

## Grzegorz PROBOLA, Józef WARECHOWSKI, Elżbieta HAPONIUK

e-mail: gepe@uwm.edu.pl

Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

## Badanie krzywych płynięcia sosów na bazie przecieru pomidorowego z dodatkiem wybranych cząstek o zróżnicowanej geometrii

### Wstęp

Sosy na bazie przecieru pomidorowego zawierające kawałki warzyw, nasiona i przyprawy wymagają specjalnych metod badania lepkości, bowiem konstrukcja nowoczesnych reometrów na ogół nie daje możliwości wprowadzania próbek zawierających duże cząstki stałe. Metodą, która pozwala na tego typu pomiary, jest zastosowanie mieszadła typu vane, użytego w badaniach zawiesin sferoidalnych cząstek żywicznych i żelowych w płynach niutonowskich [Ramirez-Gilly i in., 2007] oraz sosów meksykańskich [Martinez-Padilla i Rivera-Vargas, 2006].

**Konsystometr Bostwicka.** Z drugiej strony, ocenę konsystencji produktów z dodatkiem dużych cząstek bez przeszkód można prowadzić metodami empirycznymi, za pomocą prostych i tanich urządzeń, z których najbardziej znanym jest konsystometr Bostwicka, powszechnie do tej pory stosowany w kontroli jakości ketchupu [Bourne, 2002; Perona, 2005]. Konsystometr ten znalazł również zastosowanie w badaniach naukowych, gdzie uzyskano wysokie współczynniki korelacji między konsystencją Bostwicka a lepkością pozorną badanych cieczy [Milczarek i McCarthy, 2006; Mazaheri Tehrani i Ghandi, 2007]. W konsystometrze Bostwicka realizowany jest niustalony przepływ grawitacyjny płynu nieniuonowskiego w otwartym kanale o przekroju prostokątnym. Matematyczny opis tego zjawiska jest bardzo złożony i nie do końca udało się go przeprowadzić [Balmforth i in., 2007]. Konsystometrem o innej konstrukcji używanym do podobnych celów jest konsystometr rynnowy [Probola i in., 2009], gdzie przepływ odbywa się w rynnie o przekroju kołowym, a rynnę ustawia się pod kątem do poziomu.

Coraz większy segment współczesnego rynku spożywczego stanowią półpłynne produkty owocowo-warzywne takie jak sosy, zupy, ketchupy, przecieri, puree i pulpy. W literaturze naukowej można znaleźć charakterystyki reologiczne wielu takich wyrobów. Trudno natomiast dotrzeć do artykułów poświęconych półpłynnym produktom z dodatkiem dużych cząstek stałych [Sato i Cunha, 2009] coraz częściej pojawiającym się na rynku. Dlatego też w niniejszej pracy podjęto badania krzywych płynięcia sosów na bazie przecieru pomidorowego z dodatkiem cząstek o zróżnicowanej geometrii

### Badania doświadczalne

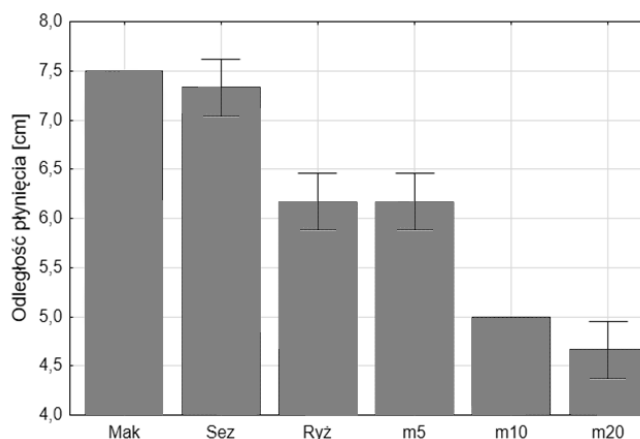
**Materiały.** Do sporządzenia przecieru pomidorowego użyto dwóch kilogramowych opakowań koncentratu pomidorowego, których zawartość wymieszano i pobrano próbki do określenia zawartości suchej masy metodą suszenia w suszarce komorowej, uzyskując wynik 28,37%. Po dodaniu odpowiedniej ilości wody destylowanej otrzymano 15% przecier pomidorowy. Próbki przeznaczone do badań sporządzono poprzez dodanie do pojemników zawierających po 500 g przecieru 100-gramowych porcji następujących cząstek: ryżu, sezamu, maku oraz makaronu spaghetti o średnicy 1,5 mm i długościach 5, 10 i 20 mm. Nasiona maku i sezamu moczone przez 2 godziny w wodzie i przez godzinę odsączano na sicie, natomiast ryż i makaron ugotowano zgodnie z instrukcją, przemyto zimną wodą i odsączano, makaron dodatkowo pokrojono na odcinki 5, 10 i 20-milimetrowe.

**Aparatura pomiarowa.** Do pomiarów konsystencji próbek użyto konsystometrów Bostwicka i rynnowego przy kącie pochylecia rynnny 10°, mierząc drogę płynięcia po czasie 20 sekund. Krzywe płynięcia przecieru pomidorowego zawierającego duże cząstki stałe wyznaczono za pomocą reometru rotacyjnego Rheolab QC (firmy Anton Paar) wyposażonego w przystawkę zanurzeniową BM 08/QC.

