

mělo by být jejich zastoupení v dietě, s ohledem na použití, co nejvyšší.

- Protože má moderní strava značný přebytek  $\omega$ -6 mastných kyselin, měla by být rovnováha mezi  $\omega$ -6 a  $\omega$ -3 mastnými kyselinami v maximální možné míře ve prospěch vyššího příjmu  $\omega$ -3 polynenasycených mastných kyselin.

## Shrnutí

- Tuky jsou pro výživu organismu nezbytné!
- Tuky s obsahem trans-mastných kyselin by měly být konzumovány v co nejmenším množství
- Nahradit v dietě tuky obsahující nasycené mastné kyseliny za tuky obsahující více nenasyčených mastných kyselin

## Literatura

- VELÍŠEK J., *Chemie potravin*. OSSIS (2002)
- HANDBOOK Vegetable oils and fats, AAK AB (2007)
- HOWARD B.V., Van Horn L., Hsia J., Manson J.E., Stefanick M.L., Wassertheil-Smoller S., Kuller L.H., LaCroix A.Z., Langer R.D., Lasser N.L., Lewis C.E., Limacher M.C., Margolis K.L., Mysiw W.J., Ockene J.K., Parker L.M., Perri M.G., Phillips L., Prentice R.L., Robbins J., Rossouw J.E., Sarto G.E., Schatz I.J., Snetselaar L.G., Stevens V.J., Tinker L.F., Trevisan M., Vitolins M.Z., Anderson G.L., Assaf A.R., Bassford T., Beresford S.A., Black H.R., Brunner R.L., Brzyski R.G., Caan B., Chlebowski R.T., Gass M., Granek I., Greenland P., Hays J., Heber D., Heiss G., Hendrix S.L., Hubbell F.A., Johnson K.C., Kotchen J.M. (2006): Low-fat dietary pattern and risk of cardiovascular disease: the Women's Health Initiative Randomized Controlled Dietary Modification Trial. *JAMA*. 295(6): 655-66.
- MENTE A., DE KONING L., SHANNON H.S., ANAND S.S. (2009): A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease. *Arch Intern Med*. 169(7): 659-69.
- HOOPER L., SUMMERBELL C.D., THOMPSON R., SILLS D., ROBERTS F.G., MOORE H.J., DAVEY SMITH G. (2012): Reduced or modified dietary fat for preventing cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 5:CD002137.
- JAKOBSEN M.U., O'Reilly E.J., Heitmann B.L., Pereira M.A., Bälter K., Fraser G.F., Goldbourt U., Hallmans G., Knekt P., Liu S., Pietinen P., Spiegelman D., Stevens J., Virtamo J., Willett W.C., Ascherio A. (2009): Major types of dietary fat and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of 11 cohort studies. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:1425-32.
- MOZAFFARIAN D., MICHA R., WALLACE S. (2010): Effects on Coronary Heart Disease of Increasing Polyunsaturated Fat in Place of Saturated Fat: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLoS Med.* 7(3): e1000252.
- MOZAFFARIAN D., CLARKE R. (2009): Quantitative effects on cardiovascular risk factors and coronary heart disease risk of replacing partially hydrogenated vegetable oils with other fats and oils. *Eur. J. Clin. Nutr.* 63:22-33.

Přijato do tisku: 4. 11. 2014

Lektorováno: 24. 11. 2014

# SROVNÁNÍ ÚČINNOSTI VYBRANÝCH HYDROKOLOIDŮ NA ZVYŠOVÁNÍ PEVNOSTI TAVENÝCH SÝRŮ

Gabriela Nagyová, Michaela Černíková,

Vendula Pachlová, František Buňka

Ústav technologie potravin, Fakulta technologická,  
Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, nám. T. G. Masaryka 5555,  
76001 Zlín

## Comparison of selected hydrocolloids effectiveness on increasing of processed cheese hardness

### Abstrakt

Cílem práce bylo srovnat efektivnost 5 hydrokoloidů (agar, alginát sodný,  $\kappa$ -karagenan, pektin s nízkým a vysokým stupněm esterifikace metanolem) v koncentracích 0 - 1 % (w/w) při zvyšování pevnosti modelových tavených sýrů (s obsahem sušiny 40 % w/w a obsahem tuku v sušině 45 % w/w). Bylo zjištěno, že jednotlivé hydrokoloidy jsou různě účinné v systému modelových tavených sýrů. Nejúčinnější ve zvyšování tvrdosti tavených sýrů byl karagenan a alginát sodný, naopak nejméně efektivním byl vysokoesterifikovaný pektin. Dále byla identifikována limitní koncentrace hydrokoloidů, při jejímž překročení již nebyl pozorován signifikantní růst pevnosti tavených sýrů, případně byl pozorován pouze nepatrný nárůst.

