

LABORATORNÍ PŘÍSTROJE A POSTUPY

VPLYV PŘÍDAVKU PRÁŠKOVEJ CELULÓZY NA TERMOMECHANICKÉ VLASTNOSTI PŠENIČNÉHO CESTA

MICHAELA LAUKOVÁ, ZLATICA
KOHAJDOVÁ, JOLANA KAROVIČOVÁ
a LUCIA MINAROVICHOVÁ

*Oddelenie potravinárskej technológie, Ústav potravinárstva a výživy, Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU, Radlinského 9, 812 37 Bratislava
michaela.laukova@stuba.sk*

Došlo 24.7.17, prijaté 16.8.17.

Kľúčové slová: prášková celulóza, farinograf, mixolab, reologické parametre

Úvod

V dôsledku rozširovania sa sortimentu pekárskeho výrobkov sa vo svete vyvíjajú rôzne receptúry na obohatenie výrobkov o vlákninu (napr. β -glukány), bielkoviny, vitamíny a ďalšie nutrienty pre zdravšiu výživu¹. Prášková celulóza je nerozpustná vláknina bielej farby, bez špecifickej chuti a vône. Možno ju považovať za najčistejšiu formu nerozpustnej vlákniny, pretože až 97 % predstavuje celulóza². V potravinárskom priemysle sa prášková celulóza používa ako vlákninový preparát. Jej aplikáciou do potravín sa znižuje ich energetická hodnota a môže sa zlepšiť aj gastrointestinálne zdravie konzumenta³.

Pomocou reologických meraní je možné predpovedať správanie sa cesta počas spracovania za určitých podmienok a taktiež možno získať užitočné predikcie pre správanie sa výrobkov počas skladovania¹. Prídavok vlákniny do cesta môže ovplyvniť väznosť, znížiť množstvo vody v ceste a zmeniť viskoelastické vlastnosti cesta⁴.

Tradičné prístroje, ktoré poskytujú praktické informácie pre pekárskeho priemysel sledujú správanie sa cesta počas miesenia, kedy dochádza k vývinu cesta (farinograf, mixograf) a zaznamenávajú deformáciu pripraveného cesta (extenzograf, alveograf)⁵. Mixolab je novšie zariadenie, ktorým možno v priebehu jedného testu sledovať ako vlastnosti proteínov (v prvej časti krivky), tak aj vlastnosti škrobu (v druhej časti krivky). Prvá časť mixolabovej krivky zodpovedá meraniu pomocou farinografu, zatiaľ čo druhá časť krivky získaná po náraste teploty zodpovedá amylografickému meraniu⁶.

Cieľom tejto práce bolo sledovať vplyv prídavku (2,5; 5 a 10 %) komerčne vyrábanej práškovej celulózy na reologické parametre pšeničného cesta. Súčasťou práce bolo porovnanie výsledkov z farinografu a mixolabu.

Experimentálna časť

Materiál

Pšeničná múka polohrubá (mokry lepok 36,52 %, suchý lepok 9,45 %, schopnosť napučiať 22,50 cm³) bola zakúpená v lokálnej maloobchodnej sieti. Komerčná prášková celulóza s dĺžkou vlákna 80 μ m bola získaná od firmy Greencel s.r.o., Hencovce, Slovenská republika. Prášková celulóza sa použila ako náhrada polohrubej múky v množstve 2,5; 5 a 10 %.

Reologické parametre cesta

Farinografické parametre pšeničného cesta (farinografická väznosť, čas vývinu cesta, stabilita cesta a stupeň mechanickej odolnosti) boli stanovené pomocou farinografu (Brabender, Duisburg, Nemecko) podľa normy ISO 5530-1:2013 (cit.⁷).