Pomiary oscylacyjne prowadzono za pomocą reometru Rheostress RS (firmy Haake) z mieszadłem skrzydełkowym FL22.

### Wyniki i dyskusja

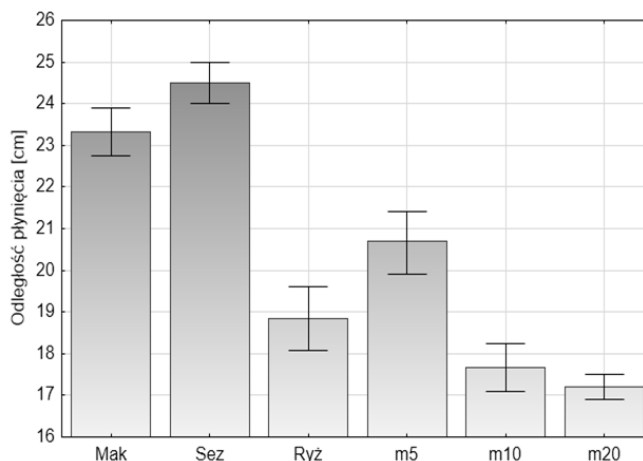
Na rys. 1 i 2 przedstawiono wyniki pomiarów konsystencji otrzymanych za pomocą konsystometrów Bostwicka i rynnowego.



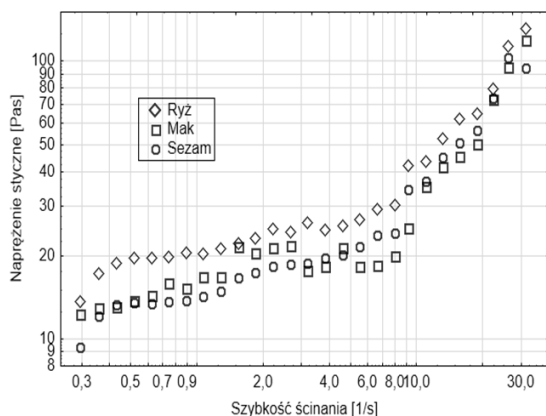
Rys. 1. Odległość płynięcia badanych próbek wyznaczona za pomocą konsystometru Bostwicka

Największe (zblizone do siebie) odległości osiągnęły próbki z makiem i sezamem, co świadczyłoby o tym, że dodanie ziaren o małych wymiarach w mniejszym stopniu zmniejszało płynność materiału, niż dodatek stosunkowo większych ziaren ryżu i cząstek makaronu. Biorąc pod uwagę próbki z makaronem, można stwierdzić, że cząstki makaronu o długościach 10 i 20 mm wyraźnie bardziej zmieniły płynność materiału, niż te o długości 5 mm. Stwierdzono, że między wynikami pomiarów na obu konsystometrach zachodziła wysoko istotna korelacja ( $R = 0,95$ ).

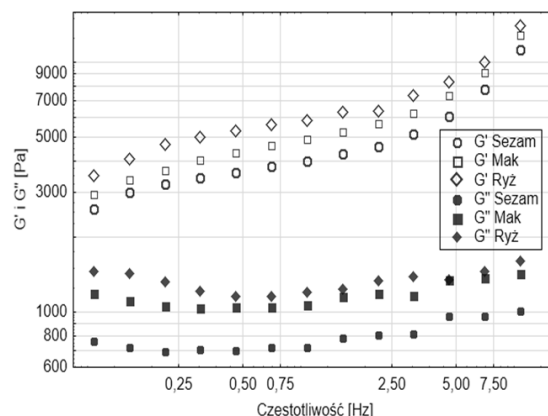
Krzywe płynięcia wyznaczone podczas jednego pełnego obrotu ramienia z kulką przystawki zanurzeniowej reometru rotacyjnego przedstawiono na rys. 3 i 4.



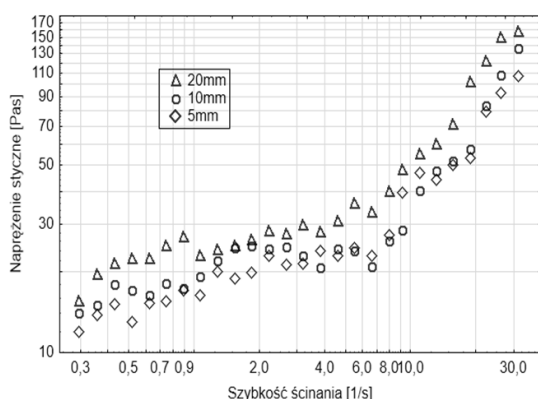
Rys. 1. Odległość płynięcia badanych próbek wyznaczona za pomocą konsystometru konsystometru rynnowego



