnutí v exikátoru bylo vše zváženo. [46]

Výpočet obsahu sušiny v % byl vypočítán podle vzorce:

$$S = \frac{c - a}{b - a} \cdot 100$$

kde S - obsah sušiny v %

a - hmotnost vysoušecí misky s pískem a tyčinkou [g]

b - hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a taveným sýrem před vysušením [g]

c - hmotnost vysoušecí misky s pískem, tyčinkou a taveným sýrem po vysušení [g]

6.3.2 Stanovení popela

Stanovení popela u tavených sýrů bylo provedeno vysušením sýrů při konstantní teplotě 650 ± 5 °C. Do předem zvážených žíhacích kelímků byl navážen asi 1 g sýra. Kelímky byly vloženy do pece a žíhány asi 4 hod. Po vychladnutí v exsikátoru byly kelímky zváženy. [28]

Výpočet obsahu popela v % byl vypočítán podle vzorce:

$$P = \frac{b - c}{a - c} \cdot 100$$

kde P - obsah popela v %

a - hmotnost žíhacího kelímku se sýrem před žíháním [g]

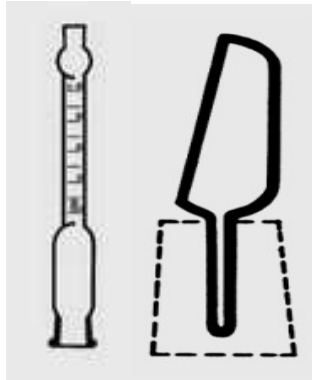
b - hmotnost žíhacího kelímku se sýrem po žíhání [g]

c - hmotnost žíhacího kelímku [g]

6.3.3 Stanovení tuku

Ke stanovení obsahu tuku v tavených sýrech byla použita acidobutyrometrie. Byly použity speciální Van Gulikovy butyrometry (obr. 9).

Stanovení obsahu tuku bylo provedeno následujícím postupem. Na skleněnou váženku (obr. 9) byly naváženy 3 g taveného sýra a váženka byla zasunuta do butyrometru. Horním otvorem v butyrometru byla napuštěna 65% kyselina sírová asi do 4/5 tělíčka tukoměru. Takto naplněný butyrometr byl vložen do vodní lázně vyhřáté na 70 - 80 °C. Obsah butyrometru byl občas protřepán tak, aby se nerozpuštěné částičky nedostaly do stupnice. Po rozpuštění sýra byl přidán 1 ml amylakoholu a tolik kyseliny sírové, až hladina ve stupnici sahala o 3 dílky níže, než byla předpokládaná tučnost vzorku. Po vytemperování ve vodní lázni teplé 65 ± 1 °C byl obsah butyrometru promíchán. Dále následovalo odstředění, temperace a odpočet obsahu tuku. [47]



Obr. 9: Butyrometr Van Gulik,
navažovací lodička [52]

6.3.4 Stanovení aktivní kyselosti sýra

Aktivní kyselost se vyjadřuje v hodnotách pH. Byla měřena pH-metrem značky Gryf 208 L, byla použita univerzální pH elektroda HC 113.

Nakalibrovaným pH-metrem byla změřena hodnota pH při 20 °C. Ke kalibraci byl použit ftalátový (pH 4) a fosfátový (pH 7) pufr dodávaný firmou Gryf - Havlíčkův Brod.

6.4 Dynamická oscilační reometrie

Konzistence tavených sýrů byla hodnocena pomocí dynamické oscilační reometrie (reometr Bohlin GEMINI, Malvern Instruments Ltd., Velká Británie) s měnící geometrií deska-deska (průměr 40 mm, štěrbina 1 mm). Ze získaných hodnot elastického (G') a ztrátového (G'') modulu byly pro referenční frekvenci 1 Hz vypočteny hodnoty tangentu úhlu fázového posunu a hodnoty komplexního modulu pružnosti G^* . Reologická měření vzorků byla prováděna při teplotě 20 °C v rozsahu frekvencí 0,1 - 50,0 Hz v oblasti lineární viskoelastivity (amplituda smykového napětí 25 Pa (pro pektin) a 40 Pa (pro monosacharidy)).

Elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti je prezentován jako průměr \pm SD. Tangens úhlu fázového posunu byl vypočítán jako podíl mezi elastickým a ztrátovým modulem, tedy: [48]

$$\tan \delta = \frac{G''}{G'}$$

Kde $\tan \delta$ - tangens úhlu fázového posunu

G' - elastický modul pružnosti [Pa]

G'' - ztrátový modul pružnosti [Pa]

Komplexní modul pružnosti (G^*) vyjadřuje celkovou tuhost vzorku. Se zvyšujícím se komplexním modulem pružnosti se zvyšuje i tuhost vzorku. Můžeme ho vypočítat podle vzta-
hu:

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad [\text{Pa}]$$

Kde G^* - komplexní modul pružnosti [Pa]

G' - elastický modul pružnosti [Pa]

G'' - ztrátový modul pružnosti [Pa]

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí Kruskal-Wallisova a Wilcoxonova testu s hladinou významnosti 5 %.

6.5 Senzorická analýza

Senzorické hodnocení modelových tavených sýrů bylo provedeno v senzorické laboratoři, která je zařízena podle normy ČSN ISO 8589 (Obecné směrnice pro uspořádání senzorického pracoviště). [53]

Panel pozorovatelů byl složen z 20 až 24 pracovníků a studentů Ústavu potravinářského inženýrství. Pozorovatelé byli před samotným senzorickým hodnocením krátce proškoleni.

Hodnocení bylo prováděno pomocí sedmibodových hedonických stupnic s charakteristikou každého stupně. Byly hodnoceny tyto vlastnosti: vzhled a barva, tuhost, roztíratelnost, chuť a vůně a celkové hodnocení. Dále bylo provedeno hodnocení třemi pořadovými zkouškami - hodnotitelé měli za úkol vzorky seřadit podle vnímané intenzity sledovaného znaku (tu-

host a roztíratelnost) a podle vlastní preference. (Protokol používaný při sensorickém hodnocení je uveden v příloze P I, stupňové charakteristiky v příloze P II).

Vzorky byly hodnotitelům předkládány pod kódovým označením, aby nedocházelo k ovlivnění posuzovatelů. Při sensorickém hodnocení byla v laboratoři stálá teplota 22 ± 2 °C.

Výsledky byly statisticky vyhodnoceny pomocí Kruskal-Wallisova a Wilcoxoova testu s hladinou významnosti 5 %.

7 VÝSLEDKY A DISKUZE

7.1 Experiment I

Byly připraveny tavené sýry s obsahem pektinu 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 % w/w. Kontrolní vzorek pektin neobsahoval.

7.1.1 Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, pH)

U tavených sýrů s přidavkem pektinu byla stanovena sušina a pH. Stanovení sušiny a pH bylo provedeno u všech 3 skupin, tj. u skupiny I, II, III.

Výsledky obsahu sušiny u tavených sýrů jsou uvedeny v tabulce 2. Sušina se u I. skupiny sýrů pohybovala v rozmezí 41,86 až 42,90% w/w, u II. skupiny 42,57 až 43,72 % w/w u III. skupiny 42,39 až 42,95 % w/w.

Naměřené hodnoty pH u I. skupiny sýrů se pohybovaly v rozmezí 5,84 až 5,96, u II. skupiny 5,64 až 5,72, u III. skupiny 5,91 až 5,94.

Konzistence tavených sýrů a schopnosti pektinu jsou do značné míry ovlivněny obsahem sušiny a hodnotou pH. Proto podobné výsledky obsahu sušiny a pH dovolují analyzovat vliv různých koncentrací pektinu na viskoelastické a senzorické vlastnosti modelových tavených sýrů. [48, 49]

Tabulka 2. Obsah sušiny

Vzorek	Sušina (% w/w)		
	I. skupina	II. skupina	III. skupina
K	41,86 ± 0,41	42,58 ± 0,03	42,85 ± 0,10
CP 0,2	41,95 ± 0,56	42,57 ± 0,18	42,62 ± 0,09
CP 0,4	42,75 ± 0,02	43,72 ± 0,00	42,87 ± 0,03
CP 0,6	42,90 ± 0,20	42,76 ± 0,08	42,39 ± 0,23
CP 0,8	42,55 ± 0,32	43,19 ± 0,26	42,95 ± 1,11

7.1.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Pomocí dynamické oscilační reometrie byly hodnoceny tři skupiny tavených sýrů s přidávkem pektinu 0,2 až 0,8 % w/w. Viskoelastické chování tavených sýrů bylo měřeno při frekvenci 0,1 - 50,0 Hz. Výsledky byly staticky vyhodnoceny pomocí neparametrického Kruskal-Wallisova testu na hladině významnosti 5 %.

V tabulkách 3 až 5 jsou uvedeny hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti při referenční frekvenci 1 Hz. Obrázek 10 graficky znázorňuje závislost elastického a ztrátového modulu na frekvenci. Frekvence 1 Hz byla námi vybrána, protože je to nejčastěji používaná referenční frekvence a uvádějí ji i např. Piska & Štětina. [37]

Bylo zjištěno, že na hladině významnosti 5 % je statisticky významný rozdíl téměř u všech vzorků s různým obsahem pektinu (v I., II., i III. sérii) jak u elastického tak i u ztrátového modulu. Z grafu vyplývá, že se vzrůstající koncentrací pektinu roste i elastický a ztrátový modul jako celek v celé testované frekvenční řadě (tj. při frekvenci 0,1 - 50,0 Hz). Podobný vzrůstající trend byl i u skupiny II a III, a proto data nejsou graficky prezentována.

Z tabulek i grafu vyplývá, že se zvyšujícím se přidávkem pektinu roste i elastický a ztrátový modul a naopak tangens úhlu fázového posunu klesá. Se zvyšujícím se elastickým a ztrátovým modulem se zvyšuje tuhost sýra. Snížení tangentu a zvýšení tuhosti gelu ukazuje na zvýšenou elasticitou gelu.

Tabulka 3. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - I. Skupina

Množství pektinu (% w/w)	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	2511 ± 112^a	1901 ± 67^a	0,757
CP 0,2	5367 ± 367^b	2837 ± 175^b	0,529
CP 0,4	8862 ± 26^c	4023 ± 48^c	0,454
CP 0,6	12400 ± 226^d	5184 ± 145^d	0,418
CP 0,8	14135 ± 92^e	5746 ± 49^e	0,407

Poznámka: Elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti je prezentován jako průměr \pm SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.

Tabulka 4. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - II. Skupina

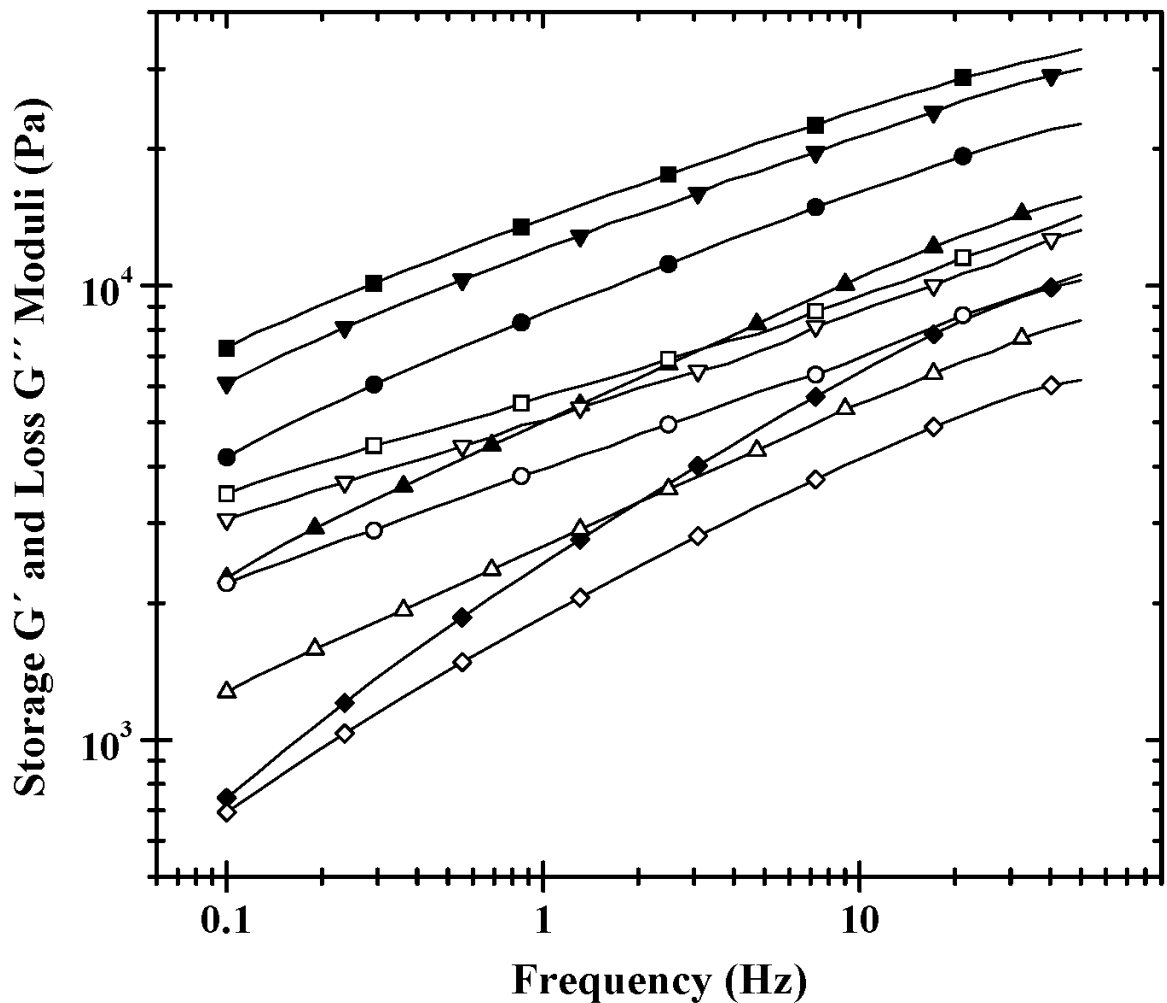
Množství pektinu (% w/w)	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	4494 ± 457 ^a	2812 ± 184 ^a	0,626
CP 0,2	10245 ± 141 ^b	5449 ± 66 ^b	0,532
CP 0,4	10890 ± 67 ^c	5530 ± 21 ^c	0,489
CP 0,6	14230 ± 128 ^d	5891 ± 123 ^d	0,414
CP 0,8	14370 ± 99 ^d	6567 ± 108 ^e	0,457

Poznámka: Elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti je prezentován jako průměr ± SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.

