

Reološka svojstva modelnih otopina saharoze, pektina i celuloze kod niskih temperatura

Pozderović, Andrija; Moslavac, Tihomir; Pichler, Anita; Paragović, Kristina

Source / Izvornik: **Ružičkini dani : 13. međunarodni znanstveno-stručni skup Ružičkini dani "Danas znanost - sutra industrija" : zbornik radova, 2011, 389 - 397**

Conference paper / Rad u zborniku

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:109:367233>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International](#)/[Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**

REPOZITORIJ

PTFS

PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Food Technology Osijek](#)





Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa
Prehrambeno-tehnološki fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
European Federation of Food Science and Technology

Međunarodni znanstveno-stručni skup

XIII. Ružičkini dani

“DANAS ZNANOST – SUTRA INDUSTRIJA”



16. i 17. rujna 2010.
Vukovar, Hrvatska

ZBORNİK RADOVA

Osijek, 2011.

ZBORNİK RADOVA XIII. Ružičkini dani
DANAS ZNANOST - SUTRA INDUSTRIJA
PROCEEDINGS 13th Ružička days
TODAY SCIENCE – TOMORROW INDUSTRY

Izdavači Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek
Hrvatsko društvo kemijskih inženjera i tehnologa (HDKI)
Published by *Faculty of Food Technology Osijek*
Croatian Society of Chemical Engineers

Glavni urednik Drago Šubarić
Chief Editor

Izvršna urednica Mirela Planinić
Executive Editor

Tehnička urednica Ivana Pavleković
Technical Editor

Tisak i uvez Grafika d.o.o.
Printed by

Naklada 200
Number of Copies

Osijek, 2011.

ISBN (PTF): 978-953-7005-26-9
ISBN (HDKI): 978-953-6894-43-7

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu
Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 130201016
*A CIP catalogue record for this publication is available from the
City and University Library Osijek under 130201016*

Scientific and Organizing Committee Drago Šubarić (chairman),
Srećko Tomas (vice-chairman),
Ante Jukić (vice-chairman),
Jurislav Babić, Mate Bilić, Ljubica Glavaš-Obrovac,
Vlado Guberac, Ivan Hubalek, Damir Ježek, Filip
Kljajić, Damir Magdić, Milena Mandić, Ivanka Miličić,
Ana Mrgan, Mira Nikolić, Ivana Pavleković, Mirela
Planinić, Milan Sak-Bosnar, Aleksandra Stjepanović,
Darko Vrbešić

Honorary Committee Ivan Butula, Petar Čobanković, Mirko Čavara, Radovan
Fuchs, Božo Galić, Marin Hraste, Zvonimir Janović,
Vlado Jerbić, Dragan Kovačević, Gordana Kralik,
Božidar Pankretić, Vlasta Piližota, Antun Pintarić, Đuro
Popijač, Jelenka Prelić, Mladen Proštenik, Željko Sabo,
Nenad Trinajstić

Under the Auspice of: Croatian Academy of Sciences and Arts
Department of Mathematical, Physical and Chemical
Sciences

Supported by: Ministry of Science, Education and Sports of the
Republic of Croatia

Ministry of Agriculture, Fisheries and Rural
Development of the Republic of Croatia

Ministry of Economy, Labour and Entrepreneurship of
the Republic of Croatia

Ministry of Regional Development, Forestry and Water
Management of the Republic of Croatia

Committee of the Economy of the Croatian Parliament

Croatian Academy of Engineering

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek

Vukovar-Srijem County

City of Vukovar

Reološka svojstva modelnih otopina saharoze, pektina i celuloze kod niskih temperatura

UDC: 539.501 : 547.458

A. Pozderović*, T. Moslavac, A. Pichler, K. Paragović

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Prehrambeno-tehnološki fakultet Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Hrvatska