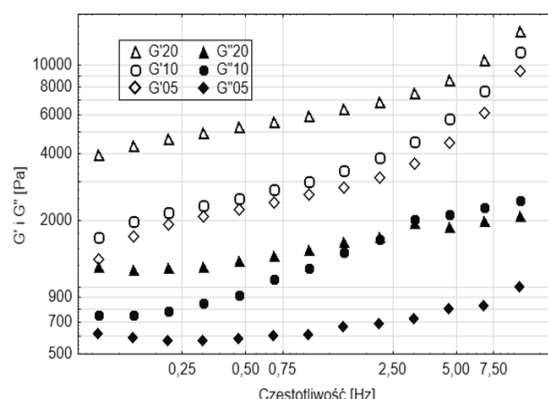
Rys. 3. Krzywe płynięcia uzyskane za pomocą reometru z przystawką zanurzeniową dla próbek z ryżem, makiem i sezamem



Rys. 5. Zależność modułów zachowawczego  $G'$  i stratności  $G''$  od częstotliwości dla próbek z ryżem, makiem i sezamem



Rys. 4. Krzywe płynięcia uzyskane za pomocą reometru z przystawką zanurzeniową dla próbek z makaronem o długości 5, 10 i 20 mm



Rys. 6. Zależność modułów zachowawczego  $G'$  i stratności  $G''$  od częstotliwości dla próbek z makaronem o długości 5, 10 i 20 mm

Wśród próbek z ziarnami największą lepkość pozorną prezentował przecier z dodatkiem ryżu, w przypadku próbek z makaronem przecier z częstotkami długości 20 mm, co było zgodne z oczekiwaniami po przeprowadzeniu pomiarów konsystometrycznych. Zwraca uwagę duży rozrzut punktów pomiarowych, co prawdopodobnie wynika z konstrukcji tego stanowiska pomiarowego.

Badanie właściwości dynamicznych przeprowadzono dla częstotliwości w zakresie 0,1-10 Hz (Rys. 5 i 6). Wartości modułu zachowawczego  $G'$  dla wszystkich próbek rosły wraz ze wzrostem częstotliwości, podobnie wartości modułu stratności  $G''$  dla próbek z ziarnami, natomiast dla próbek z makaronem wartości  $G''$  początkowo nieznacznie malały, a od 0,5 Hz nieznacznie rosły.

Dla wszystkich próbek wartość modułu zachowawczego  $G'$  była w badanym zakresie częstotliwości wyższa od wartości modułu stratności  $G''$ , co wskazuje na zachowanie charakterystyczne dla słabych żeli [Alvarez i Canet, (2013); Huang i in., 2018].

## Wnioski

Przeprowadzone badania instrumentalne próbek przecieru pomidorowego z dodatkami cząstek stałych różnych materiałów o różnej wielkości i kształcie geometrycznym pozwoliły ustalić różnice właściwości reologicznych.

Większą lepkość pozorną ma przecier z ryżem niż przecier z makiem lub z sezamem.

Najmniejszy przyrost lepkości przecieru powoduje dodatek najkrótszych, 5-milimetrowych kawałków makaronu.

## LITERATURA

Alvarez M.D., Canet W., (2013). Dynamic viscoelastic behavior of vegetable-based infant purees. *J. Texture St.*, 44, 1-20. DOI: 10.1111/jtxs.12011

Balmforth N.J., Craster R.V., Perona P., Rust A.C., Sassi R., (2007). Viscoplastic dam breaks and the Bostwick consistometer. *J. Non-Newtonian Fluid Mech.*, 142, 63-78. DOI: 10.1016/j.jnnfm.2006.06.005

Bourne M.C., (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*. Academic Press, Londyn

Huanga B., Zhaoa K., Zhanga Z., Liua F., Hua H., (2018). Changes on the rheological properties of pectin-enriched mango nectar by high intensity ultrasound. *LWT-Food Sc.Technology*, 91, 414-422. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.01.062

Martinez-Padilla L.P., Rivera-Vargas C., (2006). Flow behavior of Mexican sauces using a vane-in-a-large cup rheometer. *J. Food Eng.*, 72, 189-196. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.11.009

Mazaheri Tehrani M., Ghandi A., (2007). Modification of Bostwick method to determine tomato concentrate consistency. *J. Food Eng.*, 79, 1483-1486. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.01.093

Milczarek R.R., McCarthy K.L. (2006). Relationship between the Bostwick measurement and fluid properties. *J. Texture St.*, 37, 640-654. DOI: 10.1111/j.1745-4603.2006.00075.x

Perona P., (2005). Bostwick degree and rheological properties: An up-to-date viewpoint. *Appl. Rheol.*, 15, 218-229. DOI: 10.3933/AppIRheol-15-218

Probola G., Zander Z., Haponiuk E., (2009). Zastosowanie konsystometru rynnowego do oceny konsystencji wybranych produktów spożywczych *Inż. Ap. Chem.*, 46(1), 60-61

Ramirez-Gilly M., Martinez-Padilla L.P., Manero O., (2007). Particle image velocimetry applied to suspensions of millimetric-size particles using a vane-in-a-large-baffled-cup rheometer. *J. Food Eng.*, 78, 1117-1126. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.046

Sato A.C.K., Cunha R.L., (2009). Effect of particle size on rheological properties of jaboticaba pulp. *J. Food Eng.*, 91, 566-570. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.10.005