Tabulka 5. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - III. Skupina

Množství pektinu (% w/w)	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	2863 ± 20 ^a	2209 ± 30 ^a	0,771
CP 0,2	7378 ± 139 ^b	4236 ± 32 ^b	0,574
CP 0,4	9018 ± 107 ^c	4699 ± 17 ^c	0,521
CP 0,6	11205 ± 244 ^d	5386 ± 141 ^d	0,481
CP 0,8	14480 ± 322 ^e	6272 ± 185 ^e	0,433

Poznámka: Elastický (G') a ztrátový (G'') modul pružnosti je prezentován jako průměr ± SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.



Obr. 10: Závislost elastického G' (plné symboly) a ztrátového G'' (otevřené symboly) modulu pružnosti na frekvenci u výrobků první experimentální fáze skupiny I. Výrobek bez přídavku pektinu (\blacklozenge \lozenge), výrobků s přídavkem pektinu 0.2% w/w (\blacktriangle \triangle), 0.4% w/w (\bullet \circ), 0.6% w/w (\blacktriangledown \triangledown), 0.8% w/w (\blacksquare \square).

7.1.3 Výsledky senzoričké analýzy

Vliv přídavku pektinu byl senzoričsky hodnocen po 42 dnech skladování při teplotě 6 ± 2 °C. Panel posuzovatelů byl vytvořen z 20 - 24 zaměstnanců a studentů Ústavu potravinářského inženýrství. Senzoričké hodnocení bylo provedeno pomocí sedmibodových hedonických stupnic. Byly hodnoceny 4 znaky:

- vzhled a barva - 1 - vynikající až 7 - nepřijatelný tavený sýr,
- tuhost - 1 - velmi tuhý až 7 - velmi měkký tavený sýr,

- roztíratelnost - 1 - tavený sýr není roztíratelný, 4 - optimální, typická roztíratelnost až 7 - tekutý charakter vzorku,
- chuť a vůně - 1 - vynikající až 7 - nepříjemná.

Výsledky senzorických analýz všech tří skupin tavených sýrů jsou uvedeny v tabulkách 6 až 8. V tabulce 6 jsou uvedeny výsledky I. skupiny modelových tavených sýrů, v tabulce 7 výsledky II. skupiny a v tabulce 8 jsou uvedeny výsledky III. skupiny modelových tavených sýrů.

Na základě Kruskal-Wallisova testu bylo zjištěno, že na hladině významnosti 5 % byl shledán statisticky významný rozdíl - ve znaku vzhled a barva - pouze u vzorku s obsahem pektinu 0,2 % w/w (CP 0,2).

Při hodnocení tuhosti byl shledán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou (K) a ostatními vzorky, které obsahovaly pektin. Rovněž byl shledán statisticky významný rozdíl mezi vzorky s obsahem pektinu navzájem. Výjimkou jsou vzorky CP 0,6 a CP 0,8, u kterých nebyl na 5% hladině významnosti shledán statistický rozdíl.

Při hodnocení roztíratelnosti byl shledán statisticky významný rozdíl mezi kontrolou (K) a ostatními vzorky, které obsahovaly pektin. Rovněž byl shledán statisticky významný rozdíl mezi vzorky s obsahem pektinu navzájem. Naopak u II. a III. skupiny modelových tavených sýrů nebyl statisticky významný rozdíl shledán mezi vzorky CP 0,2 a CP 0,4. Také mezi vzorky CP 0,6 a CP 0,8 nebyl shledán statisticky významný rozdíl.

Při hodnocení chuti a vůně nezaznamenali hodnotitelé mezi předloženými vzorky žádný statisticky významný rozdíl.

Tabulka 6. Výsledky senzorické analýzy - I. skupina

Vzorek	Medián			
	Vzhled a barva	Tuhost	Roztíratelnost	Chuť a vůně
K	2 ^a	5 ^a	5 ^a	2 ^a
CP 0,2	1 ^b	4 ^b	4 ^b	2 ^a
CP 0,4	2 ^a	3 ^c	3 ^c	2 ^a
CP 0,6	2 ^a	2 ^d	2 ^d	3 ^a
CP 0,8	2 ^a	2 ^d	2 ^d	3 ^a

Tabulka 7. Výsledky senzorické analýzy - II. skupina

Vzorek	Medián			
	Vzhled a barva	Tuhost	Roztíratelnost	Chuť a vůně
K	2 ^a	4 ^a	4 ^a	3 ^a
CP 0,2	1 ^b	3 ^b	3 ^b	2 ^a
CP 0,4	2 ^a	3 ^b	3 ^b	2 ^a
CP 0,6	2 ^a	2 ^c	2 ^c	3 ^a
CP 0,8	2 ^a	2 ^c	2 ^c	3 ^a

Tabulka 8. Výsledky senzorické analýzy - III. skupina

Vzorek	Medián			
	Vzhled a barva	Tuhost	Roztíratelnost	Chuť a vůně
K	2 ^a	5 ^a	5 ^a	3 ^a
CP 0,2	2 ^a	4 ^b	4 ^b	2 ^a
CP 0,4	2 ^a	3 ^c	4 ^b	3 ^a
CP 0,6	2 ^a	2 ^d	3 ^c	3 ^a
CP 0,8	2 ^a	2 ^d	3 ^c	3 ^a

7.2 Experiment II

II. experiment byl složen ze dvou částí. V první části byly analyzovány modelové tavené sýry s přidavkem pouze redukcujících sacharidů (galaktosa, glukosa, fruktosa, laktosa). Zjišťoval se vliv jednotlivých monosacharidů s různou konformací a zda přidavek stejného množství monosacharidů nebo disacharidů ovlivní sledované vlastnosti vzorků.

V druhé části bylo zjišťováno jak přidavek redukcujících (galaktosa, laktosa) nebo neredukcujících (sacharosa) sacharidů ovlivní sledované vlastnosti vzorků.

Byly připraveny tavené sýry s přidavkem monosacharidů (glukosa, fruktosa, galaktosa) 1 % w/w, disacharidů (laktosa, sacharosa) 1 % w/w, pektinu 0,2 % a 0,4 % w/w.

Všechny vzorky byly analyzovány po 14 dnech skladování při 6 ± 2 °C. Získané hodnoty byly statisticky vyhodnoceny.

7.2.1 Chemická analýza Eidamské cihly

Na základě doporučení oponenta článku, který je uveden v příloze P III, byla provedena analýza používané Eidamské cihly.

U Eidamské cihly bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, tuku a změřena hodnota pH (tabulka 9). Jednotlivé Eidamské cihly se lišily stupněm prozrálosti (doba zrání 8 - 10 týdnů).

Na výrobu IV. skupiny modelových tavených sýrů byla použita Eidamská cihla s obsahem sušiny $51,14 \pm 0,22$ % w/w a celkovým obsahem tuku $18,1 \pm 0,50$ % w/w. Naměřená hodnota pH byla $5,80 \pm 0,01$.

Na výrobu V. skupiny modelových tavených sýrů byla použita Eidamská cihla s obsahem sušiny $51,09 \pm 0,39$ % w/w a celkovým obsahem tuku $17,0 \pm 0,00$ % w/w. Naměřená hodnota pH byla $5,91 \pm 0,01$.

Na výrobu VI. skupiny modelových tavených sýrů byla použita Eidamská cihla s obsahem sušiny $51,65 \pm 0,18$ % w/w a celkovým obsahem tuku $14,5 \pm 0,00$ % w/w. Naměřená hodnota pH byla $5,59 \pm 0,01$.

Na výrobu VII. skupiny modelových tavených sýrů byla použita Eidamská cihla s obsahem sušiny $49,22 \pm 0,18$ % w/w a celkovým obsahem tuku $15,8 \pm 0,40$ % w/w. Naměřená hodnota pH byla $5,72 \pm 0,01$.

Tabulka 9. Výsledky chemické analýzy Eidamské cihly

Skupina	Sušina (% w/w)	Tuk (% w/w)	pH
IV.	51,14 ± 0,22	18,1 ± 0,50	5,80 ± 0,01
V.	51,09 ± 0,39	17,0 ± 0,00	5,91 ± 0,01
VI.	51,65 ± 0,18	14,5 ± 0,00	5,59 ± 0,01
VII.	49,22 ± 0,18	15,8 ± 0,40	5,72 ± 0,01

7.2.2 Sýry s přidavkem galaktosy, glukosy, fruktosy, laktosy a pektinu

7.2.2.1 Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, popel, pH, tuk)

U obou skupin (IV., V. skupina) tavených sýrů bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, popela, tuku a změřena hodnota pH.

Výsledky obsahu sušiny u tavených sýrů jsou uvedeny v tabulce 10. Sušina se u IV. skupiny sýrů pohybovala v rozmezí 41,48 až 43,38 % w/w, u V. skupiny 40,52 až 43,34 % w/w. Naměřené pH vzorků se pohybovalo v rozmezí 5,90 až 6,00 (IV. skupina) a 5,88 až 5,97 (V. skupina). Obsah popela byl v rozmezí 3,80 až 4,50 % w/w (IV. skupina) a 4,10 až 4,70 % w/w (V. skupina). Obsah tuku se pohyboval v rozmezí 22,0 až 23,0 % w/w (IV. skupina) a 22,5 až 23 % w/w (V. skupina).

Tabulka 10. Obsah sušiny

Vzorek	Sušina (% w/w)	
	IV. skupina	V. skupina
K	42,44 ± 0,06	40,90 ± 0,00
Glu	42,72 ± 0,29	40,75 ± 0,14
Fru	42,01 ± 0,44	40,52 ± 0,41
Gal	42,68 ± 0,39	40,85 ± 0,01
Lak	41,48 ± 0,34	40,92 ± 0,77
CP 0,2	43,38 ± 0,23	42,45 ± 0,35
CP 0,2; Glu	42,92 ± 0,01	41,00 ± 0,08
CP 0,2; Fru	41,98 ± 0,02	41,05 ± 0,11
CP 0,2; Gal	43,14 ± 0,10	41,90 ± 0,01
CP 0,2; Lak	43,32 ± 0,15	43,34 ± 0,40
CP 0,4	42,78 ± 0,22	41,54 ± 0,17
CP 0,4; Glu	42,11 ± 0,72	41,27 ± 0,11
CP 0,4; Fru	42,51 ± 0,35	40,87 ± 0,12
CP 0,4; Gal	42,56 ± 0,03	40,92 ± 0,13
CP 0,4; Lak	41,95 ± 0,05	40,79 ± 0,18

7.2.2.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Pomocí dynamické oscilační reometrie byly hodnoceny 2 skupiny (IV., V. skupina) tavených sýrů s přísadkou sacharidů a pektinu.

V tabulkách 11 a 12 jsou uvedeny hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti při referenční frekvenci 1 Hz. Obr. 11 znázorňuje grafickou závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci. Obrázek A znázorňuje IV. skupinu, obrázek B V. skupinu. Pro ukázkou grafického vyjádření byl vybrán vzorek s přísadkou D-galaktosy.

Jak z tabulek 10 a 11, tak i z obrázku 11 vyplývá, že po přidání sacharidů do modelových tavených sýrů došlo signifikantně ke snížení tuhosti vzorků pod hladinu tuhosti kontroly (tj. bez přísadky sacharidů a pektinu). Na základě Kruskal-Wallisova testu bylo zjištěno, že na hladině významnosti 5 % nebyl shledán statistický rozdíl mezi vzorky s přidávanými sacharidy.

Přídavek 1 % sacharidů do 0,2 % pektinu způsobil signifikantní snížení tuhosti. Toto snížení nebylo závislé na druhu použitého sacharidu.

Stejný trend se opakoval i po přidání 1 % sacharidů do 0,4 % pektinu. Opět došlo ke signifikantnímu snížení tuhosti vzorku a toto snížení nebylo závislé na druhu použitého sacharidu.

Výše popsané trendy jsou i na obrázku 11. Podobné výsledky byly i u dalších vzorků, proto zde nejsou graficky znázorněny.