Termomechanické vlastnosti cesta boli sledované pomocou Mixolabu 2 (Chopin Technologies, Villeneuve-la-Garenne, Francúzsko) za daných podmienok: rýchlosť miesenia 80⁻¹, počiatkové miešanie pri 30 °C počas 8 min, zohrev na 90 °C počas 7 min rýchlosťou 4 °C min⁻¹, následné chladenie na 50 °C a výdrž počas 5 min pri 50 °C (cit.⁸). Parametre sledované pomocou mixolabu: väznosť (%), stabilita cesta (min), C1 (Nm) – maximálna hodnota krútiaceho momentu potrebná na stanovenie väznosti, C2 (Nm) – znamená oslabenie proteínu pri mechanickej práci s rastúcou teplotou, C3 (Nm) – vyjadruje mieru mazovania škrobu, C4 (Nm) – vyjadruje stabilitu za tepla tvoreného gélu, C5 (Nm) – predstavuje retrogradáciu škrobu počas fázy chladenia⁹, C1–C2 miera oslabenia bielkovinovej siete s rastúcou teplotou, C3–C4 vyjadruje súvis amyložovej aktivity s pádovým číslom, C5–C4 zodpovedá retrogradácii škrobu pri chladení, tým aj skladovateľnosť konečných produktov a účinkom proti starnutiu¹⁰.

Štatistické vyhodnotenie

Výsledky analýz sú vyjadrené ako priemer z troch meraní \pm smerodajná odchýlka. Štatistické vyhodnotenie bolo vykonané v programe MS Excel, prostredníctvom jednofaktorovej analýzy rozptylu a t-testu pri hladine významnosti $P = 0,05$. Na stanovenie závislosti medzi parametrami stanovenými farinografom a mixolabom bola použitá korelačná analýza.

Výsledky a diskusia

Farinografický test je jeden z najčastejšie používaných testov pri sledovaní kvality múk. Výsledné parametre možno využiť v receptúrach na odhadnutie množstva vody potrebného na vytvorenie cesta, na vyhodnotenie vplyvu rôznych ingrediencií na vlastnosti cesta počas miesenia, na stanovenie vlastností kompozitných zmesí ako aj rovnorodosť vlastností pšeničných múk¹¹. Vplyv prídavku práškovej celulózy na mechanické parametre cesta je uvedený v tab. I.

Prídavok práškovej celulózy mal za následok zvýšenie väznosti kompozitnej zmesi. Najvyššie hodnoty väznosti sa dosiahli pri 10% prídavku, 53,37 % pri použití farinografu a 60,80 % pri použití mixolabu. Tento efekt je spôsobený schopnosťou celulóзовých vlákien viazať niekoľko násobne väčšie množstvo vody v porovnaní s ich hmotnosťou a tiež prítomnosťou hydroxylových skupín v ich štruktúre, ktoré napomáhajú prostredníctvom vodíkových väzieb početným interakciám s vodou¹².

Farinografická stabilita cesta predstavuje časový úsek medzi bodom, kde horná časť krivky prvýkrát pretína hodnotu 500 BJ, a bodom kedy, horná časť krivky túto hodnotu opúšťa¹³. Stabilita cesta stanovená mixolabom predstavuje čas medzi bodom dosiahnutia krútiaceho momentu v bode C1 a jeho 11% poklesom¹⁴. Vo všeobecnosti táto hodnota naznačuje oslabenie proteínov a pevnosť cesta¹⁵.

Z nameraných údajov vyplynulo, že so zvyšujúcim sa prídavkom práškovej celulózy sa stabilita cesta významne predlžovala. Pri meraní pomocou farinografu bola stabilita v rozmedzí od 3,10 min (polohrubá múka) do 4,10 min (10% prídavok) a pri mixolabe v rozmedzí od 7,63 min (polohrubá múka) do 9,58 min (10% prídavok). Tento jav bol spôsobený prídavkom vlákniny, kedy dochádza k spomaleniu procesu hydratácie a vývinu lepku¹⁶.