### Abstract

The aim of the study was to compare of effectiveness of 5 hydrocolloids (agar, sodium alginate,  $\kappa$ -carrageenan, low- and high- esterified pectin) in concentrations between 0 and 1 % w/w on increase of model processed cheese (40 % w/w dry matter content and 45 % w/w fat in dry matter content) hardness. Individual hydrocolloids were able to increase hardness of samples in different manners. Carrageenan and sodium alginate were the most effective in increasing of processed cheese hardness. On the other hand, high esterified pectin was at least effective in increasing of processed cheese hardness. A limit concentration of hydrocolloids in processed cheese matrix was identified. The concentration above the limit concentration led to unchanged hardness of processed cheese or only to insignificant increase of processed cheese hardness.

### Úvod

Tavené sýry patří v současné době mezi populární a rozšířenou skupinu mléčných výrobků. V České republice

bylo podle Českého statistického úřadu v roce 2012 spotřebováno 2,2 kg/osoba/rok (Anonym, 2014a), což je v porovnání s většinou členských zemí Evropské Unie téměř dvojnásobek. Hlavní odůvodnění vysoké poptávky po tavených sýrech lze najít především v příznivé cenové dostupnosti a prodloužené trvanlivosti oproti řadě jiných mléčných výrobků. Rovněž variabilita texturních vlastností, obsahu tuku, rozdílných chutí, velikosti balení a tvarů je předurčuje k různým možnostem uplatnění i v gastronomii (Guinee a kol., 2004; Kapoor & Metzger, 2008). Přesto došlo oproti minulému dekádě k mírnému snížení poptávky po tavených sýrech. Důvody lze hledat například ve stále narůstající oblíbenosti nákupu analogů tavených sýrů, jejichž spotřeba se do statistik tavených sýrů nezapočítává (Anonym, 2014a).

Vyhláška Ministerstva zemědělství č. 77/2003 Sb. definuje tavený sýr jako sýr, který byl tepelně upraven za přítomnosti tavicích solí (Anonym, 2014b). V zahraniční literatuře lze nalézt charakteristiku taveného sýra jako směs přírodního sýra, tavicích solí a dalších mléčných i nemléčných ingrediencí, jež vzniká během záhřevu a míchání, dokud nedojde k vytvoření homogenní struktury. Základními surovinami pro výrobu tavených sýrů jsou přírodní sýr, tuk (máslo, smetana nebo bezvodý mléčný tuk) voda a tavicí soli. Obsah sušiny, obsah tuku, hodnota pH a skladba tavicích solí podstatně ovlivňuje konzistenci tavených sýrů. Dalšími surovinami, jež mohou být při výrobě tavených sýrů používány, jsou tvaroh (zvyšuje obsah tukuprosté sušiny, obsah intaktního kaseinu a snižuje pH), krém (nátavek - již utavený sýr), případně ochucující složky (šunka, zelenina, žampiony, pažitka). Texturní vlastnosti tavených sýrů mohou být ovlivňovány také přidávkou hydrokoloidů. (Guinee a kol., 2004; Kapoor & Metzger, 2008). Toto je významné zejména u receptur, které pracují s nízkými výslednými obsahy sušiny (obecně pod 35 % w/w).

Hydrokoloidy jsou vysokomolekulární látky sacharidické nebo bílkovinné povahy. Mohou být extrahovány z rostlin, mořských řas, případně mohou být produkovány některými mikroorganismy. V průmyslu se hydrokoloidy obvykle používají v koncentracích do 1 % (w/w). Přidávají se jako plnidla, zahušťovadla, emulgátory a stabilizátory emulzí a pěny. Některé z nich mají schopnost tvorby gelu (škrob, alginát,  $\kappa$ - a  $\iota$ -karagenan, agar, pektin aj.). Hydrokoloidy našly široké uplatnění v různých oblastech potravinářského průmyslu, včetně mlékárenství. Při výrobě tavených sýrů se hydrokoloidy využívají zejména ke stabilizaci struktury těchto výrobků a ke zvyšování jejich tvrdosti (pevnosti). Jednotlivé hydrokoloidy však zvyšují pevnost tavených sýrů s různou účinností (Phillips & Williams, 2009). Některé hydrokoloidy jsou dokonce schopny nahradit tavicí soli při výrobě krájitelných tavených sýrů (Černíková a kol., 2010). Ucelená práce popisující zvyšování pevnosti tavených sýrů s využitím různých hydrokoloidů a srovnání efektivnosti jednotlivých látek však v dostupné literatuře nalezena nebyla. Pro účely této práce bylo vybráno 5 hydrokoloidů (agar, alginát sodný,  $\kappa$ -karagenan, pektin s nízkým a vysokým stupněm esterifikace metanolem).