Tabulka 11. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - IV. skupina

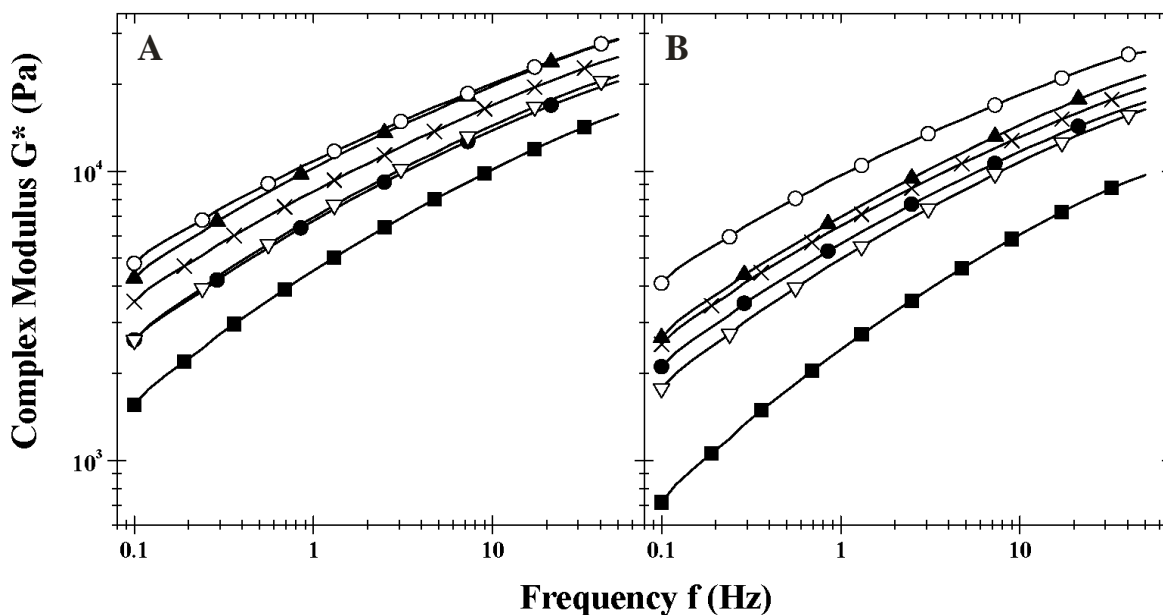
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	6084 ± 314 ^{a,f}	3723 ± 314 ^a	0,612
Lak	3691 ± 173 ^b	2853 ± 173 ^b	0,773
Gal	3623 ± 218 ^b	2844 ± 218 ^b	0,785
Fru	3491 ± 204 ^b	2674 ± 204 ^b	0,766
Glu	3568 ± 451 ^b	2776 ± 351 ^b	0,778
CP 0,2	8896 ± 453 ^c	4537 ± 253 ^{a,c}	0,510
CP 0,2; Lak	5957 ± 166 ^a	4044 ± 166 ^a	0,679
CP 0,2; Gal	5812 ± 526 ^{a,e,g,h}	3964 ± 326 ^a	0,682
CP 0,2; Fru	5955 ± 166 ^a	4115 ± 166 ^a	0,691
CP 0,2; Glu	5864 ± 397 ^{a,g}	4022 ± 297 ^a	0,686
CP 0,4	10353 ± 631 ^c	4969 ± 331 ^c	0,480
CP 0,4; Lak	6878 ± 177 ^{d,e}	4361 ± 177 ^{a,c}	0,634
CP 0,4; Gal	6689 ± 258 ^{d,f,g}	4341 ± 258 ^{a,c}	0,649
CP 0,4; Fru	6983 ± 186 ^d	4385 ± 186 ^{a,c}	0,628
CP 0,4; Glu	6826 ± 211 ^{d,f,h}	4348 ± 211 ^{a,c}	0,637

Poznámka: hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr ± SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.

Tabulka 12. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - V. skupina

Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	$4381 \pm 470^{a,e}$	$3071 \pm 370^{a,d}$	0,701
Lak	1779 ± 293^b	1558 ± 293^b	0,876
Gal	1854 ± 115^b	1577 ± 115^b	0,851
Fru	1870 ± 74^b	1666 ± 74^b	0,891
Glu	1894 ± 41^b	1684 ± 41^b	0,889
CP 0,2	6118 ± 318^c	$3738 \pm 218^{a,d}$	0,611
CP 0,2; Lak	$4528 \pm 166^{a,g}$	3210 ± 166^a	0,709
CP 0,2; Gal	$4333 \pm 475^{a,e}$	$3167 \pm 375^{a,d}$	0,731
CP 0,2; Fru	$4570 \pm 156^{a,g}$	3281 ± 156^a	0,718
CP 0,2; Glu	4344 ± 132^a	3154 ± 132^a	0,726
CP 0,4	8570 ± 354^d	4482 ± 234^c	0,523
CP 0,4; Lak	5003 ± 108^e	$3407 \pm 108^{a,d}$	0,681
CP 0,4; Gal	5428 ± 42^f	3637 ± 42^d	0,670
CP 0,4; Fru	5101 ± 143^e	$3377 \pm 143^{a,d}$	0,662
CP 0,4; Glu	$5354 \pm 453^{c,e,f,g}$	$3651 \pm 253^{a,d}$	0,682

Poznámka: hodnoty jsou vyjádřeny jako aritmetický průměr \pm SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.



Obr. 11: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové tavené sýry druhé experimentální fáze. Skupina IV (A), skupina V (B); kontrolní vzorek (●), přídavek 1 % w/w D-galaktózy (■), přídavek 0,2 % w/w pektinu (▲), přídavek 1 % w/w D-galaktózy a 0,2 % w/w pektinu (▽), přídavek 0,4 % w/w pektinu (○), přídavek 1 % w/w D-galaktózy a 0,4 % w/w pektinu (×).

7.2.3 Sýry s přídavkem galaktózy, laktózy, sacharózy a pektinu

7.2.3.1 Výsledky stanovení analytických analýz (sušina, popel, pH, tuk)

U obou skupin (VI., VII. skupina) tavených sýrů bylo provedeno stanovení obsahu sušiny, popela, tuku a změřena hodnota pH.

Výsledky obsahu sušiny u tavených sýrů jsou uvedeny v tabulce 13. Sušina se u VI. skupiny sýrů pohybovala v rozmezí 41,89 až 43,29 % w/w, u VII. skupiny 40,93 až 42,84 % w/w. Naměřené pH vzorků se pohybovalo v rozmezí 5,79 až 5,85 (VI. skupina) a 5,79 až 5,83 (VII. skupina). Obsah popela byl v rozmezí 3,90 až 4,50 % w/w (VI. skupina) a 4,00 až 4,50 % w/w (VII. skupina). Obsah tuku se pohyboval v rozmezí 21,5 až 22,0 % w/w (VI. skupina) a 21,5 až 22,0 % w/w (VII. skupina). Obsah tuku byl změřen jen u čtyřech vybraných vzorků, protože výsledky obsahu tuku vycházely téměř shodně.

Tabulka 13. Obsah sušiny

Vzorek	Sušina (% w/w)	
	VI. skupina	VII. skupina
K	43,12 ± 0,18	42,07 ± 0,03
Gal	41,89 ± 0,03	41,81 ± 0,09
Lak	42,27 ± 0,07	41,28 ± 0,43
Sac	42,57 ± 0,20	41,15 ± 0,01
CP 0,2	43,03 ± 0,16	42,43 ± 0,86
CP 0,2; Gal	42,67 ± 0,15	41,72 ± 0,04
CP 0,2; Lak	43,03 ± 0,08	40,93 ± 0,03
CP 0,2; Sac	42,93 ± 0,01	41,75 ± 0,54
CP 0,4	42,15 ± 0,54	42,37 ± 0,09
CP 0,4; Gal	42,50 ± 0,14	42,15 ± 0,11
CP 0,4; Lak	42,32 ± 0,44	42,14 ± 0,22
CP 0,4; Sac	43,29 ± 0,35	42,84 ± 0,11

7.2.3.2 Výsledky dynamické oscilační reometrie

Pomocí dynamické oscilační reometrie byly hodnoceny 2 skupiny (VI., VII. skupina) tavených sýrů s přísadkou sacharidů a pektinu.

V tabulkách 14 a 15 jsou uvedeny hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti při referenční frekvenci 1 Hz. Obr. 12 znázorňuje grafickou závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci. Obrázek A je pro VI. skupinu, obrázek B pro VII. skupinu. Pro ukázkou grafického vyjádření byl vybrán vzorek s přísadkou D-laktosy. Ostatní vzorky vycházely podobně, proto zde nejsou graficky znázorněny.

Jak z tabulek 14 a 15, tak i z obrázku 12 vyplývá, že po přidání sacharidů do modelových tavených sýrů došlo k významnému snížení tuhosti vzorků pod hladinu tuhosti kontroly (tj. bez přísadky pektinu a sacharidů).

Přídavek 1 % sacharidů do 0,2 % i 0,4 % pektinu způsobil významné snížení tuhosti modelových tavených sýrů. Toto snížení nebylo závislé na druhu použitého sacharidu. Výše popsané trendy jsou graficky znázorněny na obrázku 12.

Tabulka 14. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - VI. skupina

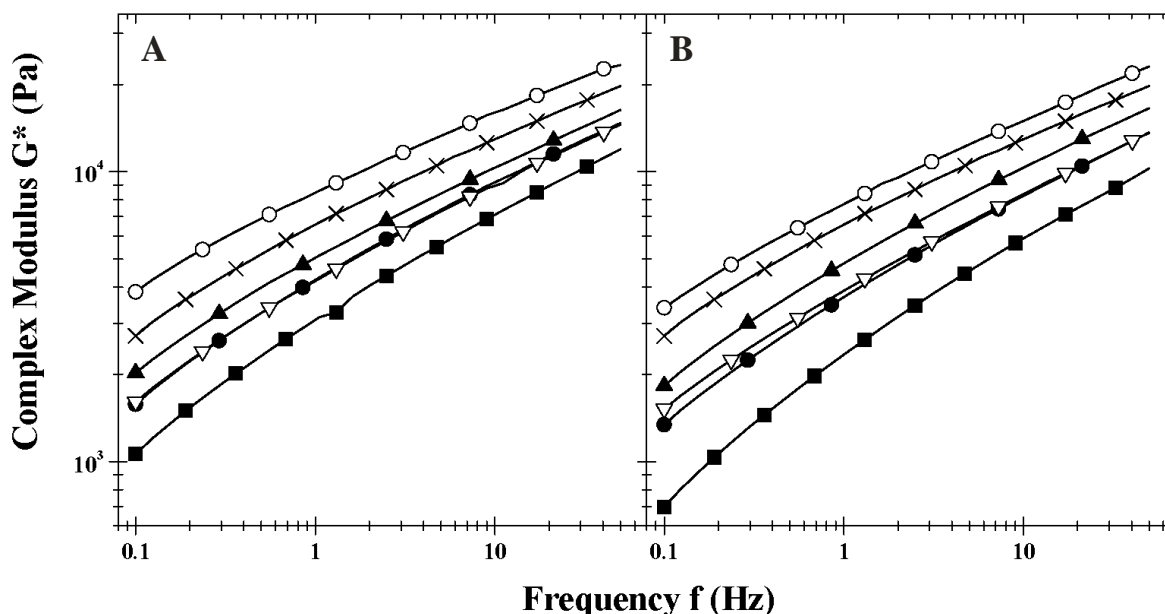
Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	3655 ± 163^a	2304 ± 126^a	0,630
Gal	2867 ± 80^b	1963 ± 41^b	0,685
Lak	2589 ± 272^c	$1797 \pm 153^{b,c}$	0,694
Sac	2625 ± 26^c	1708 ± 17^c	0,651
CP 0,2	4470 ± 203^d	2540 ± 176^a	0,568
CP 0,2; Gal	3894 ± 179^a	2359 ± 94^a	0,606
CP 0,2; Lak	3643 ± 113^a	2241 ± 36^a	0,615
CP 0,2; Sac	3774 ± 47^a	2226 ± 46^a	0,590
CP 0,4	7753 ± 299^e	3727 ± 107^d	0,481
CP 0,4; Gal	6029 ± 195^f	3169 ± 109^e	0,391
CP 0,4; Lak	5918 ± 54^f	3105 ± 90^e	0,379
CP 0,4; Sac	6128 ± 304^f	3177 ± 129^e	0,363

Poznámka: hodnoty jsou v tabulkách vyjádřeny jako aritmetický průměr \pm SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.

Tabulka 15. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - VII. skupina

Vzorek	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
K	3140 ± 111^a	$2087 \pm 74^{a,d}$	0,665
Gal	2409 ± 41^b	1740 ± 30^b	0,722
Lak	2396 ± 73^b	1735 ± 53^b	0,724
Sac	2349 ± 250^b	1648 ± 159^b	0,702
CP 0,2	4214 ± 144^c	2542 ± 87^c	0,603
CP 0,2; Gal	$3597 \pm 333^{a,c}$	$2249 \pm 208^{a,c,d}$	0,625
CP 0,2; Lak	3377 ± 222^a	2067 ± 136^d	0,612
CP 0,2; Sac	3440 ± 288^a	2113 ± 177^d	0,614
CP 0,4	6969 ± 120^d	3647 ± 63^e	0,523
CP 0,4; Gal	5522 ± 128^e	2888 ± 27^f	0,523
CP 0,4; Lak	5918 ± 412^e	3105 ± 216^f	0,525
CP 0,4; Sac	5706 ± 274^e	2993 ± 144^f	0,525

Poznámka: hodnoty jsou v tabulkách vyjádřeny jako aritmetický průměr \pm SD. Rozdílné písmenné indexy značí signifikantní rozdíl ($P < 0,05$) mezi hodnotami v rámci určitého sloupce.



Obr. 12. Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové tavené sýry druhé experimentální fáze. Skupina VI (A), skupina VII (B); kontrolní vzorek (●), přídavek 1 % w/w laktózy (■), přídavek 0,2 % w/w pektinu (▲), přídavek 1 % w/w laktózy a 0,2 % w/w pektinu (▽), přídavek 0,4 % w/w pektinu (○), přídavek 1 % w/w laktózy a 0,4 % w/w pektinu (×).