Čas vývinu cesta je dôležitým faktorom, pretože odráža čas medzi prvým prídavkom vody a momentom, keď má cesto optimálne elastické a viskózne vlastnosti pre udržanie plynu. Tento parameter predstavuje čas potrebný na vytvorenie hladkého a homogénneho cesta a závisí od rýchlosti absorpcie vody zložkami múky¹⁷. Zistilo sa, že s prídavkom práškovej celulózy sa čas vývinu cesta predĺžil z 3,1 (polohrubá múka) na 4,10 min (10% prídavok), čo môže byť spôsobené vznikom komplexu vláknina – lepok, pričom tento komplex zabraňuje hydratácii bielkovín múky a vývoju lepkovej štruktúry¹⁸. Prídavok práškovej celulózy mal ďalej za následok významné zníženie hodnoty indexu mechanickej odolnosti a stupňa zmäknutia cesta. Zvýšenie hodnôt indexu mechanickej odolnosti je spôsobené interakciou medzi vlákninou a lepkom⁴.

Pri náraste teploty dochádza s nadmerným miešaním k poklesu konzistencie cesta, čo je známkou oslabenia proteínov (C2). Čím je pokles konzistencie väčší, tým je nižšia kvalita proteínov¹⁴. Z nameraných výsledkov vyplý-

Tabuľka I
Reologické parametre^a pšeničného cesta s prídavkom práškovej celulózy

Parametre	PM	PC 2,5 %	PC 5 %	PC 10 %
<i>Farinografické stanovenie</i>				
Väznosť, %	50,59±0,13	51,38±0,07*	52,05±0,20*	53,37±0,34*
Čas vývinu cesta, min	3,10±0,14	3,90±0,14*	3,95±0,07*	4,10±0,14*
Stabilita cesta, min	4,85±0,21	6,35±0,21*	6,90±0,14*	7,60±0,14*
Stupeň zmäknutia, BJ	90,00±0,00	72,50±3,53*	68,00±2,83*	41,00±1,41*
IMO, BJ	58,50±2,12	56,50±2,12*	40,00±0,00*	25,50±0,71*
<i>Stanovenie pomocou Mixolabu</i>				
Väznosť, %	54,0±0,01	55,0±0,00*	56,1±0,01*	60,8±0,02*
Stabilita, min	7,63±0,02	8,82±0,01*	9,47±0,00*	9,58±0,01*
C2, Nm	0,45±0,00	0,51±0,02*	0,54±0,00*	0,52±0,01*
C3, Nm	1,99±0,01	2,17±0,01*	2,25±0,00*	2,26±0,01*
C4, Nm	1,67±0,01	1,77±0,00*	1,69±0,02*	1,39±0,00*
C5, Nm	2,86±0,00	2,82±0,01	2,58±0,03*	2,04±0,00*
C1–C2, Nm	0,68±0,01	0,62±0,00*	0,59±0,00*	0,58±0,01*
C3–C2, Nm	1,54±0,01	1,66±0,01*	1,70±0,02*	1,73±0,00*
C3–C4, Nm	0,32±0,02	0,40±0,01*	0,56±0,00*	0,87±0,01*
C5–C4, Nm	0,89±0,01	0,85±0,02	0,89±0,01	0,65±0,01*

^a PC – prášková celulóza, PM – polohrubá múka, BJ – brabenderove jednotky, IMO – index mechanickej odolnosti; hodnoty * v indexe predstavujú štatisticky významné rozdiely pri $P = 0,05$