Agar je složen z agarózy a agaropektinu. Jedná se o lineární polysacharidy, jejichž stavební jednotkou jsou  $\beta$ -D-galaktopyranóza a 3,6-anhydro- $\alpha$ -L-galaktopyranóza střídavě vázané glykosidickými vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) a  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Zdrojem agarů jsou červené mořské řasy čeledi *Rhodophyceae*. Agary jsou schopny tvořit gely, čehož se v potravinářském průmyslu široce využívá. Tvorba gelu je závislá na tvorbě vodíkových vazeb, pomocí nichž se náhodné spirály spojují v dvojité helixy. Stabilizační funkce je podpořena přítomností vody vázané uvnitř kaveren dvojitých helixů. Agarové gely se záhřevem rozrušují a po ochlazení se obnovují, přičemž tento proces je zcela reverzibilní a může se opakovat. Reverzibilita tvorby gelu je však závislá na pH, případně na přítomnosti oxidačních činidel (Phillips & Williams, 2009).

Algináty se obecně označují soli kyseliny alginové. Lze je extrahovat z mořských řas čeledi *Phaeophyceae*, případně z některých mikroorganismů (například z rodů *Azotobacter* nebo *Pseudomonas*). Jedná se o lineární polysacharid složený z  $\beta$ -D-mannuronové kyseliny (M) a  $\alpha$ -L-guluronové kyseliny (G) vzájemně spojené glykosidickými vazbami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Chování výsledného produktu (včetně tvorby gelu) je ovlivněno rozmístěním a vzájemným poměrem M a G zbytků v polymerním řetězci. Lze nalézt úseky obsahující pouze sekvenci M nebo G popř. pravidelně se střídající MG. Rozpustnost alginátů ve vodě je dána přítomným kationtem (např. vápenaté soli jsou nerozpustné), iontovou silou a hodnotou pH. Sodné soli alginátů jsou schopny specifické vazby s ionty vápníku za tvorby pevného gelu, a to zejména v úsecích obsahující jednotky G. Úseky tvořené jednotkami M nebo MG tvoří vazbou vápenatých iontů gely měkčí (Phillips & Williams, 2009; Rehm, 2009).

Karagenany jsou přírodní lineární polysacharidy extrahované obdobně jako agar z červených řas čeledi *Rhodophyceae*. Základní strukturou je disacharid karabióza, opakující se sekvence  $\beta$ -D-galaktopyranózy a 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranózy spojené vazbami  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4). Vazba  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 3) spojuje jednotlivé disacharidy karabiózy. Ačkoli je známo minimálně 8 druhů karagenanů lišících se v sekvenci monomerů v molekulách karagenanu, v potravinářství se nejčastěji využívají tři z nich, a to konkrétně  $\iota$ -karagenan,  $\kappa$ -karagenan a  $\lambda$ -karagenan. Rozdíl mezi nimi je dán počtem sulfátových skupin a obsahem 3,6-anhydro- $\alpha$ -D-galaktopyranózy. Schopnost tvorby gelu je u  $\iota$ - a  $\kappa$ -karagenanu podmíněna přechodem řetězců z neuspořádaného stavu (coil) do spirálovitých útvarů (helix), které spolu interagují za pomoci kationtů. Pevnost gelu je ovlivněna druhem karagenanu, přítomnými kationty, iontovou silou apod., případně interakcemi s ostatními složkami (včetně polymerů).  $\lambda$ -karagenan gely netvoří, vytváří pouze vysoce viskózní disperze. Řetězce karagenanu mající výsledný záporný náboj jsou schopny interagovat s kaseinovými micelami, a to zejména s  $\kappa$ -kaseinovou frakcí (konkrétně s pozitivně nabitým segmentem mezi 97. a 112. aminokyselinou). S ostatními frakcemi karagenany rovněž interagují, a to využitím vápenatých můstků anebo

pomocí fosforečnano-vápenatých sloučenin (často vázaných na serin) (Langendorff a kol., 2000; Černíková a kol., 2008; Phillips & Williams, 2009; Hanáková a kol., 2013).