7.3 Souhrnná diskuze výsledků

Provedenou základní chemickou analýzou bylo zjištěno, že přídavek pektinu a přídavek 1 % nízkomolekulárních sacharidů neovlivnil obsah sušiny ani hodnotu pH. Obsah sušiny se u všech sérií (I. až VII.) pohyboval v rozmezí 40,52 - 43,72 % w/w a hodnota pH byla v rozmezí 5,64 - 6,00. Konzistence tavených sýrů a schopnosti pektinu jsou do značné míry ovlivněny obsahem sušiny a hodnotou pH. Proto podobné výsledky obsahu sušiny a pH dovolují analyzovat vliv různých koncentrací pektinu na viskoelastické a senzorické vlastnosti modelových tavených sýrů. [48, 49]

V rámci I. experimentu (I. až III. skupina modelových tavených sýrů) bylo zjišťováno jaký vliv má přídavek pektinu na viskoelastické a senzorické vlastnosti modelových tavených sýrů se sušinou 40 % w/w a s 50% obsahem tuku v sušině. Přídavek pektinu byl 0,2; 0,4; 0,6; a 0,8 % w/w. Všechny přidané koncentrace pektinu způsobily signifikantní zvýšení tuhosti tavených sýrů oproti kontrolnímu vzorku, který byl bez přídavku pektinu. Se zvyšující se koncentrací pektinu se zvyšovala i tuhost modelových tavených sýrů. To lze pravdě-

podobně vysvětlit tím, že pektin vytvořil síť sám o sobě nebo mohl reagovat s frakcemi kaseinu.

Při senzorické analýze byl také shledán signifikantní rozdíl v tuhosti a roztíratelnosti modelových tavených sýrů. Hodnotitelé byli ve většině případů schopni rozeznat zvyšující se tuhost u sýrů s obsahem pektinu 0 - 0,6 % w/w. Mezi modelovými tavenými sýry s obsahem pektinu 0,6 a 0,8 % w/w již hodnotitelé nezaznamenali v tuhosti rozdíl. Pektin ovlivnil pouze tuhost a roztíratelnost tavených sýrů. Podle hodnotitelů k ovlivnění dalších senzorických vlastností (chuť a vůně, vzhled a barva) nedošlo.

V rámci II. experimentu bylo zjišťováno jaký vliv má přídavek mono (galaktosa, glukosa, fruktosa) a disacharidů (laktosa, sacharosa) na viskoelastické vlastnosti tavených sýrů. Experiment byl rozdělen na dvě části. V první části (IV. a V. série modelových tavených sýrů) byly použity pouze redukující sacharidy s odlišnou konformací (galaktosa, glukosa, fruktosa, laktosa). V druhé části (VI. a VII. série modelových tavených sýrů) byly použity redukující (galaktosa, laktosa) a neredukující (sacharosa) sacharidy a bylo zjišťováno, zda viskoelastické vlastnosti ovlivňují stejně nebo rozdílně. Přídavek sacharidů byl 1 %. Sacharidy byly přidávány buď samostatně nebo v kombinaci s pektinem (0,2 a 0,4 % w/w pektinu). Přídavek 1 % sacharidů způsobil signifikantní snížení tuhosti (u sýrů s přídavkem pouze sacharidu i u sýrů s obsahem pektinu i sacharidu) modelových tavených sýrů. Toto snížení nebylo závislé na druhu použitého sacharidu.

ZÁVĚR

Pektiny se využívají v potravinářském průmyslu jako zahušťující a gelotvorné látky. Cílem práce bylo zjistit jak přidavek pektinu, monosacharidů a disacharidů ovlivňuje jakost tavených sýrů - viskoelastické a organoleptické vlastnosti.

Ze získaných výsledků při hodnocení tavených sýrů s obsahem sušiny 40 % a 50% w/w obsahem tuku v sušině, bylo možné vyvodit tyto závěry:

- přídavky pektinu (0,2 %, 0,4 %, 0,6 %, 0,8 % w/w) neovlivnily hodnotu pH ani obsah sušiny, což je důležité pro analýzu vlivu různých koncentrací pektinu na viskoelastické vlastnosti,
- přidavek pektinu v modelových tavených sýrech měl vliv na viskoelastické vlastnosti. Se stoupající koncentrací pektinu rostl elastický a ztrátový modul pružnosti, tzn., že se zvyšující se koncentrací pektinu se zvyšovala tuhost tavených sýrů,
- přidavek pektinu ovlivnil pouze tuhost a roztíratelnost tavených sýrů. Podle hodnotitelů k ovlivnění ostatních organoleptických vlastností - vzhledu a barvy, chutě a vůně nedošlo,
- rovněž přidavek 1 % monosacharidů (galaktosy, glukosy, fruktosy) a 1 % disacharidů (laktosy, sacharosy) měl vliv na viskoelastické vlastnosti. Po přidání sacharidů došlo ke snížení tuhosti ve stejné míře,
- všechny přidané sacharidy ovlivňovaly viskoelastické vlastnosti tavených sýrů stejně. Nezáleží tedy na tom, zda se jedná o mono nebo disacharid a zda je použitý sacharid redukující či neredukující, výsledný efekt byl u všech stejný.

Tyto výsledky mohou posloužit výrobcům tavených sýrů k lepšímu pochopení vlivu jednotlivých komponentů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] CALLEC, Ch. *Encyklopedie sýrů*. 1. vydání. Dobřejovice: Rebo production CZ, 2002. ISBN:80-7234-225-8.
- [2] BUŇKA, F.; HRABĚ, J.; ČERNÍKOVÁ, M. *Tavené sýry: pravidelná součást našeho jídelníčku* [on-line]. 2005, [cit.2007-08-15]. Dostupné z <http://www.qmagazin.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4648&Itemid=130>.
- [3] CARIC, M.; KALÁB, M. Processed cheese product. In Fox, P.F.(ed.) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology. Major cheese Groups*. 2. vydání. Londýn a New York: Elsevier Applied Science, 1997.
- [4] GAJDŮŠEK, S. *Mlékařství II*. 1. vydání. Brno: Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, 1986. ISBN: 80-7157-342-6.
- [5] FREDERICK, J. F. *Encyclopedia of Food Science and Technology*. 2. vydání. New York, John Wiley & Sons, 2000. ISBN: 0-471-19285-6.
- [6] BUŇKA, F.; NOVÁK, V.; KADIDLOVÁ, H. *Ekonomika výživy a výživová politika I*. 1. vydání. Zlín: Vydala UTB ve Zlíně, 2006. ISBN: 80-7318-429-X.
- [7] BUŇKA, F.; HRABĚ, J. Tavené sýry. *Potravinářské revue*. 2006, roč. 3, č. 4, s. 13 - 16.
- [8] DOSTÁLOVÁ, J.; ČURDA, L. *Význam tavených sýrů ve výživě* [on-line]. 2005, [cit. 2007-08-25]. Dostupné z <http://www.fzv.cz/web/fzv-poskytuje/tiskove-materialy/cesky_fenomen/syry_vyznam>.
- [9] BUŇKA, F.; HRABĚ, J.; ČERNÍKOVÁ, M. *Výroba tavených sýrů a jejich trvanlivost* [on-line]. 2005, [cit. 2007-08-15]. Dostupné z <http://www.qmagazin.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=4690&Itemid=130>.
- [10] DAVÍDEK, J.; JANÍČEK, G.; POKORNÝ, J. *Chemie potravin*. 1. vydání. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1983.
- [11] *Carbohydrate - Chemical Structure* [on-line]. [cit. 2007-08-25]. Dostupné z <<http://www.scientificpsychic.com/fitness/carbohydrates1.html>>.

- [12] KODÍČEK, M. *Biochemické pojmy* [on-line]. [cit. 2007-08-25]. Dostupné z <http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_es-002/ebook.obsah.htm>.
- [13] McWHIRTNER, A.; CLASENOVÁ, L. *Jídlo jako jed, jídlo jako lék*. 1. vydání. Praha: Reader's Digest Výběr, spol s r.o., 1998. ISBN: 80-902069-7-2.
- [14] KRKOŠKOVÁ, B. *Potraviny současnosti*. 1. vydání. Bratislava, Alfa - vydavatel'stvo technickej a ekonomickéj literatúry, 1989. ISBN: 80-05-00078-2.
- [15] KYSILKA, J. *Polysacharidy* [on-line]. [cit. 2007-09-20]. Dostupné z <<http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/sacharid/polysach/polysach.html>>.
- [16] ROP, O.; VALÁŠEK, P. *Teoretické princípy konzervace potravin I. Hlavní konzervárenské suroviny*. 1. vydání. Zlín: UTB ve Zlíně, 2005. ISBN: 80-7318-339-0.
- [17] PHILLIPS, G. O.; MAY, C. D. Pectin. In *Handbook of Hydrocolloids*. 1. vydání. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000. Kapitola 10. 169 - 188. ISBN: 1-85573-501-6.
- [18] DRDÁK, M. *Technológia rastlinných neúdržných potravin*. 1. vydání. Bratislava: Alfa - vydavateľ'stvo technickej a ekonomickéj literatúry, 1989. ISBN: 80-05-00121-5.
- [19] ČOPÍKOVÁ, J.; SYNYTSYA, A. *Polysacharidy, jejich význam a uplatnění* [on-line]. [cit. 2007-08-25]. Dostupné z <http://chemicke-listy.vscht.cz/docs/full/2005_09_621.pdf>.
- [20] Vyhláška Ministerstva zemědělství 4/2008 Sb. o použití přídatných látek a roz-pouštědel při výrobě potravin, v platném znění.
- [21] Vyhláška Ministerstva zemědělství 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje, v platném znění.
- [22] TRNAK, J.; KLINOTOVÁ, E. *Organická chemie*. 1. vydání. Praha: Nakladatel'ství Karolinum, 2002. ISBN: 80-246-0561-9.
- [23] STANĚK, J.; a kolektiv. *Monosacharidy*. 1. vydání. Praha: Nakladatelství česko-slovenské akademie věd, 1960.

- [24] HUI, Y. H. *Dairy Science and Technology Handbook*. 1. vydání. New York: Wiley - VCH, 1993. ISBN: 1-56081-078-5.
- [25] SVOBODA, J.; a kolektiv. *Organická chemie I*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005. ISBN: 978-80-7080-561-9.
- [26] VALÁŠEK, P. *Konzervace a balení potravin* [on-line]. [cit. 2008-03-13]. Dostupné z <http://utb.cepac.cz/Screens/ContentProvider.aspx/CBLzGywRkhXe2y-BaGc2St7acGZAjn2zvWG83WEi9uo1/M0011_konzervace_a_baleni_potravin/distancni_text/M0011_konzervace_a_baleni_potravin_distancni_text.pdf>.
- [27] *Potravinářské aktuality* [on-line]. 2002, [cit. 2008-03-13]. Dostupné z <http://www.slpk.sk/eldo/pa/pa-01_02.pdf>.
- [28] ČERNÁ, E.; MERGL, M. *Laboratorní kontrolní metody v mlékařství*. 1. vydání, Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1971.
- [29] MORAVCOVÁ, J. *Role sacharidů v živých organizmech* [on-line]. [cit. 2008-01-12]. Dostupné z <<http://www.otvorenaveda.cz/ov/users/Image/default/C2Seminare/MultiObSem/004.pdf>>.
- [30] McCLEMENTS, D. J. Non-covalent interactions between proteins and polysaccharides. *Biotechnology Advances*. 2006, roč. 24, č. 6, s. 621 - 625.
- [31] LI-CHAN, E. C. Y. Properties of proteins in food systems: an introduction. In *Proteins in food processing*. 1. vydání, Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2004. Kapitola 2. s. 2 - 22. ISBN: 0-8493-2536-6.
- [32] PIJANOWSKI, E. *Základy chemie a technologie mlékářstva II*. 1. vydání. Bratislava: Příroda, 1978.
- [33] GUINEE, T.P. Pasteurized processed cheese products. *Encyclopedia of Dairy Science*, 1. vydání. Londýn: Elsevier Science, 2003, s. 411-418.
- [34] *Process cheese Manufacture - short guide*. Ladenburg: BK Guilini Chemie, JOHA, SLOVA, 1997, s. 15.
- [35] KADLEC, P.; a kolektiv. *Technologie potravin II*. 1. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2002. ISBN: 80-7080-510-2.

- [36] MARCHESSEAU, S.; GASTALDI, E.; LAGAUDE, A.; CUQ, J. L. Influence of pH on Protein Interactions and Microstructure of Process Cheese. *Journal Dairy Science*. 1997, roč. 80, s. 1483-1489.
- [37] PISKA, I.; ŠTĚTINA, J. Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*. 2004, roč. 61, s. 551-555.
- [38] RORMAN, L.; a kolektiv. *Mlékárenská technologie II*. 2. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1996.
- [39] OLSON, N. F.; VAKALERIS, D. G.; PRICE, W. V.; KNIGHR, S. G. Acidity and age of natural cheese as factors affecting the body of pasteurized processed cheese sread. *Journal of Dairy Science*. 1958, roč. 41, s. 1005-1016.
- [40] SYRBE, A.; BAUER, W. J.; KLOSTERMEYER, H. Polymer science Concepts in Dairy systems - An Overview of Milk Protein and Food Hyfrocolloid Interaction. *International Dairy Journal*, 1998, roč. 8, č. 3, s. 179-193.
- [41] BARTOVSKÁ, L.; ŠIŠKOVÁ, H. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. 5. vydání. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005. ISBN: 80-7080-579-X.
- [42] HRABĚ, J.; ROP, O. *Technologie výroby potravin rostlinného původu*. 1. vydání. Zlín: Vydavatelství UTB ve Zlíně, 2005. ISBN: 80-7318-372-2.
- [43] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin*. 1. vydání. Pelhřimov: OSSIS, 1999. ISBN: 80-902391-3-7.
- [44] PRUGAR, J. *Vláknina a jiné polysacharidy* [on-line]. [cit. 2008-04-29]. Dostupné z <<http://www.dtest.cz/index.php?action=2&pclanky=3&pkategorieid=104&pclaneid=263>>.
- [45] ČERNÍKOVÁ, M.; BUŇKA, F.; HLADKÁ, K.; BŘEZINA, P.; HRABĚ, J. *Využití pektinu při náhradě tavicích solí ve výrobě tavených sýrů* [on-line]. [cit. 2008-04-30]. Dostupné z <www.graphix.sk/webhosting/bezpecnostpotravin/index.php/menu/1/id/7>.