Sažetak

Poznavanje reoloških svojstava značajno je za vođenje procesa pri proizvodnji hrane i pri postizanju određenih svojstava hrane. Različiti ugljikohidrati bitni su sastojci velikog broja prehrambenih proizvoda. U ovom radu bio je istraživani utjecaj udjela topljive suhe tvari, netopljive suhe tvari i brzine smicanja na reološka svojstva modelnih otopina saharoze kod niskih temperatura prije zamrzavanja i tijekom zamrzavanja. Pripremljene su modelne otopine saharoze različitih masenih udjela (20 %, 30 % i 40 %) te različite kombinacije modelne otopine saharoze masenog udjela 30 % s dodatkom pektina (0,2 % i 0,4 % (71 % esterifikacije)) i celuloze (1 %, 2 %, 3 % i 4 %). Mjerenja su provedena na rotacijskom viskozimetru s rashladnom jedinicom. Mjerena je ovisnost smičnog naprežanja i smične brzine pri 5 °C i 0 °C; pri konstantnoj brzini smicanja kontinuiranim i stupnjevitim hlađenjem. Rezultati su pokazali da su sve ispitivane otopine čiste saharoze na 5 °C i 0 °C newtonske tekućine. Dodatkom pektina i povećanjem udjela krutih čestica dodatkom celuloze u otopinu saharoze povećava se njezina viskoznost, te ona poprima pseudoplastična svojstva. Stupnjevitim hlađenjem smicanje ispitivanih otopina se odvija pri višim temperaturama hlađenja, dok se kontinuiranim hlađenjem odvija pri nižim temperaturama.

Ključne riječi: reološka svojstva, modelne otopine, niske temperature, saharoza, viskoznost

Uvod

Reologija je znanost koja ima različitu primjenu u proizvodnji i preradi hrane, te općem prihvaćanju hrane (Man i sur., 1975). Poznavanje reoloških svojstava hrane značajno je u izvedbi procesa tečenja, mjerenja stabilnosti procesa, utvrđivanju potrebnih procesnih parametara, te kontroli kvalitete tijekom proizvodnje i skladištenja (Davis, 1973; Kokini, 1987; Rao i sur., 1986). Zbog njihove prehrambene vrijednosti i organoleptičkih svojstava za mnoge je proizvode bitno ponašanje i utjecaj ugljikohidrata na kvalitetu i vođenje procesa u području niskih temperatura. Najčešće se kao dodatci ili zaslađivači koriste različiti monosaharidi i disaharidi (saharozu). Čiste otopine saharoze pokazuju newtonski karakter (Mathlouthi i sur., 1995; Quintas i sur., 2006) do

* andrija.pozderovic@ptfos.hr

koncentracije 78 % (Saggin and Coupland, 2004). Osim šećera često upotrebljavani su i hidrokoloidei kao stabilizatori i sredstva za želiranje. Dodatak hidrokoloida otopinama šećera mijenja njihova reološka svojstva i newtonski karakter (Cancela i sur., 2005; Galmarini i sur., 2010).

Pektin je kompleksan polisaharid, nalazi se u većini biljnih tkiva i voću. Karboksilna skupina pektina često je esterificirana s metanolom. Stupanj esterifikacije (DE) određuje mehanizam želiranja pektina i njegov utjecaj na reološka svojstva (Sato i sur., 2008).

Provedena su brojna istraživanja reoloških svojstava hrane pri niskim temperaturama. Istraživan je utjecaj različitih dodataka, kemijskog sastava hrane i temperatura skladištenja (Rao i sur., 1986; Pozderović i sur., 2005; Šubarić i sur., 2010).

Istraživanje je provedeno u svrhu utvrđivanja utjecaja topljive suhe tvari i netopljive suhe tvari, odnosno krutih čestica (celuloza) i brzine smicanja na reološka svojstva modelnih otopina saharoze kod niskih temperatura prije zamrzavanja i tijekom zamrzavanja.

Materijali i metode

Istraživanja su provedena sa modelnim otopinama saharoze, pektina i celuloze. Pripremljene su modelne otopine saharoze različitih masenih udjela (20 %, 30 % i 40 %), te modelne otopine saharoze masenog udjela 30 % s različitim udjelom pektina (0,2 % i 0,4 % (71 % esterifikacije)) i celuloze (1 %, 2 %, 3 % i 4 %). Modelne otopine pripremljene su otapanjem određene količine navedenih tvari u destiliranoj vodi i neposredno nakon pripreme podvrgnute mjerenju reoloških svojstava pri temperaturama 5 °C i 0 °C, te temperaturama tijekom zamrzavanja. Mjerenja su provedena na rotacionom viskozimetru Rheotest 3 (WEB MLW, Werk Mendingen Sitz Freital, Njemačka) primjenom sustava koncentričnih cilindara. Optočni tekućinski termostat Ultra – Kryostat MK 70 s uređajem za precizno reguliranje i održavanje temperature od 60 °C do – 30 °C je korišten za ohlađivanje uzorka do temperature zamrzavanja.