Pektiny jsou polysacharidy vyskytující se v pletivech vyšších rostlin. Základní stavební jednotkou je kyselina galakturonová spojená vazbami  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4). Dále zde mohou být přítomny jednotky L-rhamnózy, L-arabinózy, D-galaktózy a D-xyulózy. Kyselina galakturonová se může vyskytovat bez dalších navázaných funkčních skupin nebo metylovaná případně i amidovaná. Pektiny jsou záporně nabitě hydrokoloidy, jejich vlastnosti mohou být ovlivněny změnami pH nebo množstvím kationtů přítomných v systému. Pektiny se obecně rozdělují podle stupně esterifikace (metylace), který se vyjadřuje pomocí procenta esterifikovaných karboxylových skupin. Vysokoesterifikované pektiny mají stupeň esterifikace větší než 50 %, zbytek pektinů se označuje jako nízkoesterifikované. Vlastnosti a schopnost tvorby gelu jsou pro obě skupiny jiné. Vysokoesterifikované pektiny vytváří gely především v přítomnosti sacharidů (snižují hydrataci pektinů) a při nižším pH (potlačuje elektrostatickou odpudivost karboxylových skupin). K agregaci molekul pektinu dochází hydrofobními interakcemi mezi esterovými skupinami pektinu a vodíkovými vazbami mezi sousedními galakturonovými řetězci. Tvorba nízkoesterifikovaných pektinových gelů vyžaduje přítomnost bivalentních iontů, které neutralizují negativní náboj bránící asociaci molekul a tvorbě gelu. Reaktivita vápníku je řízena podílem a uspořádáním karboxylových skupin v řetězci pektinu a zvyšuje se s klesajícím stupněm esterifikace (Marozieni & de Kruif, 2000; Macků a kol., 2009; Phillips & Williams, 2009).

Cílem práce bylo srovnat efektivnost 5 hydrokoloidů (agar, alginát sodný,  $\kappa$ -karagenan, pektin s nízkým a vysokým stupněm esterifikace metanolem) v koncentracích do 1 % (w/w) při zvyšování pevnosti modelových tavených sýrů.

## Materiál a metodika

### Výroba modelových vzorků

Modelové vzorky tavených sýrů (s obsahem sušiny 40 % w/w a obsahem tuku v sušině 45 % w/w) byly vyrobeny s individuálním přídatkem 0-1 % (w/w) alginátu sodného, agaru,  $\kappa$ -karagenanu a pektinů s různým stupněm esterifikace (~47 % a ~72 %) s koncentračním krokem po 0,05 % (w/w). S každým hydrokoloidem (SigmaAldrich, USA) vzniklo 21 vzorků s různou koncentrací polysacharidu (včetně kontroly, do které hydrokoloid přidán nebyl). Jako základní surovina byla použita Eidamská cihla (obsah sušiny ~50 % w/w, obsah tuku v sušině ~30 % w/w), dále pak máslo (obsah sušiny ~84 % w/w, obsah tuku v sušině ~82 % w/w) a pitná voda. Tavicí soli byly přidávány v celkovém množství 3 % (w/w) a využit byl hydrogenfosforečnan sodný, dihydrogendifosforečnan sodný a sodná sůl polyfosforečnanu ve vzájemném poměru 60:20:20. Pro dosažení konstantního obsahu sušiny a obsahu tuku byl přídatek hydrokoloidů kompenzován mírným zvýšením přídatku vody a másla.

Pro výrobu modelových vzorků bylo použito zařízení Vorwerk Thermomix TM 31 (Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Německo). Po nadávkování všech surovin do tavicího zařízení byla tato směs zahřáta na teplotu 90 °C a za stálého míchání udržována po dobu 1 minuty. Horká tavenina byla dávkována do válcových polypropylenových kelímků (průměr 52 mm, výška 50 mm) a uzavřena hliníkovými víčky. Po vychladnutí byly vzorky skladovány 30 dnů při teplotě  $6 \pm 2$  °C. Každý typ vzorku (s každým hydrokoloidem a v každé koncentraci) byl vyroben třikrát. Každý vzorek byl charakterizován obsahem sušiny a hodnotou pH.