Tabuľka II

Korelačné koeficienty^a medzi parametrami stanovenými farinografom a mixolabom

Parametre	FV [%]	ČVC [min]	SC [min]	SZ [BJ]	IMO [BJ]	MV [%]	SCM [min]	C2 [Nm]	C3 [Nm]	C4 [Nm]	C5 [Nm]	C1–C2 [Nm]	C3–C2 [Nm]	C3–C4 [Nm]	C5–C4 [Nm]
FV, %	1														
ČVC, min	0,897	1													
SC, min	0,668	0,898	1												
SZ, BJ	-0,886	-0,867	-0,837	1											
IMO, BJ	-0,544	-0,413	-0,505	0,811	1										
MV, %	0,758	0,752	0,814	-0,972	-0,903	1									
SCM, min	0,904	0,641	0,287	-0,660	-0,408	0,507	1								
C2, Nm	0,923	0,670	0,331	-0,699	-0,447	0,551	0,999	1							
C3, Nm	0,985	0,807	0,539	-0,843	-0,562	0,715	0,958	0,972	1						
C4, Nm	-0,434	-0,471	-0,689	0,797	0,929	-0,916	-0,161	-0,209	-0,391	1					
C5, Nm	-0,392	-0,389	-0,605	0,759	0,952	-0,890	-0,156	-0,202	-0,368	0,994	1				
C1–C2, Nm	-0,989	-0,824	-0,567	0,859	0,573	-0,734	-0,948	-0,963	-0,999	0,413	0,387	1			
C3–C2, Nm	0,995	0,857	0,630	-0,896	-0,607	0,781	0,919	0,938	0,993	-0,473	-0,442	-0,997	1		
C3–C4, Nm	0,798	0,733	0,746	-0,974	-0,922	0,991	0,598	0,638	0,777	-0,884	-0,867	-0,791	0,829	1	
C5–C4, Nm	-0,345	-0,302	-0,511	0,710	0,962	-0,852	-0,148	-0,192	-0,339	0,974	0,993	0,356	-0,405	-0,839	1

^a ČVC – čas vývinu cesta, FV – farinografická väznosť, IMO – index mechanickej odolnosti, MV – mixolabová väznosť, SC – stabilita cesta, SCM – stabilita cesta stanovená mixolabom, SZ – stupeň zmäknutia

nulo, že prášková celulóza zvýšila konzistenciu v bode C2, z čoho možno usúdiť, že pozitívne ovplyvňuje štruktúru cesta.

Z nameraných údajov bolo zistené, že s rastúcim prídavkom práškovej celulózy sa zvýšila hodnota C3 (mazovatenie škrobu). Vyššie hodnoty C3 predstavujú väčšie množstvo rozpustenej amylozy a tieto voľné molekuly amylozy nie sú schopné zoradiť sa a vytvoriť silný gél¹⁹. Ďalej sa zistilo, že prídavok celulózy znížil stabilitu vytvoreného gélu, čo sa prejavilo poklesom hodnoty krútiaceho momentu v bode C4. Počas ochladzovania dochádza k retrogradácii škrobu (C5)⁹. Tento parameter sa v dôsledku prídavku celulózy znižoval z 2,86 Nm (polohrubá múka) až na 2,04 Nm (10% prídavok). Nižšie hodnoty retrogradácie škrobu zodpovedajú dlhšej trvanlivosti konečných produktov¹.

Výsledky korelačnej analýzy medzi parametrami sledovanými pomocou farinografu a mixolabu sú uvedené v tab. II. Zistilo sa, že medzi farinografickým indexom mechanickej odolnosti a retrogradáciou škrobu (C5) je silná pozitívna korelácia ($r = 0,952$). Rozdiel hodnôt C3–C2 (rýchlosť mazovatenia škrobu) bola v silnej pozitívnej korelácií s farinografickou väznosťou ($r = 0,995$) a s časom vývinu cesta ($r = 0,857$) a v negatívnej korelácií so stupňom zmäknutia cesta ($r = -0,896$). Ďalej bola zistená silná pozitívna korelácia medzi farinografickou väznosťou a parametrom C2 ($r = 0,923$), C3 ($r = 0,985$) a stabilitou cesta zistenou pomocou mixolabu ($r = 0,904$). Z výsledkov ďalej vyplynulo, že rozdiel hodnôt C3–C4, ktorý súvisí s aktivitou amylozy je v silnej negatívnej

korelácií so stupňom zmäknutia a indexom mechanickej odolnosti cesta.

Záver

Z výsledkov práce vyplynulo, že prídavok práškovej celulózy má významný vplyv na mechanické (zvyšuje sa väznosť kompozitnej zmesi a predlžuje sa stabilita a čas vývinu cesta) a termomechanické (redukuje sa proces oslabenia proteínov, znižuje sa stabilita horúceho gélu a tiež retrogradácia škrobu) vlastnosti pšeničného cesta. Korelačná analýza ukázala, že najväčšie závislosti boli nájdené medzi farinografickou väznosťou a hodnotami C1–C2 a C3, čo poukazuje na to, že medzi danými premennými existuje priama lineárna závislosť.