Reološka svojstva ispitivanih modelnih otopina određena su mjerenjem i grafičkim prikazom ovisnosti smičnog naprezanja (τ) i smične brzine (D) i izračunavanjem koeficijenta konzistencije (k) i indeksa tečenja (n).

Power law model odnosno Ostwald – De Waele-ova jednadžba korištena je za izračunavanje reoloških parametara (Malkin i Isayev, 2006):

$$\tau = k \cdot D^n \quad (1)$$

gdje je: τ - smično naprezanje (Pa), k – koeficijent konzistencije (Pasⁿ), D – smična brzina (s⁻¹) i n – indeks tečenja.

Prividna viskoznost μ (Pas) izračunata je primjenom izraza:

$$\mu = k \cdot D^{(n-1)} \quad (2)$$

Provedena su tri tipa mjerenja. Mjerena je ovisnost smičnog naprezanja i smične brzine pri temperaturama 5 °C i 0 °C, promjena smičnog naprezanja s promjenom temperature i vremena pri konstantnoj brzini smicanja kod kontinuiranog hlađenja i stupnjevitog hlađenja.

Pri konstantnoj temperaturi 5 °C i 0 °C mjerena je ovisnost smičnog naprezanja (τ) i smične brzine (D) od $D = 40,5 \text{ s}^{-1}$ do $D = 1312 \text{ s}^{-1}$ (uzlazno mjerenje). Kod konstantne brzine smicanja tijekom kontinuiranog hlađenja uzorka od 0 °C do temperature pri kojoj je još moguće smicanje utvrđena je temperatura pri kojoj dolazi do naglog povećanja smičnog naprezanja (τ) što se manifestira kao oštar prijelom krivulje. Ta temperatura je označena kao kritična temperatura T_k . Nakon toga se nastavilo hlađenje odnosno pothlađivanje pri čemu je određena najniža temperatura pothlađivanja pri kojoj još dolazi do smicanja (T_m). Kontinuirano hlađenje od 0 °C do temperature zamrzavanja modelnih otopina provedeno je pri konstantnoj smičnoj brzini $D = 1312 \text{ s}^{-1}$, vrijednosti smičnog naprezanja, viskoznosti i temperature očitavane su svakih 1 min, a prije temperature pri kojoj dolazi do naglog porasta smičnog naprezanja (T_k) svakih 30 sekundi. Stupnjevito hlađenje provedeno je u određenom intervalu smične brzine $D = 40,5 - 1312 \text{ s}^{-1}$, mjerenje od 0 °C do neposredno prije temperature T_k , a zatim kontinuirano hlađenje do temperature pothlađivanja pri kojoj još dolazi do smicanja (T_m).

Rezultati i rasprava

Na osnovi rezultata provedenih reoloških mjerenja pri temperaturama 5 °C i 0 °C, ovisno o udjelu topljive i netopljive suhe tvari, utvrđeno je da su sve ispitivane modelne otopine čiste saharoze newtonske tekućine, a ostale modelne otopine (ovisno o udjelu pektina i celuloze) pokazuju blagi prijelaz prema pseudoplastičnim tekućinama ($n < 1$, Tablica 1).

U Tablici 1 prikazani su dobiveni reološki parametri ispitivanih modelnih otopina saharoze, pektina i celuloze pri temperaturama 5 °C i 0 °C. Iz navedene tablice je vidljivo povećanje viskoznosti povećanjem udjela suhe tvari (20 %, 30 % i 40 % saharoze). Viskoznost se kreće od 3,69 mPas za 20 %-tnu modelnu otopinu saharoze do 12,40 mPas za 40 %-tnu otopinu pri 5 °C i od 4,31 mPas za 20 %-tnu modelnu otopinu saharoze do 15,99 mPas za 40 %-tnu otopinu pri 0 °C.

Dodatkom pektina, 0,2 % i 0,4 % (71 % esterifikacije) u 30 %-tnu modelnu otopinu saharoze dolazi do znatnijeg porasta vrijednosti viskoznosti s povećanjem udjela pektina. Povećanje viskoznosti se kreće od 5,90 mPas za 30 %-tnu modelnu

otopinu saharoze, 17,06 mPas za 30 %-tnu otopinu saharoze + 0,2 % pektina i 24,02 mPas za 30 %-tnu otopinu saharoze + 0,4 % pektina, pri temperaturi 5 °C. Dodatak pektina u 30 %-tnu otopinu saharoze uzrokuje prijelaz u nenewtonsku pseudoplastičnu tekućinu ($n < 1$).