- [46] Norma ČSN EN ISO 5534: Tavené sýry - stanovení obsahu celkové sušiny, ČNI Praha 2005.
- [47] INDRA, Z.; MIZERA, J. *Kontrolní metody pro obor zpracování mléka*. 1. vydání, Praha: Ministerstvo školství a tělovýchovy, 1992.
- [48] LEE, S. K.; KLOSTERMEYER, H. The effect of pH on the rheological properties of reduced-fat model processed cheese spreads. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 2001, roč. 34, s. 288-292.
- [49] LEE, S. K.; ANEMA, S.; KLOSTERMEYER, H. The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and Technology*. 2004, roč. 39, s. 763-771.
- [50] MAROZIENE, A.; de KRUIF, C. G. Interaction of pectin and casein micelles. *Food Hydrocolloids*. 2000, roč. 14, č. 4, s. 391-394.
- [51] NOVÁK, V.; BUŇKA, F. *Základy ekonomiky výživy*. 1. vydání. Zlín: Vydavatelství UTB ve Zlíně, 2005. ISBN: 80-7318-262-9.
- [52] *Butyrometr Van Gulik, lodička* [on-line]. [cit. 2008-04-29]. Dostupné z: <http://www.merci.cz/katalog/sklo-a-porcelan/1013_pyknometry-butyrometry-viskozimetry-stalagmometry-kolorimetry>.
- [53] ČSN EN ISO 8589: Senzorická analýza. Obecná směrnice pro uspořádání senzorického pracoviště, ČNI Praha 1993.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

HM - pektin Vysokometylovaný pektin.

LM - pektin Nízkometylovaný pektin.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Výměna Ca^{2+} iontů za Na^+ ionty při výrobě tavených sýrů	16
Obr. 2: Galaktosa	21
Obr. 3: Glukosa	22
Obr. 4: Fruktosa	22
Obr. 5: Laktosa	23
Obr. 6: Sacharosa	24
Obr. 7: Pektin	25
Obr. 8: Přehled základních interakcí, které mohou nastat při smíchání disperzí proteinu a polysacharidu	31
Obr. 9: Butyrometr Van Gulik, navažovací lodička	39
Obr. 10: Závislost elastického G' (plné symboly) a ztrátového G'' (otevřené symboly) modulu pružnosti na frekvenci u výrobků první experimentální fáze skupiny I	45
Obr. 11: Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové tavené sýry druhé experimentální fáze	53
Obr. 12. Závislost komplexního modulu pružnosti (G^*) na frekvenci pro modelové tavené sýry druhé experimentální fáze.....	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Relativní sladivost 10% roztoků některých sladidel ve srovnání s 10% roztokem sacharosy (= 100)	21
Tabulka 2. Obsah sušiny	42
Tabulka 3. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - I. Skupina	43
Tabulka 4. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - II. Skupina	44
Tabulka 5. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech první experimentální fáze - III. Skupina	43
Tabulka 6. Výsledky sensorické analýzy - I. skupina	47
Tabulka 7. Výsledky sensorické analýzy - II. skupina	47
Tabulka 8. Výsledky sensorické analýzy - III. skupina	47
Tabulka 9. Výsledky chemické analýzy Eidamské cihly	49
Tabulka 10. Obsah sušiny	50
Tabulka 11. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - IV. skupina	51
Tabulka 12. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - V. skupina	52
Tabulka 13. Obsah sušiny	54
Tabulka 14. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - VI. skupina	55
Tabulka 15. Hodnoty elastického (G') a ztrátového (G'') modulu pružnosti a tangentu úhlu fázového posunu ($\tan \delta$) pro referenční frekvenci 1 Hz v testovaných tavených sýrech druhé experimentální fáze - VII. skupina	56

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Protokol pro senzorické hodnocení tavených sýrů

Příloha P II: Hodnocení tavených roztíratelných sýrů

Příloha P III: Článek - The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of processed chee

PŘÍLOHA P I: PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ TAVENÝCH SÝRŮ

PROTOKOL PRO SENZORICKÉ HODNOCENÍ TAVENÝCH SÝRŮ

Jméno:

Datum a hodina:

Podpis:

Úkol 1 – Sensorické hodnocení pomocí stupnic (zapište zvolený stupeň)

Tavený sýr	Znak					
	Vzhled a barva	Lesk	Konzistence	Tuhost	Roztíratelnost	Chuť a vůně
A						
B						
C						
D						
E						
H						

Úkol 2 – Pořadové testy intenzity znaků

Seřaďte následující vzorky podle intenzity znaku, dva a více vzorků **nesmí** mít stejné pořadí.

(Tuhost: 1 – vzorek nejméně tuhý, 6 – nejtužší vzorek)

(Roztíratelnost: 1 – vzorek nejméně roztíratelný, 6 – vzorek nejvíce roztíratelný)

Znak	Tavený sýr					
	A	B	C	D	E	H
Tuhost						
Roztíratelnost						

Úkol 3 – Pořadový preferenční test

Seřaďte následující vzorky podle Vašich preferencí (1 – nejlepší, 6 – nejhorší, dva a více vzorků nesmí mít stejné pořadí)

Znak	Tavený sýr					
	A	B	C	D	E	H
Preference						

17

Tavený sýr	Poznámky
A	
B	
C	
D	
E	
H	

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37 **PŘÍLOHA P II: HODNOCENÍ TAVENÝCH ROZTÍRATELNÝCH SÝRŮ**38 ***Vzhled a barva***

- 40 1. **Vynikající** – barva smetanově bílá, stejnorodá, bez cizích odstínů. Sýr hladký, lesklý.
- 41 2. **Výborná** – mírná odchylka od deklarované barvy a vzhledu, bez cizích odstínů, ho-
- 42 mogenní, typická pro smetanový tavený sýr. Změny barvy způsobené osýcháním sýru,
- 43 oxidačními změnami jen nepatrné. Vzhled bez jakýchkoliv známek deformace, na po-
- 44 vrchu sýra čistý, hladký, lesklý.
- 45 3. **Dobrá** – barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s vyloučením mramoro-
- 46 vání barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené mírnou deformací tvaru, drobnější
- 47 závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je nepatrně matný, stále však hladký.
- 48 4. **Méně dobrá** – barva odpovídá druhu taveného sýra, je homogenní s nepatrnými ná-
- 49 znaky mramorování barvy. Vzhled vykazuje odchylky způsobené deformací tvaru,
- 50 drobnější závady v hladkosti povrchu, povrch sýra je mírně matný, mírné odchylky v
- 51 hladkosti.
- 52 5. **Nepřijatelný** – barva na povrchu i v těště nehomogenní, silné oxidativní změny na
- 53 povrchu, výskyt plísně, značná deformace povrchu, vzhled narušen duřením sýra, vy-
- 54 tavený, oddělený tuk.
- 55

56 ***Lesk sýra***

- 57 1. Vynikající vysoký lesk – sýr s vynikajícím leskem
- 58 2. Výborný lesk
- 59 3. Dobrý lesk
- 60 4. Méně dobrý lesk
- 61 5. Naprosto nevyhovující lesk – naprosto matný sýr
- 62

63 ***Konzistence***

- 64 1. **Vynikající** – lehce roztíratelná, plastická, dokonale utavená, bez vzduchových dutin,
- 65 homogenní, bez výskytu neutavených kousků sýra.
- 66 2. **Výborná** – roztíratelnost velmi dobrá, nepatrně tužší nebo měkčí.
- 67 3. **Dobrá** – roztíratelnost dobrá, mírně tužší nebo měkčí, slabě lepivá.
- 68 4. **Méně dobrá** – lepivá, tuhá, řídká, nehomogenní, špatně roztíratelná.
- 69 5. **Nepřijatelná** – velmi tuhá až drobivá, silně lepivá, rozbředlá, nehomogenní
- 70 s oddělujícím se tukem, zduřelá s výskytem provzdušnění, silně krupičkovitá, roztéka-
- 71 vá
- 72

73

74

<i>Tuhost</i>	<i>Roztíratelnost taveného sýra</i>
1. Tavený sýr velmi tuhý	1. Tavený sýr není roztíratelný
2. Tavený sýr mírně tužší	2. Tavený sýr je hůře roztíratelný
3. Tuhost taveného sýra optimální	3. Roztíratelnost je typická, optimální
4. Tavený sýr mírně měkčí než jeho optimum	4. Tavený sýr je velmi roztíratelný až mírně řídký
5. Tavený sýr velmi měkký	5. Tavený sýr má tekutý charakter

75

76 ***Chuť a vůně***

- 77 1. **Vynikající** – chuť jemná, mléčně sýrová, nebo máslová, smetanová, jemně sýrově nasládlá, výrazná. Vůně čistá velmi harmonická, cizí příchutě jsou vyloučeny.
- 78
- 79 2. **Výborná** – mírné odchylky od vynikající chuti a vůně, přesto harmonická, odpovídající deklarovanému druhu, přirozeně mléčně nakyslá nebo nasládlá, typická, cizí příchutě vyloučeny.
- 80
- 81
- 82 3. **Dobrá** – chuť a vůně typická pro smetanový tavený sýr s odchylkami ne zásadního charakteru, avšak charakteristická a čistá pro deklarovaný druh.
- 83
- 84 4. **Méně dobrá** – výskyt cizích příchutí, méně harmonická, nahořklá, slanější, příchut' po tavicích solích, kyselejší, mírně oxidovaná, dílčí odchylky v chuti, mírně nečistá, mírně kvasničná.
- 85
- 86
- 87 5. **Nepřijatelná** – nečistá, žluklá, slaná, hořká,
- 88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100 **PŘÍLOHA P III: ČLÁNEK - THE EFFECT OF PECTIN**
101 **CONCENTRATION ON VISCOELASTIC AND SENSORY PROPERTIES**
102 **OF PROCESSED CHEESE**

103

104 **The effect of pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of**
105 **processed cheese**

106

107

108 **The running title:**

109 **Pectin concentration and processed cheese**

110

111

112 **Ivana Macků,¹ František Buňka,^{*1} Vladimír Pavlínek,² Petra Leciánová¹ & Jan Hrabě¹**

113

114 1 Department of Food Engineering, Tomas Bata University in Zlín, nám. T.G.Masaryka
115 275, Zlín 762 72, Czech Republic

116 2 Polymer Centre, Tomas Bata University in Zlín, nám. T.G.Masaryka 275, Zlín 762 72,
117 Czech Republic

118 **Summary**

119 The effect of pectin addition on viscoelastic properties of model processed cheeses with 40%
120 w/w dry matter and 50% w/w fat in dry matter after 42 days of storage at temperature 6 ± 2 °C
121 has been investigated using dynamic oscillation rheometry (plate-plate geometry; frequency

122 range 0.1–50.0 Hz; temperature 20°C). The role of pectin concentration (0.2, 0.4, 0.6 and
123 0.8% w/w) has been studied. Also, the sensory evaluation of samples has been made to assess
124 cheese appearance, rigidity, spreadability and flavour. All samples with the pectin addition
125 were more rigid and less spreadable compared to processed cheeses without pectin. With the
126 increasing concentration of pectin the storage (G') and loss (G'') moduli rose at the whole
127 tested frequency range (0.1–50.0 Hz). Growing pectin content resulted in the decrease in loss
128 tangent (the nature of gel was changed to more elastic material). The dependence of processed
129 cheese rigidity on pectin concentration (in range 0–0.8% w/w) was not linear. The appearance
130 and flavour were not worse by pectin addition.

131

132 **Keywords**

133 Processed cheese, Pectin concentration, Rheology, Viscoelastic properties, Sensory analysis.

134

135 **Introduction**

136

137 Many recent studies have focused on dairy products containing various hydrocolloids such as
138 carrageenan, locust bean gum, xanthan, modified starch or pectin (Sanchez et al., 2000;
139 Laurent & Boulenguer, 2003; Tuinier et al., 2002; Verbeken et al., 2004; Spagnuolo et al.,
140 2005; Vega et al., 2005). These hydrocolloids are widely used in food industry as stabilizing,
141 thickening or gelling agent whose role is to improve texture (e.g. enhance viscosity, bind wa-
142 ter and/or create stable gel systems) of final products (Syrbe et al., 1998).

* Correspondent: E-mail: bunka@ft.utb.cz

143 Processed cheese is a dairy product formed by blending shredded natural cheeses of different
144 types and degrees of maturity with emulsifying agents, and by heating the blend under a par-
145 tial vacuum with constant agitation until a homogenous mass is obtained. Water, butter, milk
146 protein ingredients (e.g. skim milk powder, whey powder, coprecipitates, casein, caseinates),
147 rework, vegetables and spices, muscle food ingredients, flavours, colours, salt, hydrocolloids
148 and preservatives (e.g. nisin, potassium sorbate, calcium/sodium propionate) may be added to
149 the blend (Guinee et al., 2004). There are many factors that influence the consistency of pro-
150 cessed cheese, e.g. dry matter content, fat content, maturity of raw material, amount and types
151 of emulsifying agents used, pH, presence and concentration of ions (especially calcium, so-
152 dium and potassium), processing protocol, using of emulsifiers (e.g. mono- and diacylglyc-
153 erols), lactose and other sugars concentration etc. Also, hydrocolloids (including pectin) are
154 often used in processed cheese manufacture and significantly affect texture of final products
155 (Marchesseau et al., 1997; Muir et al., 1997; Swenson et al., 2000; Guinee et al., 2004; Lee et
156 al., 2004; Mizuno & Lucey, 2005; Shirashoji et al., 2006; Lu et al., 2007).