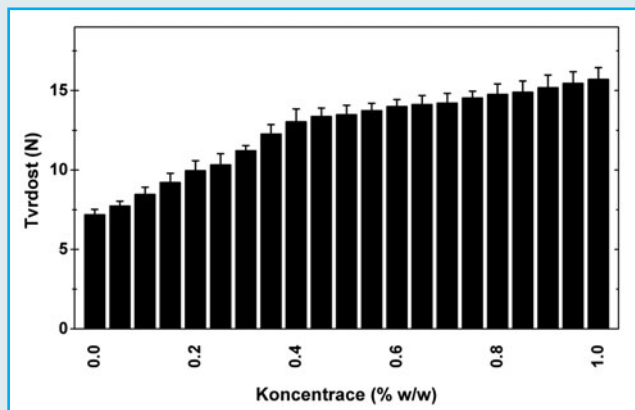
### Měření texturních vlastností

Texturní profilová analýza byla provedena pomocí texturního analyzátoru TA.XT plus (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Velká Británie) po 30 dnech skladování při teplotě  $6 \pm 2$  °C penetrací sondy o průměru 20 mm do hloubky vzorku 10 mm. Rychlost sondy byla nastavena na  $2 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ , počáteční síla měření byla 5 g. Sledovaným parametrem byla tvrdost (pevnost) taveného sýra definovaná jako maximální síla (N), která je potřebná k dosažení požadované deformace výrobku (potřebná pro dosažení stanovené hloubky penetrace) (Breuil & Meullenet, 2001). Každé balení vzorku bylo měřeno pouze jednou a každý typ vzorku byl měřen pětikrát pro danou šarži (5 měření  $\times$  3 opakování výroby šarže,  $n = 15$ ). Výsledky byly vyhodnoceny Kruskal-Wallisovým a Wilcoxonovým testem pro hladinu významnosti = 0,05 (Agresti, 1984).

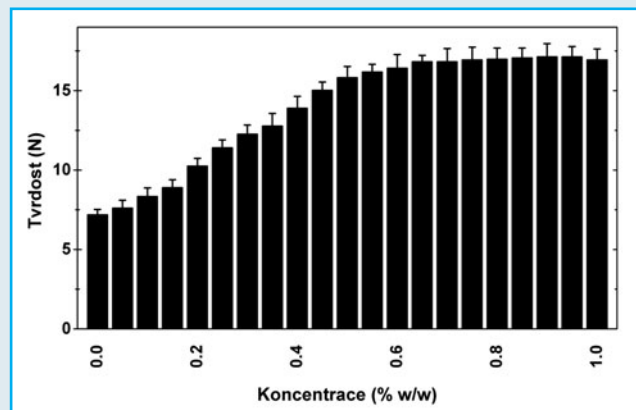
## Výsledky a diskuze

Obsah sušiny ve vyrobených vzorcích (skladovaných 30 dnů při 6 °C) byl v intervalu 40,73 - 41,28 % (w/w), což odpovídá zamýšleným hodnotám. Hodnoty pH výrobků po 30 dnech skladování se pohybovaly v rozmezí 5,70 - 5,79, které je typické pro rozstříkatelné tavené sýry (Guinee a kol., 2004; Kapoor & Metzger, 2008).

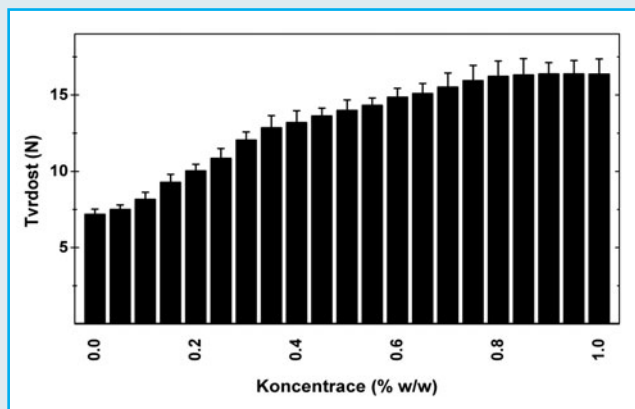
Hodnota pevnosti u kontrolních vzorků (bez přídatku hydrokoloidů) byla zjištěna na úrovni  $7,2 \pm 0,3$  N. Výsledky měření pevnosti u tavených sýrů s různými hydrokoloidy v koncentracích 0 - 1 % (w/w) lze najít na Obr. 1 až 5. U všech aplikovaných hydrokoloidů byla zjištěna limitní koncentrace, při jejímž překročení již nedošlo k výraznému zvyšování tvrdosti studovaných tavených sýrů. V případě agaru (Obr. 1) je možné za takovou koncentraci považovat hodnotu 0,40 % (w/w). Při aplikaci nižších přídatků rostla signifikantně pevnost tavených sýrů ( $P < 0,05$ ), přičemž statisticky významně se odlišovaly až vzorky s rozdílem koncentrací na úrovni 0,15 - 0,20 % (w/w). Naopak nad limitní koncentrací (>0,40 % (w/w)) byl již pozorován velmi pozvolný nárůst tuhosti vzorků. Obdobná byla situace i u přídatku alginátu sodného (Obr. 2), kde lze za limitní koncentraci také považovat hodnotu 0,40 % w/w. V intervalu koncentrací 0,40 - 0,80 % w/w byl pozorován pomalý nárůst pevnosti sledovaných vzorků a při koncentraci vyšší než 0,80 % w/w