Tablica 1. Reološki parametri modelnih otopina u ovisnosti o udjelu topljive i netopljive suhe tvari pri temperaturama 5 °C i 0 °C.

Table 1. Rheological parameters of model solutions in dependance of soluble and insoluble dry solid content at temperatures 5 °C and 0 °C.

Modelna otopina Model solution	T (°C)	k (Pas ⁿ)	n	μ (mPas) pri 1312 s ⁻¹
20 % S	5	0,004	1,00	3,69
	0	0,004	1,00	4,31
30 % S	5	0,006	1,00	5,90
	0	0,007	1,00	7,22
40 % S	5	0,012	1,00	12,40
	0	0,016	1,00	15,99
30 % S + 0,2 % P	5	0,035	0,90	17,06
	0	0,046	0,89	20,70
30 % S + 0,4 % P	5	0,096	0,81	24,02
	0	0,093	0,86	32,94
30 % S + 0,2 % P + 1 % C	5	0,038	0,90	18,69
	0	0,074	0,90	22,77
30 % S + 0,2 % P + 2 % C	0	0,065	0,82	18,25
30 % S + 0,2 % P + 3 % C	0	0,053	0,86	19,23
30 % S + 0,2 % P + 4 % C	0	0,056	0,85	19,38
30 % S + 1 % C	0	0,013	0,92	7,10
30 % S + 2 % C	0	0,012	0,93	7,39
30 % S + 3 % C	0	0,017	0,89	8,45
30 % S + 4 % C	0	0,014	0,93	8,53

S-saharaza; P-pektin; C-celuloza

Reološki parametri: k-koeficijent konzistencije; n-indeks tečenja; μ-prividna viskoznost kod $D=1312 \text{ s}^{-1}$

S-sucrose; P-pectin; C-cellulose

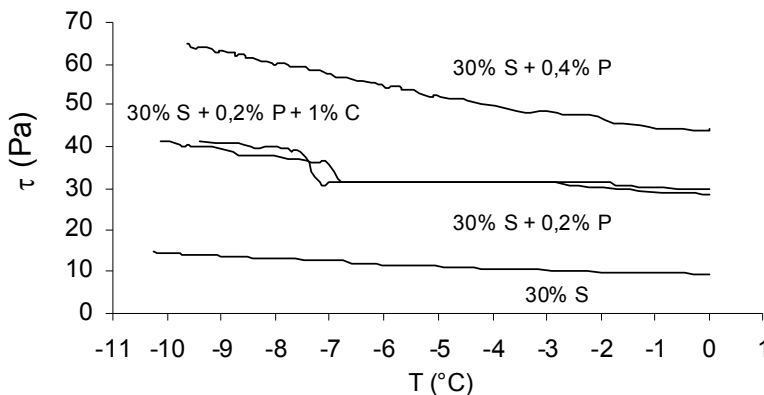
Rheological parameters: k-consistency coefficient; n-flow index; μ-apparent viscosity at $D=1312 \text{ s}^{-1}$

Dodatkom netopljive suhe tvari (celuloza) i povećanjem udjela krutih čestica (1 %, 2 %, 3 % i 4 % celuloze), pri temperaturi 0 °C, viskozitet 30 %-tne otopine saharoze postepeno, neznatno raste. Dodatak celuloze uzrokuje smanjenje

vrijednosti indeksa tečenja ($n < 1$) što ukazuje da modelna otopina blago poprira pseudoplastična svojstva.

Hlađenjem ispitivanih modelnih otopina na temperature u području zamrzavanja dolazi do pothlađivanja do najniže temperature pri kojoj još dolazi do smicanja (T_m). Na Slici 1 i u Tablici 2 prikazani su rezultati dobiveni pri kontinuiranom hlađenju do temperature T_m . Iz podataka u Tablici 2 vidi se da povećanjem udjela topljive suhe tvari (saharoze) tijekom kontinuiranog hlađenja pri konstantnoj brzini smicanja $D = 1312 \text{ s}^{-1}$ dolazi do sniženja temperature T_m i porasta viskoznosti pri temperaturi T_m , a koji iznosi za 20 %-tnu otopinu saharoze 5,82 mPas, za 30 %-tnu otopinu saharoze 11,30 mPas i za 40 %-tnu otopinu saharoze 23,74 mPas.