157 Pectin is predominantly linear polysaccharide consisting of α -D-galacturonic acid residues
158 with a small fraction of rhamnose and side chains created by other sugars, e.g. galactose and
159 arabinose (Leroux et al., 2003; Lootens et al., 2003; Tsoga et al., 2004). Pectins can be di-
160 vided according to their degree of esterification (DE – the percentage of the carboxyl group on
161 α -D-galacturonic acid esterified with methanol) into high-methoxyl (HMP; DE > 50%) and
162 low-methoxyl pectin (LMP; DE < 50%) (Norziah et al., 2001; Tsoga et al., 2004). The degree
163 of esterification strongly affects gelling mechanisms and functional properties of pectin.
164 Whereas LMPs create three-dimensional network through calcium bridges between two dif-
165 ferent pectin chains, HMP gels are formed via hydrophobic interactions and hydrogen bonds
166 between methyl groups of different pectin chains (Norziah et al., 2001; Sato et al., 2004).

167 LMP gels are created in the presence of calcium and in the wide range of pH (practically 2.5–
168 7.0). Rigidity of such gels is considerably influenced by the amount of calcium present. The
169 gel strength increases with growing calcium concentration (El-Nawawi & Heikal, 1995; Tib-
170 bits et al., 1998; Lootens et al., 2003). HMP creates stable gels at $\text{pH} \leq 3.5$ and in the presence
171 of high sugar content (>55%) (Tsoga et al., 2004; Löfgren & Hermansson, 2007). Hence,
172 HMP serves usually as protein dispersion stabiliser in products with reduced pH (yoghurt,
173 acidic milk beverages and milk/juice blend). On the other hand, LMP is preferred for its gel-
174 ling/thickening abilities in either acidic or less acidic products such as non-acid milk desserts
175 (May, 2000; Laurent & Boulenguer, 2003; Matia-Merino & Singh, 2007). The stability and
176 quality of protein-pectin systems depend on a large number of factors, e.g. pH, concentration
177 of hydrocolloid, protein and other present substances, ionic environment, actual temperature
178 and thermal history of system etc. (Syrbe et al., 1998)

179 Caseins are major proteins occurring in bovine milk. Chemically, they are phosphoproteins
180 and include four main fractions: $\alpha_{\text{S1-}}$, $\alpha_{\text{S2-}}$, β - and κ -casein (Lucey, 2002). These proteins ex-
181 ist in milk in the form of spherical casein micelles with a diameter of 50–300 nm (Schorsch
182 et al., 1999; Dickinson, 2006). These associations are highly stable in their natural environ-
183 ment due to outer “hairy” layer which is created by the glycomacropeptide segments of κ -
184 casein protruding from the micelle surface (Schorsch et al., 1999; Spagnuolo et al., 2005).
185 These stable colloidal particles (micelles) are disrupted either by enzyme action (e.g. rennin)
186 during natural cheese production (raw material for processed cheese manufacture) or by acidi-
187 fication in the production of acidic dairy products such as yogurts (Dickinson, 2006).

188 Interactions between casein micelles and LMP or HMP have been widely studied by a number
189 of authors (Pereyra et al., 1997; Syrbe et al., 1998; Marozienne & de Kruif, 2000; Tuinier et al.,
190 2002). These interactions can be attractive or repulsive especially depending on pH. Attractive

191 interactions appear at $\text{pH} < 5$ and lead to the adsorption of pectin onto the casein micelle sur-
192 face and are of electrostatic nature (Maroziane & de Kruif, 2000; Tuinier et al., 2002). At a
193 neutral pH, when both biopolymers carry negative charge, pectin is non-adsorbing and repul-
194 sive interactions occur (Tuinier et al., 2002). In available literature, however, there have been
195 found neither information about interactions between pectin and non-micellar casein nor pa-
196 pers dealing with the effect of different pectin addition on consistency of processed cheese.

197 The objective of this paper was to study the viscoelastic and sensory properties of model proc-
198 essed cheese with 40% w/w dry matter and 50% w/w fat in dry matter as a function of non-
199 esterified pectin concentration. This study could help manufacturers and researchers in under-
200 standing the effect of different pectin concentrations on processed cheese quality.

201

202 **Materials and methods**

203

204 **Sample preparation**

205

206 Model processed cheese (40% w/w dry matter and 50% w/w fat in dry matter) was prepared
207 for the analysis of influence of non-esterified citrus pectin concentration on their viscoelastic
208 and sensory properties. Non-esterified citrus pectin was purchased from Sigma Aldrich, Inc.,
209 St. Louis, USA (specification of producer: >90% w/w dry matter and >74% w/w of galactu-
210 ronic acid). This polysaccharide was applied into the model processed cheese in the different
211 target concentrations of 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% w/w. Ingredients used for processed cheese
212 manufacture were: (1) Eidamský Blok – Dutch-type cheese with 30% w/w fat in dry matter
213 and 50% w/w dry matter; (2) butter; (3) deionised water [for keeping the ionic environment at

214 a constant level; the same condition used e.g. Shirashoji et al. (2006)]; (4) commercial emulsi-
215 fying agents (sodium salts of phosphates and polyphosphates – JOHA, Benckiser-Knapsack,
216 Ladenburg, Germany). The highest reached temperature during production ranged from 92 to
217 93 °C and total cooking time was 10–12 min. These processing parameters and the ingredients
218 were chosen to imitate the industrial conditions (Piska & Štětina, 2004).

219 Processed cheese was made using a 2-L capacity Vorwerk Thermomix TM 31 blender cooker
220 (Vorwerk & Co. Thermomix; GmbH, Wuppertal, Germany). Lee et al. (2004) used similar
221 type of equipment in their study. First, shredded natural cheese and butter (pieces approxi-
222 mately 2 x 2 x 2 cm) were prepared in adequate amount, placed into the cooker and minced at
223 the temperature 50 °C for 1 min. Further, water and emulsifying agents (2.0% w/w) were
224 added to the mixture. Pectin in powder form was then applied to the blend in concentrations
225 of 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% w/w and the mixture was subjected to the heat treatment of up to
226 92 °C at constant agitation (this target temperature was kept 1 min). After the thermal process-
227 ing and packaging into standard 100 g plastic doses with sealable lids, the prepared samples
228 were cooled and stored in a refrigerator at 6±2 °C. The total amount of manufactured proc-
229 essed cheese was approximately 800 g per batch.

230 Three groups of model processed cheeses (i = I, II, III), prepared using the same processed
231 cheese formulation and technology, were manufactured separately on different days. There
232 were 5 batches in each group of model processed cheeses: control sample without addition of
233 pectin and processed cheeses with 0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% w/w of pectin. Evaluation of all
234 samples was performed after 42 days of storage at 6±2 °C.

235 All natural cheese blocks were obtained from the same producer. Three groups of model proc-
236 essed cheese slightly differed in the maturity of natural cheese (between 8 and 10 weeks)
237 which caused different initial rigidity of control samples in all tested groups [see storage (G´)

238 and loss (G'') moduli in Table 1]. This design of experiment is consistent with industrial prac-
239 tice, where manufacturers process natural cheeses with different degree of maturity. Hence, all
240 findings about the influence of pectin addition on the rheology and sensory attributes of model
241 processed cheeses were referred to the control sample of specific group.

242

243 **Chemical analysis**

244

245 Each sample was characterized by dry matter content and pH. Dry matter content was deter-
246 mined according to ISO 5534:2004. pH of model processed cheese was measured three times
247 by pH-meter with glass electrode.

248

249 **Rheological measurement**

250

251 Rheological measurements were made in dynamic oscillation mode using a controlled stress
252 Bohlin rheometer (Bohlin GEMINI, Malvern Instruments Ltd., UK) with parallel plates ge-
253 ometry (40 mm diameter). The processed cheese sample was carefully put between the plates
254 (at the temperature of 20°C) and the exposed edge was coated with low viscosity silicone oil
255 to avoid sample humidity loss. Measurements of the storage (G') and loss (G'') moduli were
256 performed in the linear viscoelastic region (the amplitude of shear stress 40 Pa) and in the
257 frequency sweep mode at the frequency range 0.1–50.0 Hz. The effect of pectin concentration
258 on processed cheese texture was evaluated also by means of the loss tangent ($\tan \delta = G''/G'$)
259 and the complex modulus G^*

$$G^* = \sqrt{(G')^2 + (G'')^2} \quad (1)$$

For statistical evaluation of data the reference frequency of 1 Hz was chosen, which is widely used as described by Piska & Štětina (2004), Bennett *et al.* (2006), Buňka *et al.* (2007).

The effect of pectin addition on viscoelastic properties of processed cheese was analyzed using Winter's critical gel theory (Winter & Chambon, 1986). According to Gabriele *et al.* (2001), who applied this theory to food, the complex modulus can be expressed by:

$$G^*(\omega) = A_F \omega^{1/z} \quad (2)$$

where (A_F) is the gel strength and (z) is the number of structure units interacting with one another in a three-dimensional network (the interaction factor).

Sensory analysis

Model processed cheese was evaluated by a panel of 20–24 selected assessors (employees and students of Department of Food Engineering) trained according to ISO 8586-1:1993. This evaluation was performed within the sensory laboratory equipped with sensory booths in accordance with ISO 8589:1988. Samples were coded and served at the room temperature (22 ± 2 °C). Seven-point hedonic scale was used for assessment of cheese appearance, rigidity, spreadability and flavour.

Statistical data analysis

Results of basic chemical analysis, dynamic oscillation rheometry and sensory analysis were

282 statistically evaluated by means of non-parametric analysis of variance (Kruskal-Wallis test)
283 or Wilcoxon test (Agresti, 1984). Differences among comparisons had to achieve $P < 0.05$ to
284 show significance. The dependency of complex modulus values (G^*) on the pectin concentra-
285 tion were also evaluated using regression analysis (least squares method). Linear ($y = a_1 +$
286 a_2x), quadratic ($y = a_1 + a_2x + a_3x^2$) and cubic ($y = a_1 + a_2x + a_3x^2 + a_4x^3$) models were chosen
287 for fitting [where y represented values of the complex modulus (G^*), x expressed the pectin
288 concentration and a_1, a_2, a_3, a_4 were regress coefficients for tested model]. Parameters (A_F)
289 and (z) in equation (2) were calculated by least squares method.

290

291

292 **Results and discussion**

293

294 **Chemical analysis**

295

296 Viscoelastic and sensory properties of model processed cheeses with pectin concentrations of
297 0.2, 0.4, 0.6, and 0.8% w/w and control samples without pectin were analysed. Results ob-
298 tained by basic chemical analysis showed insignificant differences ($P \geq 0.05$) in pH and the
299 dry matter content among samples within the group. The dry matter content in Group I ranged
300 from 41.86 to 42.90% w/w, in Group II from 42.57 to 43.72% w/w and in Group III from
301 42.39 to 42.95% w/w. Measured values of pH in tested groups were as follows: 5.84–5.96
302 (Group I), 5.64–5.72 (Group II) and 5.91–5.94 (Group III). The processed cheese consistency
303 and the efficiency of pectin are substantially influenced by the dry matter content and pH of
304 system (Marchesseau *et al.*, 1997; Sharma *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2004). Hence, practically

305 similar values of the dry matter content and pH allowed analyzing of the influence of different
306 pectin concentration on viscoelastic and sensory properties of model processed cheese in 3
307 tested groups.

308

309 **Rheological analysis**

310

311 The small amplitude oscillatory shear test (determination of storage G' and loss G'' moduli) is
312 nowadays useful and usual tool for evaluation of food gels (Gabriele et al., 2001). This tech-
313 nique is widely used for studying of viscoelastic properties of dairy products including proc-
314 essed cheeses as demonstrated e.g. works of Lucey (2002), Lee et al. (2004), Shirashoji et al.
315 (2006), Lu et al. (2007). Table 1 reflects that the addition of pectin in all tested concentrations
316 (0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% w/w) caused significant growth in the storage (G') and loss (G'')
317 moduli of model processed cheeses compared to control samples; this increase was observed
318 in all used groups ($P < 0.05$). The similar results described also Swenson et al. (2000) who
319 observed the increase of processed cheese firmness due to hydrocolloid addition (gelatin, car-
320 rageenan, locust bean gum and guar gum) compared to control samples. The storage (G') and
321 loss (G'') moduli values of control samples in this paper are in agreement with data published
322 by Lee & Klostermeyer (2001), Piska & Štětina (2004), Buňka et al. (2007).

323 Fig. 1 shows the dependence of the storage (G') and loss (G'') moduli on frequency for prod-
324 ucts in Group I. According to this figure, with the increasing concentration of pectin the stor-
325 age (G') and loss (G'') moduli of model processed cheeses rose at the whole tested frequency
326 range (0.1–50.0 Hz). The similar increasing trends were obtained as well for samples within
327 Group II and Group III (data are not graphically presented). Statistical analysis of storage (G')
328 and loss (G'') moduli values at the reference frequency 1 Hz (see Table 1) proved significant

329 rise of these moduli in most batches as a result of increasing pectin concentration ($P < 0.05$).
330 Generally, the higher was pectin concentration, the higher strength of gel was obtained. Table
331 1 also shows that the growing pectin concentration caused the decrease in the loss tangent (\tan
332 δ) of most tested batches. The decline of loss tangent ($\tan \delta$) pointed that the rise in gel rigid-
333 ity was caused by the increase of gel elasticity. These results indicate that the nature of gel is
334 changed to firmer and more elastic material due to increasing amount of pectin.

335 Table 2 presents the values of the gel strength (A_F) and the interaction factor (z) calculated
336 from the dependency of the complex modulus (G^*) on angular frequency (ω) using equation
337 (2). The growing pectin concentration caused significant rising ($P < 0.05$) of the gel strength
338 of model processed cheese (expressed as A_F). Similar behaviour, i.e. growth of gel rigidity due
339 to increasing pectin amount in samples, was also observed by El-Nawawi and Heikal (1995)
340 who found out that the strength of low-methoxyl pectin gels (prepared from water, pectin,
341 sucrose and calcium ions) increased with rising pectin concentration.