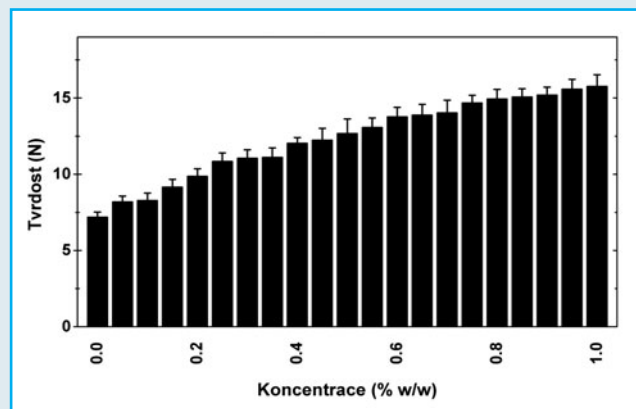
**Obr. 1** Závislost tvrdosti (N) tavených sýrů (skladovaných 30 dnů při 6°C) na přidavku agaru (% w/w)



**Obr. 3** Závislost tvrdosti (N) tavených sýrů (skladovaných 30 dnů při 6°C) na přidavku karagenanu (% w/w)



**Obr. 2** Závislost tvrdosti (N) tavených sýrů (skladovaných 30 dnů při 6°C) na přidavku sodné soli alginátu (% w/w)

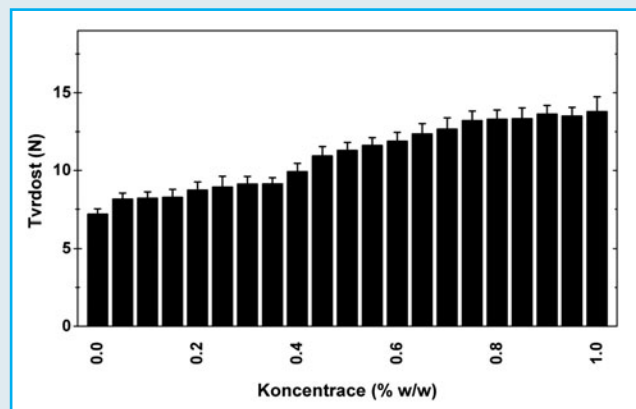


**Obr. 4** Závislost tvrdosti (N) tavených sýrů (skladovaných 30 dnů při 6°C) na přidavku nízkoesterifikovaného pektinu (% w/w)

již nebyla pozorována změna tuhosti tavených sýrů ( $P \geq 0,05$ ). V případě karagenanu (Obr. 3) byly za efektivní koncentrace vedoucí k signifikantnímu zvýšení tvrdosti studovaných produktů ( $P < 0,05$ ) považovány koncentrace do 0,50 % w/w. Při zvyšování koncentrace karagenanu nad 0,65 % w/w již nebyl pozorován nárůst tuhosti vzorků ( $P \geq 0,05$ ).

Mírně odlišná je situace v případě přidavku nízko- a vysokoesterifikovaného pektinu (Obr. 4 a 5). Při aplikaci těchto hydrokoloidů (v koncentračním rozsahu 0 - 1 % w/w) nebylo možné limitní koncentraci identifikovat tak snadno jako u předchozích tří polysacharidů (agaru, alginátu sodného a karagenanu). V případě nízkoesterifikovaného pektinu (Obr. 4) docházelo v celém sledovaném koncentračním rozsahu (0 - 1 % w/w) k pozvolnému nárůstu tuhosti tavených sýrů. Statisticky významné ( $P < 0,05$ ) byly obvykle rozdíly u výrobků, jejichž koncentrace se lišily o 0,1 % w/w a více. Při aplikaci vysokoesterifikovaného pektinu (Obr. 5) docházelo k pomalému nárůstu tuhosti tavených sýrů do koncentrace 0,75 % w/w. Po překročení této koncentrace již zvyšování pevnosti vzorků pozorováno nebylo ( $P \geq 0,05$ ).