Iz Slike 1 vidi se da kontinuiranim hlađenjem ispitivanih modelnih otopina osim kod otopine 30 % S + 0,2 % P + 1 % C i otopine 30 % S + 0,2 % P nema naglog povećanja smičnog napreznja i nema loma krivulje u području zamrzavanja. To znači da nije došlo do početka zamrzavanja i stvaranja kristala leda koje uzrokuje pojavu točke T_k i nagli porast smičnog napreznja uz lom krivulje. Kod modelnih otopina 30 % S + 0,2 % P + 1 % C i 30 % S + 0,2 % P dolazi do pojave gdje snižavanje temperature znatno manje utječe na vrijednost smičnog napreznja i prividnu viskoznost sve do trenutka kada je postignuta određena kritična temperatura T_k (lom krivulje) nakon koje dolazi do naglog povećanja smičnog napreznja i viskoznosti, pri tome se temperatura vrlo sporo snižava iako je brzina odvođenja topline ostala ista.



Slika 1. Ovisnost smičnog napreznja (τ) o temperaturi tijekom kontinuiranog hlađenja modelne otopine 30 %-tne saharoze uz dodatak pektina i celuloze

Fig. 1. Shear stress temperature dependance during continuous cooling of 30 % sucrose model solution with addition of pectin and cellulose

Tablica 2. Ovisnost temperature T_k i T_m i viskoznosti o udjelu topljive i netopljive suhe tvari modelnih otopina pri kontinuiranom hlađenju i konstantnoj brzini smicanja ($D = 1312 \text{ s}^{-1}$).

Table 2. Dependence of temperatures T_k and T_m and viscosity of soluble and insoluble dry solid content of model solutions at continuous cooling and constant shear rate ($D = 1312 \text{ s}^{-1}$).

Modelna otopina Model solution	T_k (°C)	T_m (°C)	μ_{T_m} (mPas)
20 % S	-	- 8,75	5,82
30 % S	-	- 10,25	11,30
40 % S	-	- 9,75	23,74
30 % S + 0,2 % P	- 6,80	- 10,10	31,31
30 % S + 0,4 % P	-	- 9,65	49,26
30 % S + 0,2 % P + 1 % C	- 7,20	- 9,40	31,92

S-saharoza; P-pektin; C-celuloza

T_k -temperatura nakon koje dolazi do naglog povećanja smičnog napreznja i manjeg snižavanja temperature; T_m -najniža temperatura pothlađivanja kod koje još dolazi do smicanja;

μ_{T_m} -viskoznost pri temperaturi T_m

S-sucrose; P-pectin; C-cellulose

T_k -temperature after fast increase of shear stress and lower temperature decrease;

T_m -the lowest sub-cooling temperature at which still shear occurs;

μ_{T_m} -viscosity at T_m temperature

Iz podataka u Tablici 2 i na Slici 1 vidi se da kod veće koncentracije pektina (0,4 %) dolazi do znatno veće vrijednosti viskoznosti pri temperaturi T_m (49,26 mPas), ali nema loma krivulje što znači da nije došlo do početka zamrzavanja i kristalizacije leda.

Stupnjevitim hlađenjem, odnosno zadržavanjem modelnih otopina na pojedinim temperaturama nižim od 0 °C, također su određene temperature za pojedine otopine do kojih je bilo moguće smicanje. U Tablici 3 i na Slici 2 prikazani su rezultati dobiveni pri stupnjevitom hlađenju do temperature T_m . Iz Tablice 3 vidi se da povećanjem koncentracije šećera dolazi do snižavanja temperature T_m do koje je još moguće smicanje. Za 20 %-tnu otopinu saharoze temperatura je - 5 °C, za 30 %-tnu otopinu - 7 °C i za 40 %-tnu - 8 °C. Dodatkom celuloze i povećanjem koncentracije pektina dolazi do povećanja smičnog napreznja i viskoziteta pri temperaturama u području zamrzavanja, a najniža temperatura kod koje je moguće smicanje je veća kod dodatka pektina 0,4 % (- 7,5 °C) nego kod dodatka pektina 0,2 % (- 9 °C). Također dodatkom 1 % celuloze u 30 %-tnu otopinu saharoze + 0,2 % pektina T_m je viša nego bez dodatka celuloze (- 8 °C u odnosu na -9 °C).