342 The increasing pectin addition promoted the enhancement ($P < 0.05$) of the interaction factor
343 (z) in tested batches of processed cheese (see Table 2). According to Gabriele *et al.* (2001) and
344 Martínez-Ruvalcaba *et al.* (2007), the higher z -value means the higher number of interactions
345 (degree of connectivity) in three-dimensional network. Thus, the growth of gel rigidity (gel
346 strength) and the increase of gel elasticity due to pectin addition (described above) could be
347 explained by rising number of interactions in matrix of processed cheese.

348 Values of complex modulus (G^*) at the reference frequency 1 Hz (calculated according to
349 equation (1)) also showed the rising trend (increasing rigidity of system) with the growing
350 amount of added pectin (see Table 3). Regression analysis of the dependence of the complex
351 modulus values (G^*) on the pectin concentration for 3 different models was carried out.
352 Linear, quadratic and cubic models were chosen. Further, the coefficients of determination (r^2)

353 for all 3 groups of the model processed cheese and for all 3 calculated models were expressed
354 (see Table 3). The comparison of these coefficients proved that quadratic or cubic models
355 describe the dependence of G^* values on the pectin concentration more accurately and at a
356 closer fitting than the linear model did. Results of Wade (1957) and Sharma *et al.* (1998) indi-
357 cated that the curve expressing the dependence of gel strength on the increasing pectin con-
358 centration can be non-linear.

359

360 **Sensory analysis**

361

362 Results obtained by the sensory analysis showed that appearance and flavour of most model
363 processed cheese were not significantly changed with the increasing pectin concentration
364 ($\underline{P} \geq 0.05$) (see Table 4), i.e. neither appearance nor flavour were worsen due to used pectin
365 additions. Model processed cheeses with 0.2% w/w of pectin in Groups I and II were even
366 evaluated as significantly better in appearance and flavour ($\underline{P} < 0.05$) compared to the other
367 samples in the group. This fact may be explained by better shine of these cheeses in compari-
368 son with control samples and products with higher pectin concentrations.

369 All model processed cheeses with pectin additions were significantly more rigid and less
370 spreadable compared to control samples ($\underline{P} < 0.05$). Generally, Table 4 also shows that rigidity
371 increased and spreadability decreased with the growing amount of pectin ($\underline{P} < 0.05$).

372 Selected assessors noted significant rise in rigidity and reduction in spreadability of model
373 processed cheeses with the growing pectin concentration in range of 0–0.6% w/w within
374 Group I ($\underline{P} < 0.05$). The increase in firmness of product observed by dynamic oscillation
375 rheometry (see Fig. 1, Tables 1–3) was also distinguishable by selected assessors.

376 The rise in rigidity and the decline in spreadability with the growing pectin concentration (in
377 range of 0–0.6% w/w) were obtained also in model processed cheeses within Group II and
378 Group III ($P < 0.05$). Nevertheless, there were not detected significant differences in rigidity
379 and spreadability between samples with 0.2 and 0.4% w/w of pectin in Group II. This finding
380 corresponded with results obtained by dynamic oscillation rheometry [see values of complex
381 modulus (G^*) in Table 3]. Model processed cheeses with 0.2 and 0.4% w/w of pectin in
382 Group III did not significantly differ in spreadability ($P \geq 0.05$).

383 In Groups I and III dynamic oscillation rheometry (see Tables 1–3) detected significant growth
384 of firmness in model processed cheese with 0.8% w/w of pectin compared to product with
385 0.6% w/w ($P < 0.05$). On the other hand, sensory analysis (see Table 4) did not indicate any
386 differences in rigidity or spreadability between processed cheese with 0.6 and 0.8% w/w of
387 pectin in Groups I and III ($P \geq 0.05$). This fact can be explained by formation of very strong
388 gels whose differences in rigidity and spreadability are sub-threshold for selected assessors in
389 term of difference threshold. Problems with difference thresholds for higher intensities of tex-
390 tural attributes were reported also by Hough *et al.* (1996) who studied correlations between
391 sensory and instrumental methods for cheese assessment. Hence, for higher amounts of pectin
392 in processed cheeses ($>0.6\%$ w/w) it can be assumed that differences in rigidity and spread-
393 ability between close pectin concentrations will not be unambiguously determined only by
394 sensory analysis.

395

396

397

398

399 Conclusion

400

401 The influence of pectin addition on viscoelastic and sensory properties of model processed
402 cheese with 40% w/w dry matter and 50% w/w fat in dry matter was investigated. All used
403 pectin concentrations (0.2, 0.4, 0.6 and 0.8% w/w) caused significant increase in rigidity and
404 decrease in spreadability of products compared to control samples in all tested groups. The
405 effect of pectin on the viscoelastic properties of model processed cheese depended on used
406 polysaccharide concentration. In general, the rigidity of products increased with the growing
407 pectin concentration. However, the dependence of firmness on pectin amount was not linear.

408 Sensory analysis detected significant increase in rigidity and spreadability in most products
409 with rising concentration of pectin in range of 0–0.6% w/w. The differences in rigidity and
410 spreadability between model processed cheeses containing 0.6 and 0.8% w/w of pectin were
411 sub-threshold for selected assessors and were not detected by sensory analysis. Hence, the
412 combination of instrumental methods and sensory analysis is useful for the quality control of
413 processed cheeses. Appearance and flavour of model processed cheese were not negatively
414 modified by pectin addition.

415 The pectin usage for desired modification of texture properties of processed cheeses is possi-
416 ble (in appropriate amount) without risks of worsening appearance and flavour which are very
417 important for consumer.

418

419

420

421

422 **Acknowledgement**

423

424 This work was kindly supported by a project of Czech Ministry of Education, Youth and
425 Sports (Grant No. MSM 7088352101).

426

427 **References**

428

429 Agresti, A. (1984). *Analysis of ordinal categorical data*. USA: John Wiley & Sons, Inc.

430 Bennett, R.J., Trivedi, D., Hemar, Y., Reid, D.C.W., Illingworth, D. & Lee, S.K. (2006). The
431 effect of starch addition on the rheological and microstructural properties of model processed
432 cheese. *The Australian Journal of Dairy Technology*, **61**, 157–159.

433 Buňka, F., Pavlínek, V., Hrabě, J., Rop, O., Janiš, R. & Krejčí, J. (2007). Effect of
434 1-monoglycerides on viscoelastic properties of processed cheeses. *International Journal of*
435 *Food Properties*, **10**, 819–828.

436 Dickinson, E. (2006). Structure formation in casein-based gels, foams, and emulsions. *Col-*
437 *loids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **288**, 3–11.

438 El-Nawawi, S.A. & Heikal, Y.A. (1995). Factors affecting the production of low-ester pectin
439 gels. *Carbohydrate Polymers*, **26**, 189–193.

440 Gabriele, D., de Cindio, B. & D'Antona, P. (2001). A weak gel model for foods. *Rheologica*
441 *Acta*, **40**, 120–127.

442 Guinee, T.P., Carić, M. & Kaláb, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substi-
443 tute/imitation cheese products. In: *Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Volume 2:*

- 444 *Major cheese groups* (edited by P.F. Fox, P.L.H. McSweeney & T.P. Cogan). Pp 349–394.
445 London and New York: Elsevier Applied Science.
- 446 Hough, G., Califano, A.N., Bertola, N.C., Bevilacqua, A.E., Martinez, E., Vega, M.J. &
447 Zaritzky, N.E. (1996). Partial least squares correlations between sensory and instrumental
448 measurements of flavour and texture for Reggianito grating cheese. *Food Quality and Prefer-*
449 *ence*, **7**, 47–53.
- 450 ISO Standard No. 5534:2004. *Cheese and processed cheese – Determination of the total sol-*
451 *ids content (Reference method)*. Geneva: International Organization for Standardization.
- 452 ISO Standard No. 8586-1:1993. *Sensory analysis – General guidance for the selection, train-*
453 *ing and monitoring of assessors – Part 1: Selected assessors*. Geneva: International Organiza-
454 tion for Standardization.
- 455 ISO Standard No. 8589:1988. *Sensory analysis – General guidance for the design of test*
456 *rooms*. Geneva: International Organization for Standardization.
- 457 Laurent, M.A. & Boulenguer, P. (2003). Stabilization mechanism of acid dairy drinks (ADD)
458 induced by pectin. *Food Hydrocolloids*, **17**, 445–454.
- 459 Leroux, J., Langendorff, V., Schick, G., Vaishnav, V. & Mazoyer, J. (2003). Emulsion stabi-
460 lizing properties of pectin. *Food Hydrocolloids*, **17**, 455–462.
- 461 Lee, S.K., Anema, S. & Klostermeyer, H. (2004). The influence of moisture content on the
462 rheological properties of processed cheese spreads. *International Journal of Food Science and*
463 *Technology*, **39**, 763–771.
- 464 Lee, S.K. & Klostermeyer, H. (2001). The effect of pH on the rheological properties of re-
465 duced-fat model processed cheese spreads. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, **34**,
466 288–292.

- 467 Löfgren, C. & Hermansson, A.M. (2007). Synergistic rheological behaviour of mixed HM/LM
468 pectin gels. *Food Hydrocolloids*, **21**, 480–486.
- 469 Lootens, D., Capel, F., Durand, D., Nicolai, T., Boulenguer, P. & Langendorff, V. (2003).
470 Influence of pH, Ca concentration, temperature and amidation on the gelation of low meth-
471 oxyl pectin. *Food Hydrocolloids*, **17**, 237–244.
- 472 Lu, Y., Shirashoji, N. & Lucey, J.A. (2007). Rheological, textural and melting properties of
473 commercial samples of some of the different types of pasteurized processed cheese. *Interna-
474 tional Journal of Dairy Technology*, **60**, 74–80.
- 475 Lucey, J.A. (2002). Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy
476 Science*, **85**, 281–294.
- 477 Marchesseau, S., Gastaldi, E., Lagaude, A. & Cuq, J.L. (1997). Influence of pH on protein
478 interactions and microstructure of process cheese. *Journal of Dairy Science*, **80**, 1483–1489.
- 479 Marozienne, A. & de Kruif, C.G. (2000). Interaction of pectin and casein micelles. *Food Hy-
480 drocolloids*, **14**, 391–394.
- 481 Martínez-Ruvalcaba, A., Chornet, E. & Rodrigue, D. (2007). Viscoelastic properties of dis-
482 persed chitosan/xanthan hydrogels. *Carbohydrate Polymers*, **67**, 586–595.
- 483 Matia-Merino, L. & Singh, H. (2007). Acid-induced gelation of milk protein concentrates
484 with added pectin: Effect of casein micelle dissociation. *Food Hydrocolloids*, **21**, 765–775.
- 485 May, C.D. (2000). Pectins. In: *Handbook of hydrocolloids* (edited by G.O. Phillips & P.A.
486 Williams). Pp 169-188. Cambridge and Boca Raton: Woodhead Publishing Limited and CRC
487 Press LLC.
- 488 Mizuno, R. & Lucey, J.A. (2005). Effects of emulsifying salts on the turbidity and calcium-
489 phosphate-protein interactions in casein micelles. *Journal of Dairy Science*, **88**, 3070–3078.

- 490 Muir, D.D., Williams, S.A.R., Tamime, A.Y. & Shenana, M.E. (1997). Comparison of the
491 sensory profiles of regular and reduced-fat commercial processed cheese spreads. *Interna-*
492 *tional Journal of Food Science and Technology*, **32**, 279–287.
- 493 Norziah, M.H., Kong, S.S., Karim, A.A. & Seow, C.C. (2001). Pectin-sucrose-Ca²⁺ interac-
494 tions: effects on rheological properties. *Food Hydrocolloids*, **15**, 491–498.
- 495 Pereyra, R., Schmidt, K.A. & Wicker, L. (1997). Interaction and stabilization of acidified ca-
496 sein dispersions with low and high methoxyl pectins. *Journal of Agricultural and Food*
497 *Chemistry*, **45**, 3448–3451.
- 498 Piska, I. & Štětina, J. (2004). Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed
499 cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *Journal of Food Engineering*,
500 **61**, 551–555.
- 501 Sato, Y., Kawabuchi, S., Irimoto, Y. & Miyawaki, O. (2004). Effect of water activity and sol-
502 vent-ordering on intermolecular interaction of high-methoxyl pectins in various sugar solu-
503 tions. *Food Hydrocolloids*, **18**, 527–534.
- 504 Sanchez, C., Zuniga-Lopez, R., Schmitt, C., Despond, S. & Hardy, J. (2000). Microstructure
505 of acid-induced skim milk-locust bean gum-xanthan gels. *International Dairy Journal*,
506 **10**, 199–212.
- 507 Schorsch, C., Jones, M.G. & Norton, I.T. (1999). Thermodynamic incompatibility and micro-
508 structure of milk protein/locust bean gum/sucrose systems. *Food Hydrocolloids*, **13**, 89–99.
- 509 Sharma, S.K., Liptay, A. & Maguer, M.L. (1998). Molecular characterization, physico-
510 chemical and functional properties of tomato fruit pectin. *Food Research International*,
511 **30**, 543–547.
- 512 Shirashoji, N., Jaeggi, J.J. & Lucey, J.A. (2006). Effect of trisodium citrate concentration and

- 513 cooking time on the physicochemical properties of pasteurized process cheese. *Journal of*
514 *Dairy Science*, **89**, 15–28.
- 515 Spagnuolo, P.A., Dalgleish, D.G., Goff, H.D. & Morris, E.R. (2005). Kappa-carrageenan in-
516 teractions in systems containing casein micelles and polysaccharide stabilizers. *Food Hydro-*
517 *colloids*, **19**, 371–377.
- 518 Swenson, B.J., Wendorff, W.L. & Lindsay, R.C. (2000). Effects of ingredients on the func-
519 tionality of fat-free process cheese spreads. *Journal of Food Science*, **65**, 822–825.
- 520 Syrbe, A., Bauer, W.J. & Klostermeyer, H. (1998). Polymer science concepts in dairy systems
521 - an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*,
522 **8**, 179–193.
- 523 Tibbits, C.W., MacDougall, A.J. & Ring, S.G. (1998). Calcium binding and swelling behav-
524 iour of a high methoxyl pectin gel. *Carbohydrate Research*, **310**, 101–107.
- 525 Tsoga, A., Richardson, R.K. & Morris, E.R. (2004). Role of cosolutes in gelation of high-
526 methoxy pectin. Part 1. Comparison of sugars and polyols. *Food Hydrocolloids*, **18**, 907–919.
- 527 Tuinier, R., Rolin, C. & de Kruif, C.G. (2002). Electrosorption of pectin onto casein micelles.
528 *Biomacromolecules*, **3**, 632–638.
- 529 Vega, C., Dalgleish, D.G. & Goff, H.D. (2005). Effect of κ -carrageenan addition to dairy
530 emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. *Food Hydrocolloids*, **19**, 187–
531 195.
- 532 Verbeken, D., Thas, O. & Dewettinck, K. (2004). Textural properties of gelled dairy desserts
533 containing κ -carrageenan and starch. *Food Hydrocolloids*, **18**, 817–823.
- 534 Wade, P. (1957). Relationship of the strength of high solids pectin gels to the concentration
535 and jelly-forming capacity of the pectin present. *Nature*, **180**, 1067–1068.