Ze srovnání účinnosti sledovaných hydrokoloidů na zvyšování pevnosti tavených sýrů vyplynulo (Obr. 1 až 5), že při aplikaci jednotlivých polysacharidů v koncentracích do 0,1 % w/w se vzorky statisticky významně ve sledo-



**Obr. 5** Závislost tvrdosti (N) tavených sýrů (skladovaných 30 dnů při 6°C) na přidavku vysokoesterifikovaného pektinu (% w/w)

vaném parametru nelišily ( $P \geq 0,05$ ). Statisticky významné rozdíly mezi tvrdostí vzorků s různými hydrokoloidy byly identifikovány až u tavených sýrů ( $P < 0,05$ ), do kterých byly aplikovány vyšší koncentrace polysacharidů (nad 0,1 % w/w). Za neefektivnější při zvyšování pevnosti tavených sýrů lze považovat aplikaci karagenanu (Obr. 3) a rovněž alginátu sodného (Obr. 2). Schopnost zvyšovat tuhost tavených sýrů byla dobrá také při aplikaci agaru (Obr. 1) a nízkoesterifikovaného pektinu (Obr. 4), a to zejména v koncentracích 0,10 - 0,50 % w/w. Nejméně



účinné při zvyšování pevnosti tavených sýrů (ve srovnání s ostatními použitými hydrokoloidy) bylo použití vysokoesterifikovaného pektinu (Obr. 5).

V této práci byly použity pouze hydrokoloidy, které jsou schopny tvorby vlastních gelů. Další společnou charakteristikou je výsledný negativní náboj uvedených polysacharidů (Phillips & Williams, 2009). Účinnost sledovaných hydrokoloidů na zvyšování tuhosti tavených sýrů závisí jednak na jejich schopnosti tvořit vlastní gely, ale také na schopnosti interagovat s kaseinovými bílkovinami (Syrbe a kol., 1998). Takové interakce byly v dostupné literatuře popsány především pro karagenany, pektin a částečně i pro algináty. Tyto interakce jsou (při daném pH prostředí) podmíněny především přítomností bivalentních iontů (Syrbe a kol., 1998; Langendorff a kol., 2000; Marozienne & de Kruif, 2000; Macků a kol., 2009; Phillips & Williams, 2009; Rehm, 2009). Specifickým případem jsou karagenany, jejichž interakce s kaseinovými proteiny byly v minulosti extenzivně studovány (Syrbe a kol., 1998; Langendorff a kol., 2000; Černíková a kol., 2008, 2010; Phillips & Williams, 2009). Práce Langendorff a kol. (2000) a Černíková a kol. (2008, 2010) hovoří o silných interakcích mezi karagenany a kaseinovými proteiny v přítomnosti bivalentních iontů (zejména vápenatých iontů), které jsou pravděpodobně základem pro tvorbu pevné sítě signifikantně zvyšující tuhost tavených sýrů, která byla pozorována v naší práci. V této studii bylo zjištěno, že účinnějším při zvyšování tuhosti tavených sýrů byl nízkoesterifikovaný pektin ve srovnání s vysokoesterifikovaným pektinem. Tento závěr podporují i práce Marozienne de Kruif (2000) a Phillips & Williams (2009), podle kterých vysvětlení spočívá v odlišném mechanismu tvorby gelu, resp. interakcích s ostatními složkami systému mléčných výrobků.

Naše výsledky poukazují na skutečnost, že u většiny sledovaných hydrokoloidů existovala limitní koncentrace pro efektivní zvyšování pevnosti tavených sýrů. Vysvětlení této skutečnosti může spočívat jednak v mechanismu tvorby proteino-polysacharidické sítě v prostředí tavených sýrů, ale také ve schopnosti zapojovat dodatečné podíly polysacharidů do vytváření trojrozměrné struktury (Syrbe a kol., 1998; Langendorff a kol., 2000; Marozienne & de Kruif, 2000; Phillips & Williams, 2009; Rehm, 2009).