Zoznam použitých skratiek

IMO	index mechanickej odolnosti
PM	polohrubá múka
PC	prášková celulóza
ČVC	čas vývinu cesta
FV	farinografická väznosť
IMO	index mechanickej odolnosti
MV	mixolabová väznosť
SC	stabilita cesta
SCM	stabilita cesta stanovená mixolabom
SZ	stupeň zmäknutia

Táto práca bola podporená projektom VEGA č. 1/0487/16.

LITERATÚRA

- Sabovics M., Straumite E., Galoburda R.: *Proceedings of the 6th Baltic Conference on Food Science and Technology 'Innovations for Food Science and Production' FOODBALT-2011 May 5–6: Assessment of the rheological properties of flour using the mixolab*, str. 33. Jelgava 2011.
- Lauková M., Kohajdová Z., Karovičová J., Kuchtová V., Minarovičová L., Tomášiková L.: *Food Sci. Technol. Int.* 23, 490 (2017).
- Harris P. J., Smith B. G.: *Int. J. Food Sci. Technol.* 41, 129 (2006).
- Sivam A. S., Sun-Waterhouse D., Quek S., Perera C. O.: *J. Food Sci.* 75, R163 (2010).
- Rodríguez-Sandoval E., Sandoval G., Cortes-Rodríguez M.: *Braz. J. Chem. Eng.* 29, 503 (2012).
- Dapčević T., Hadnadev M., Pojić M.: *Agric. Conspec. Sci.* 74, 169 (2009).
- ISO 5530-1:2013. Wheat flour – Physical characteristics of doughs – Part 1: Determination of water absorption and rheological properties using a farinograph.
- Duta D. E., Culetu A.: *J. Food Eng.* 162, 1 (2015).
- Banu I., Stoenescu G., Ionescu V., Vasilean I., Aprodu I.: *Ann. Univ. Dunarea Jos Galati, Fasc. VI* 32, 25 (2009).
- Rosell C. M., Santos E., Collar C.: *Eur. Food Res. Technol.* 231, 535 (2010).
- Lacko-Bartošová M., Korczyk-Szabó J.: *Res. J. Agric. Sci.* 43, 73 (2011).
- Goldstein A., Ashrafi L., Seetharaman K.: *Int. J. Food Sci. Technol.* 45, 1641 (2010).
- Amjid M. R., Shehzad A., Hussain S., Shabbir M. A., Khan M. R., Shoaib M.: *Pak. J. Food Sci.* 23, 105 (2013).
- Szafranska A.: *Acta Agroph.* 22, 457 (2015).
- Li P. H., Lu W. C., Hsieh C. W., Li T. C., Huang D. W.: *J. Agric. Sci.* 7, 84 (2015).
- Rawat N., Darappa I.: *J. Food Sci. Technol.* 52, 3006 (2015).
- Vizitiu D., Danciu I.: *Acta Univ. Cibiniensis, Ser. E: Food Technol.* 15, 31 (2011).
- Kuchtová V., Kohajdová Z., Karovičová J., Mešterová, E.: *Chem. Listy* 110, 808 (2016).
- Bucsellá B., Molnár D., Harasztoš A. H., Tömösközi S.: *J. Cereal Sci.* 69, 40 (2016).

M. Lauková, Z. Kohajdová, J. Karovičová, and L. Minarovičová (*Department of Food Technology, Institute of Food Science and Nutrition, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology, Bratislava*): **Effect of Powdered Cellulose Addition on Thermomechanical Properties of Wheat Dough**

The effect of the cellulose fiber (2.5; 5 and 10 %) on the dough rheology was evaluated. The rheological parameters of wheat dough were investigated using Farinograph and Mixolab 2. From the results obtained by using both devices it was concluded that addition of powdered cellulose increased water absorption and prolonged dough stability. Furthermore, with the addition of powdered cellulose, parameters C2 and C3 increased while parameters C4 and C5 decreased. It was found that farinographic water absorption correlated with mixolab dough stability, protein weakening, protein network strength under heating and starch gelatinization rate.