- 536 Winter, H.H. & Chambon, F. (1986). Analysis of linear viscoelasticity of a crosslinking poly-
537 mer at the gel point. *Journal of Rheology*, **30**, 367–382.

1 Legend to Figure

2

3 **Figure 1** Dependence of the storage G' (filled symbols) and loss G'' (open symbols) moduli
4 on frequency for products in Group I; pectin amount 0% w/w ($\blacklozenge \diamond$), 0.2% w/w ($\blacktriangle \triangle$),
5 0.4% w/w ($\bullet \circ$), 0.6% w/w ($\blacktriangledown \triangledown$), 0.8% w/w ($\blacksquare \square$).

Figure 1

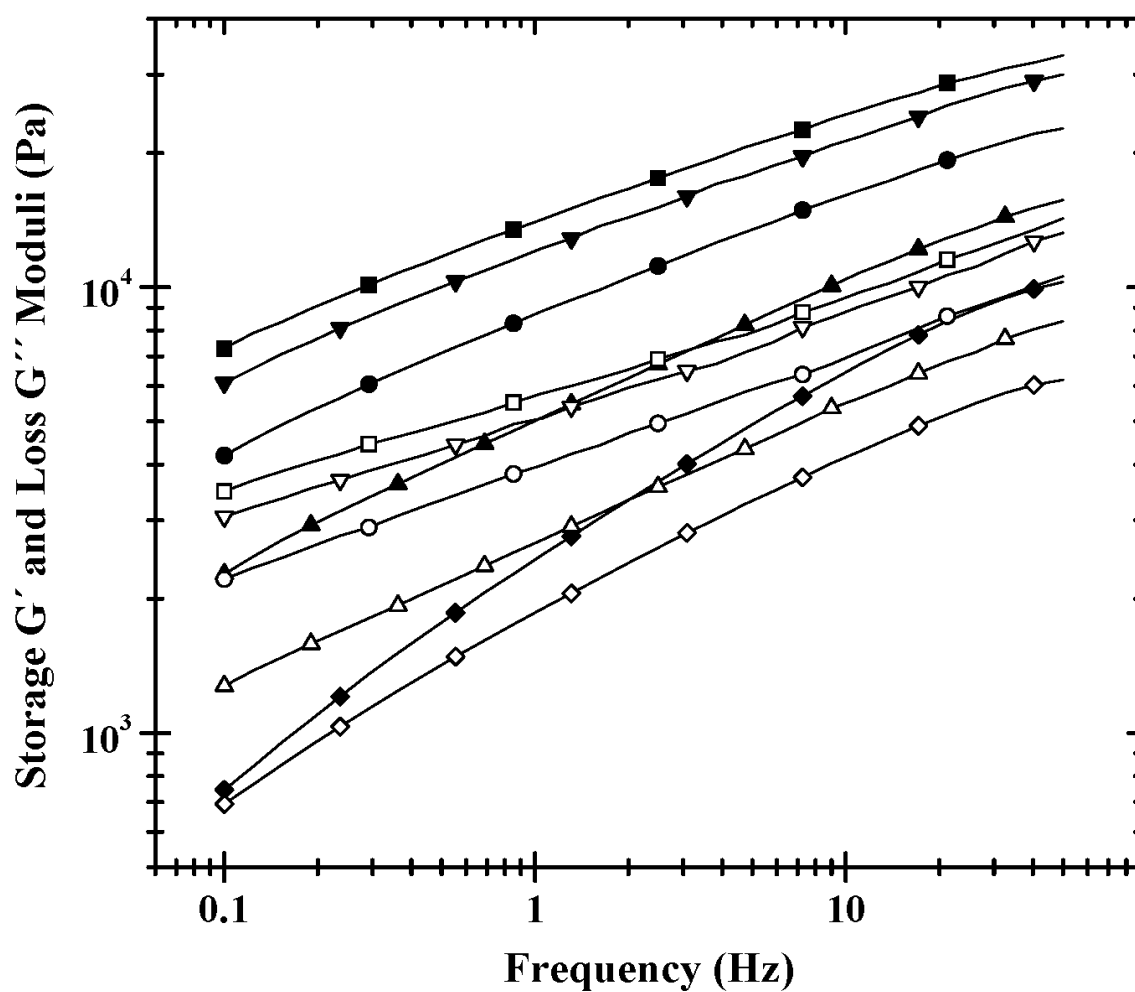


Table 1. The values of storage modulus (G'), loss modulus (G'') and loss tangent ($\tan \delta$) for the reference frequency of 1 Hz in tested processed cheeses (Groups I–III)

	Amount of added pectin (% w/w)	G' [Pa]	G'' [Pa]	$\tan \delta$ [-]
I. Group	K	2511 ± 112 ^a	1901 ± 67 ^a	0,757
	CP 0,2	5367 ± 367 ^b	2837 ± 175 ^b	0,529
	CP 0,4	8862 ± 26 ^c	4023 ± 48 ^c	0,454
	CP 0,6	12400 ± 226 ^d	5184 ± 145 ^d	0,418
	CP 0,8	14135 ± 92 ^e	5746 ± 49 ^e	0,407
II. Group	K	4494 ± 457 ^a	2812 ± 184 ^a	0,626
	CP 0,2	10245 ± 141 ^b	5449 ± 66 ^b	0,532
	CP 0,4	10890 ± 67 ^c	5530 ± 21 ^c	0,489
	CP 0,6	14230 ± 128 ^d	5891 ± 123 ^d	0,414
	CP 0,8	14370 ± 99 ^d	6567 ± 108 ^e	0,457
III. Group	K	2863 ± 20 ^a	2209 ± 30 ^a	0,771
	CP 0,2	7378 ± 139 ^b	4236 ± 32 ^b	0,574
	CP 0,4	9018 ± 107 ^c	4699 ± 17 ^c	0,521
	CP 0,6	11205 ± 244 ^d	5386 ± 141 ^d	0,481
	CP 0,8	14480 ± 322 ^e	6272 ± 185 ^e	0,433

* Storage (G') and loss (G'') moduli are presented by mean ± standard deviation; $\tan \delta = G''/G'$. Mean values having the same superscript letter in each column are not significantly different ($P \geq 0.05$).

Table 2. The values of gel strength (A_F) and interaction factor (z) in tested processed cheeses (Groups I–III)

Amount of added pectin (% w/w)	Group of processed cheese *					
	I		II		III	
	A_F [$\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/z}$]	z	A_F [$\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/z}$]	z	A_F [$\text{Pa}\cdot\text{s}^{1/z}$]	z
none	3136 ± 142 a	2.67 ± 0.05 ^a	5246 ± 462 a	2.95 ± 0.13 ^a	3595 ± 51 a	2.64 ± 0.08 ^a
0.2	5990 ± 385 b	3.29 ± 0.03 ^b	11330 ± 861 b	3.55 ± 0.10 ^b	8371 ± 129 b	3.23 ± 0.05 ^b
0.4	9565 ± 64 c	3.85 ± 0.03 ^c	11885 ± 996 b	3.67 ± 0.19 ^b	9956 ± 102 c	3.50 ± 0.03 ^c
0.6	13192 ± 282 d	4.10 ± 0.04 ^d	15132 ± 405 c	3.83 ± 0.14 ^c	12150 ± 578 d	3.71 ± 0.06 ^d
0.8	14997 ± 128 e	4.26 ± 0.01 ^e	15497 ± 213 c	3.87 ± 0.15 ^c	15442 ± 633 e	4.03 ± 0.04 ^e

* Gel strength (A_F) and interaction factor (z) are presented by mean ± standard deviation. Mean values having the same superscript letter in each column are not significantly different ($P \geq 0.05$).

Table 3. The values of mean of complex modulus (G^*) for the reference frequency of 1 Hz in tested processed cheeses (Groups I–III) and the values of regress coefficients (\underline{a}_i) and coefficient of determination (\underline{r}^2) for chosen models (linear, quadratic and cubic) expressing changes in G^* depending on amount of added pectin ⁺

	Amount of added pectin (% w/w)	Group of processed cheese ⁺⁺		
		I	II	III
G^* [Pa]	none	3150 ± 146 ^a	5302 ± 486 ^a	3616 ± 34 ^a
	0.2	6071 ± 407 ^b	11605 ± 912 ^b	8508 ± 136 ^b
	0.4	9732 ± 44 ^c	12125 ± 1082 ^b	10170 ± 99 ^c
	0.6	13445 ± 262 ^d	15400 ± 411 ^c	12435 ± 544 ^d
	0.8	15265 ± 106 ^e	15800 ± 285 ^c	15780 ± 651 ^e
$y = \underline{a}_1 + \underline{a}_2x$		$\underline{a}_1 = 3238.0$ $\underline{a}_2 = 15758.0$ $\underline{r}^2 = 0.9851$	$\underline{a}_1 = 7087.9$ $\underline{a}_2 = 12396.0$ $\underline{r}^2 = 0.8519$	$\underline{a}_1 = 4450.6$ $\underline{a}_2 = 14128.0$ $\underline{r}^2 = 0.9657$
$y = \underline{a}_1 + \underline{a}_2x + \underline{a}_3x^2$		$\underline{a}_1 = 2709.4$ $\underline{a}_2 = 19723.0$ $\underline{a}_3 = -4625.2$ $\underline{r}^2 = 0.9900$	$\underline{a}_1 = 5794.8$ $\underline{a}_2 = 25327.0$ $\underline{a}_3 = -16164.0$ $\underline{r}^2 = 0.9329$	$\underline{a}_1 = 4094.8$ $\underline{a}_2 = 17686.0$ $\underline{a}_3 = -4447.3$ $\underline{r}^2 = 0.9710$
$y = \underline{a}_1 + \underline{a}_2x + \underline{a}_3x^2 + \underline{a}_4x^3$		$\underline{a}_1 = 3185.4$ $\underline{a}_2 = 9302.9$ $\underline{a}_3 = 19371.0$ $\underline{a}_4 = -27622.0$ $\underline{r}^2 = 0.9981$	$\underline{a}_1 = 5503.9$ $\underline{a}_2 = 35750.0$ $\underline{a}_3 = -52521.0$ $\underline{a}_4 = 30297.0$ $\underline{r}^2 = 0.9446$	$\underline{a}_1 = 3663.9$ $\underline{a}_2 = 33126.0$ $\underline{a}_3 = -58310.0$ $\underline{a}_4 = 44885.0$ $\underline{r}^2 = 0.9935$

⁺ In the regress equation y expressed values of complex modulus (G^*) and x expressed

amount of added pectin

⁺⁺ The complex modulus (G^*) is presented by mean \pm standard deviation. Mean values having the same superscript letter in each column are not significantly different ($P \geq 0.05$).

Table 4. Results (expressed as median) of the sensory analysis of tested processed cheese in Groups I–III ⁺

Group of processed cheese	Amount of added pectin (% w/w)	Sensory evaluation (median) ⁺⁺			
		Appearance	Rigidity	Spreadability	Flavour
I	none	2 ^a	5 ^a	5 ^a	2 ^a
	0.2	1 ^b	4 ^b	4 ^b	2 ^a
	0.4	2 ^a	3 ^c	3 ^c	2 ^a
	0.6	2 ^a	2 ^d	2 ^d	3 ^a
	0.8	2 ^a	2 ^d	2 ^d	3 ^a
II	none	2 ^a	4 ^a	4 ^a	3 ^a
	0.2	1 ^b	3 ^b	3 ^b	2 ^a
	0.4	2 ^a	3 ^b	3 ^b	2 ^a
	0.6	2 ^a	2 ^c	2 ^c	3 ^a
	0.8	2 ^a	2 ^c	2 ^c	3 ^a
III	none	2 ^a	5 ^a	5 ^a	3 ^a
	0.2	2 ^a	4 ^b	4 ^b	2 ^a
	0.4	2 ^a	3 ^c	4 ^b	3 ^a
	0.6	2 ^a	2 ^d	3 ^c	3 ^a
	0.8	2 ^a	2 ^d	3 ^c	3 ^a

⁺ Used hedonic scales:

Appearance: 1 – excellent to 7 – very poor, unacceptable.

Rigidity: 1 – very stiff to 7 – very soft.

Spreadability: 1 – spreadability is impossible to 4 – optimal spreadability to 7 almost liquid sample.

Flavour: 1 – excellent to 7 – very poor, unacceptable.

⁺⁺ Median values having the same superscript letter in each column are not significantly different ($P \geq 0.05$); each of groups was evaluated separately.