Tablica 3. Ovisnost temperature T_m i smičnog napreznja kod temperature T_m o udjelu topljive i netopljive suhe tvari modelnih otopina pri stupnjevitom hlađenju i konstantnoj brzini smicanja ($D = 1312 \text{ s}^{-1}$).

Table 3. Dependence of temperature T_m and shear stress at temperature T_m of soluble and insoluble dry solid content of model solutions at scale cooling and constant shear rate ($D = 1312 \text{ s}^{-1}$).

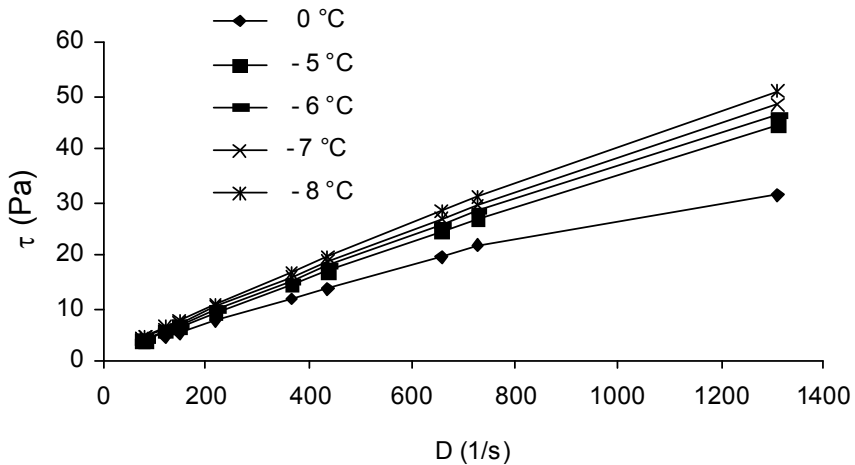
Modelna otopina Model solution	T_m (°C)	τ_{T_m} (Pa)	μ_{T_m} (mPas)
20 % S	- 5	6,59	5,02
30 % S	- 7	12,67	9,65
40 % S	- 8	30,89	23,57
30 % S + 0,2 % P	- 9	43,40	36,60
30 % S + 0,4 % P	- 7,5	45,29	59,91
30 % S + 0,2 % P + 1 % C	- 8	51,01	39,08

S-saharoza; P-pektin; C-celuloza

T_m -najniža temperatura pothlađivanja kod koje još dolazi do smicanja; τ_{T_m} -smično napreznje kod temperature T_m ; μ_{T_m} -viskoznost pri temperaturi T_m

S-sucrose; P-pectin; C-cellulose

T_m -the lowest sub-cooling temperature at which still shear occurs; τ_{T_m} -shear stress at temperature T_m ; μ_{T_m} -viscosity at T_m temperature.



Slika 2. Utjecaj dodatka 0,2 % pektina (71 % esterifikacije) i 1 % celuloze na reološka svojstva 30 %-tne otopine saharoze kod temperatura u području smrzavanja pri stupnjevitom hlađenju

Fig. 2. Influence of 0.2 % pectin (71 % of esterification) and 1 % cellulose addition on rheological properties of 30 % sucrose solution at temperatures in freezing region at scale cooling

Zaključak

Reološkim ispitivanjem modelnih otopina čiste saharoze pri temperaturama 5 °C i 0 °C utvrđeno je da su sve newtonske tekućine. Modelne otopine 30 %-tne saharoze dodatkom pektina i celuloze pokazuju blagi prijelaz prema pseudoplastičnim tekućinama ($n > 1$). Dodatak pektina znatno više utječe na povećanje viskoznosti i na vrijednost indeksa tečenja (n) nego dodatak celuloze. Kontinuiranim i stupnjevitim hlađenjem ispitivanih modelnih otopina saharoze kod konstantne brzine smicanja do niskih temperatura u području zamrzavanja dolazi do pothlađivanja do najniže temperature pri kojoj još dolazi do smicanja (T_m). Temperatura T_m modelne otopine saharoze je niža, a viskoznost otopine veća što je veći udio saharoze.

Kod kontinuiranog hlađenja pri konstantnoj brzini smicanja nekih ispitivanih otopina od 0 °C do temperature T_m utvrđena je kritična temperatura T_k pri kojoj dolazi do naglog povećanja smičnog naprezanja. Kritična temperatura T_k utvrđena je kod modelnih otopina 30 % S + 0,2 % P i 30 % S + 0,2 % P + 1 % C. Stupnjevitim hlađenjem otopine saharoze temperatura T_m je niža, a viskoznost pri toj temperaturi veća, što je udio saharoze veći. Dodatkom većeg udjela pektina kao i dodatkom celuloze temperatura T_m i viskoznost su viši. Stupnjevitim hlađenjem ispitivanih otopina temperature T_m kod kojih je još moguće smicanje su više nego kod kontinuiranog hlađenja.