## Závěr

V této práci byla testována účinnost 5 hydrokoloidů (agaru, alginátu sodného, karagenanu, nízko- a vysokoesterifikovaného pektinu) v koncentracích 0 - 1 % w/w na zvyšování pevnosti tavených sýrů. Bylo zjištěno, že jednotlivé hydrokoloidy jsou různě účinné v systému modelových tavených sýrů. Nejúčinnější ve zvyšování tvrdosti tavených sýrů byl karagenan a alginát sodný, naopak nejméně efektivním byl vysokoesterifikovaný pektin. Dále byla identifikována limitní koncentrace hydrokoloidů, při jejímž překročení již nebyl pozorován růst pevnosti tavených sýrů, případně byl nárůst pouze nepatrný.

V další práci by bylo vhodné věnovat se i účinkům vybraných hydrokoloidů na konzistenci tavených sýrů s různým obsahem sušiny a tuku v sušině.

## Poděkování

Práce byla podpořena projekty Interní grantové agentury Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně (projekty IGA/FT/2013/010 a IGA/FT/2014/001) financovaných ze zdrojů specifického výzkumu univerzity.

## Literatura

- AGRESTI, A. (1984). *Analysis of ordinal categorical data*. John Wiley & Sons, Inc.
- ANONYM (2014a). *Spotřeba potravin a nealkoholických nápojů (na obyvatele za rok) v ČR v letech 2001 - 2012* [on-line]. Praha: Český statistický úřad, 2014. [cit. 2014-10-06].
- ANONYM (2014b). *Vyhláška Ministerstva zemědělství České republiky č. 77/2003 Sb., kterou se stanoví požadavky pro mléko a mléčné výrobky, mražené krémy a jedlé tuky a oleje*, v platném znění [on-line]. Praha: Právní systém Beck-online, 2014. [cit. 2014-10-06].
- BREUIL, P., & MEULLENET, J.F. (2001). A comparison of three instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*, 32, 41-55.
- ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., BŘEZINA, P., HRABĚ, J., & VALÁŠEK, P. (2008). Effect of carrageenan type on viscoelastic properties of processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 22, 6, 1054-1061.
- ČERNÍKOVÁ, M., BUŇKA, F., POSPIECH, M., TREMLOVÁ, B., HLADKÁ, K., PAVLÍNEK, V., & BŘEZINA, P. (2010). Replacement of traditional emulsifying salts by selected hydrocolloids in processed cheese production. *International Dairy Journal*, 20, 336-343.
- GUINEE, T.P., CARIĆ, M., & KALÁB, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. In: P.F. Fox, P.L.H. McSweeney, & T.P. Cogan, *Cheese: Chemistry, physics and microbiology. Volume 2: Major cheese groups* (pp. 349-394). London and New York: Elsevier Applied Science.
- HANÁKOVÁ, Z., BUŇKA, F., PAVLÍNEK, V., HUDEČKOVÁ, L., & JANIŠ, R. (2013). The effect of selected hydrocolloids on the rheological properties of processed cheese analogues made with vegetable fats during cooling. *International Journal of Dairy Technology*, 66, 4, 484-489.
- KAPOOR, R., & METZGER, L.E. (2008). Process Cheese: Scientific and Technological Aspects - A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 2, 194-214.
- LANGENDORFF, V., CUVELIER, G., MICHON, C., LAUNAY, B., PARKER, A., & DE KRUIF, C.G. (2000). Effects of carrageenan type on the behaviour of carrageenan/milk mixtures. *Food Hydrocolloids*, 14, 273-280.
- MACKŮ, I., BUŇKA, F., VOLDÁNOVÁ, B., & PAVLÍNEK, V. (2009). Effect of addition of selected solid cosolutes and pectin on viscoelastic properties of model processed cheese. *Food Hydrocolloids*, 23, 2078-2084.
- MAROZIENE, A., & DE KRUIF, C.G. (2000). Interaction of pectin and casein micelles. *Food Hydrocolloids*, 14, 391-394.
- PHILLIPS, O. G. & WILLIAMS. P.A. (2009). *Handbook of Hydrocolloids*. 2nd ed. Woodhead Publishing.
- REHM, H. A. BERNARD. (2009). *Alginate: Biology and Applications*. Dordrecht: Springer.
- SYRBE, A., BAUER, W.J., & KLOSTERMEYER, H. (1998). Polymer science concepts in dairy systems - an overview of milk protein and food hydrocolloid interaction. *International Dairy Journal*, 8, 179-193.

Přijato do tisku: 4. 11. 2014

Lektorováno: 28. 11. 2014