Literatura

- Cancela M.A., Alvarez E., Maceiras R. (2005): Effects of temperature and concentration on carboxymethylcellulose with sucrose rheology, *J. Food Eng.* 71(4), 419-424.
- Davis S.S. (1973): Rheological properties of semi-solid foodstuffs, *J. Texture Stud.* 4(1), 15-40.
- DeMan J.M., Voisey P.W., Rasper V.F., Stanley D.W. (1975): Rheology and texture in food quality, Avi publishing Company INC Westport
- Galmarini M.V., Baeza R., Sanchez V., Zamora M.C., Chirife J. (2010): Comparison of the viscosity of trehalose and sucrose solution at various temperatures: Effect of guar gum addition, *Food Sci. Technol. - LEB*, 1-5.
- Kokini J.L. (1987): The physical basis of liquid food texture and texture-taste interactions, *J. Food Eng.* 6, 51-81.
- Malkin A.Y., Isayev A.I. (2006): Rheology. Concepts, Methods, and Application, ChemTec Publishing, Toronto, pp. 136-137.
- Mathlouthi M., Genotelle J. (1995): Rheological properties of sucrose solutions and suspensions in Sucrose. Properties and applications, Blackie Academic and Professional, London, pp. 126-154.
- Pozderović A., Moslavac T., Pichler A. (2005): Utjecaj udjela suhe tvari na reološka svojstva kaše jabuke pri niskim temperaturama prije i tijekom smrzavanja, *Kem. Ind.* 54(7-8), 341-346.
- Quintas M., Brandao T.R.S., Silva C.L.M., Cunha R.L. (2006): Rheology of supersaturated sucrose solutions, *J. Food Eng.* 77, 844-852.

- Rao M.A., Cooley H.J., Noguiera J.N., McLellan M.R. (1986): Rheology of Apple Sauce: Effect of Apple Cultivar, Firmness, and Processing Parameters, *J. Food Sci.* 51(1), 176-179.
- Saggin R., Coupland J.N. (2004): Rheology of xanthan/sucrose mixtures at ultrasonic frequencies, *J. Food Eng.* 65(1), 49-53.
- Sato A.C.K., Oliveira P.R., Cunha R.L. (2008): Rheology of Mixed Pectin Solutions, *Food Biophysics* 3(1), 100-109.
- Šubarić D., Babić J., Ačkar Đ., Milićević B., Kopjar M., Slačanac V. (2010): Reološka i termofizikalna svojstva modelnih smjesa za sladoled sa smanjenim udjelom masti i šećera, *Mljekarstvo* 60(2), 127-134.

Rheological properties of sucrose model solutions with pectin and cellulose at low temperatures

A. Pozderović, T. Moslavac, A. Pichler, K. Paragović

University of Josip Juraj Strossmayer in Osijek, Faculty of Food Technology Osijek, Franje Kuhača 20, 31000 Osijek, Croatia

Summary

The knowledge of rheological properties is important for conduction of processes in food production and achieving specific properties of food. The different carbohydrates are important ingredients of many food products.

The aim of this paper was to investigate the influence of soluble dry solid content, insoluble dry solid content and shear rate on rheological properties of sucrose model solutions at low temperatures before and during freezing. Model solutions were made from different mass weights of sucrose (20 %, 30 % i 40 %) and different combinations of model solution of 30 % sucrose with addition of pectin (0,2 % i 0,4 % (71 % esterification)) and cellulose (1 %, 2 %, 3 % i 4 %). Measurements were conducted by rotational viscosimeter with refrigeration unit. Dependence of shear stress and shear rate at 5 °C i 0 °C; at constant shear rate by continuous and scale cooling were measured. Results showed that all examined model solutions of pure sucrose at 5 °C i 0 °C had newtonian character. Pectin and cellulose addition in sucrose model solutions increase viscosity and it becomes pseudoplastic. The shear of investigated solutions was conducted at higher cooling temperatures at scale cooling, while at continuous cooling the temperatures were lower.

Keywords: rheological properties, model solutions, low temperatures, sucrose, viscosity