

LIDIA ZANDER
ZYGMUNT ZANDER
ELŻBIETA HAPONIUK

Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Olsztyn

Charakterystyki płynięcia deserów skrobiowych

Wprowadzenie

Wzrost zapotrzebowania na dodatki do żywności o właściwościach zagęszczających, żelujących, emulgujących i stabilizujących wynika z rosnącej produkcji żywności przetworzonej przemysłowo [1]. Środki żelujące nadają żywności odpowiednią konsystencję przez wytworzenie żelu, zaś środki zagęszczające prowadzą do podwyższenia lepkości gotowego produktu [2]. Ciekawą i rozwijającą się kategorią na polskim rynku są dania gotowe typu instant, do których należą koncentraty deserów żelujących takie, jak budynie i kisiele. Oferta tych deserów jest bardzo bogata. Duża ich różnorodność wymaga od producentów odpowiedniej znajomości właściwości reologicznych, które są podstawowym kryterium oceny ich jakości i atrakcyjności. W przypadku deserów typu instant jednym z wyróżników ich jakości jest stabilność reologiczna, która ma związek z konsystencją gotowego budyniu lub kisielu.

Celem niniejszej pracy było wyznaczenie charakterystyk płynięcia wybranych deserów typu instant, różnymi metodami pomiarowymi oraz porównanie i ocena przydatności zastosowanych metod pomiarowych przy wyznaczaniu reologicznych cech badanych produktów.

Metodyka badań

Materiał do badań stanowiły handlowe desery „Słodka chwila” Dr. Oetkera: budyń karmelowo-śmietankowy (A) i budyń śmietankowy (B) zawierające w swoim składzie skrobię modyfikowaną E 1422 oraz kisiel wiśniowy (C) produkowany na bazie skrobi ziemniaczanej i kukurydzianej. Próbkę do badań przygotowywano według receptury podanej przez producenta i schładzano do temperatury 25,0,2°C. Pomiaru właściwości reologicznych prowadzono za pomocą reometru Rheotest 2 RV z układem cylindrów koncentrycznych Searla przy rosnących i malejących szybkościach ścinania w zakresie $\dot{\gamma}$ od 0,5218, 50,5 s⁻¹. Ponadto jako czujniki reometryczne zastosowano mieszadła: skrzydełkowe (Ø40 mm/78 mm) i ślimakowe (Ø48 mm/72 mm). Zakres szybkości ścinania dla mieszadeł był wyznaczony doświadczalnie w pracy [3] na podstawie charakterystyki mocy mieszania cieczy o znanej charakterystyce płynięcia.

Przebiegi krzywych płynięcia w każdej serii danych $\sigma = f(\dot{\gamma})$ przybliżano:

– równaniem potęgowym Ostwalda-de Waele,

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

– modelem reologicznym Herschela-Bulkleya

$$\sigma = \sigma_{HB} + K_{HB}\dot{\gamma}_{HB}^n \quad (2)$$

– modelem Cassona

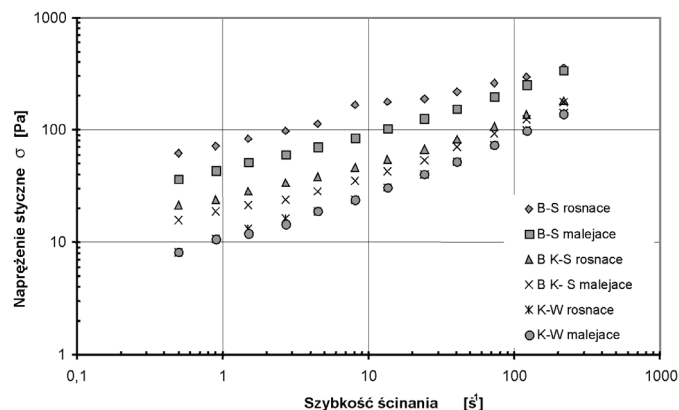
$$\sqrt{\sigma} = \sqrt{\sigma_C} + \sqrt{\eta_C\dot{\gamma}} \quad (3)$$

Wyniki i ich analiza

Otrzymane charakterystyki płynięcia $\sigma = f(\dot{\gamma})$ deserów skrobiowych przedstawiono na rys. 1. Przebieg zmian naprężeń stycznych występujących przy różnych szybkościach ścinania świadczył o nienewtonowskim charakterze płynięcia badanych deserów. Wraz ze wzrostem szybkości ścinania naprężenie styczne zmieniało się w sposób nieliniowy. Uzyskane wyniki dowodzą, że wartości parametrów reologicznych, zależały od rodzaju próbki, kierunku zmian szybkości ścinania $\dot{\gamma}$, a także od metody pomiarowej. Pochylenie linii na wykresie (Rys. 1) wskazują, że wskaźniki płynięcia charakteryzujące badane próbki zmieniały się nieznacznie. Zbliżone charakterystyki otrzymali Tarrega i wsp. [4] w badaniach właściwości reologicznych deserów waniliowych. W wyniku ścinania próbek przy kolejno rosnących, a następnie malejących szybkościach tylko w przypadku budyniu śmietankowego (A) tworzyła się pętla histerezy, świadcząca o właściwościach tiksotropowych tego produktu. W pozostałych przypadkach – tzn. budyniu karmelowo-śmietankowego (B) oraz kisielu wiśniowego (C) krzywe płynięcia otrzymane przy rosnących i malejących szybkościach ścinania pokrywały się, co świadczyło o reologicznej stabilności tych produktów.

Stwierdzono, że desery skrobiowe instant posiadają różną konsystencję, lepkość oraz granicę płynięcia. Wynika stąd, że różnica w składzie gotowego produktu ma znaczny wpływ na właściwości reologiczne badanych mediów, co znajduje również potwierdzenie w publikacjach innych autorów [4–6].

W tabelicy 1 zestawiono wartości statycznej granicy płynięcia σ_0 , otrzymane za pomocą mieszadła skrzydełkowe, a także parametry reologiczne badanych deserów wyznaczone przez obliczenie parametrów równań (1), (2) i (3). Zastosowane modele reologiczne dawały zbliżoną dokładność odwzorowania danych pomiarowych, gdyż we wszystkich przypadkach rozpatrywanych równań regresji współczynnik korelacji R był wysoki i przekraczał wartość 0,99.



Rys. 1. Charakterystyki płynięcia budyniu śmietankowego (A), budyniu karmelowo-śmietankowego (B) i kisielu wiśniowego (C) wyznaczone za pomocą układu cylindrów koncentrycznych

Tablica 1

Charakterystyka reologiczna badanych deserów skrobiowych

Parametr reologiczny	Kierunek zmian szybkości ścinania [s ⁻¹]	Nazwa produktu								
		Budyń śmietankowy A			Budyń karmelowo-śmietankowy B			Kisiel wiśniowy C		
		Metoda pomiarowa								
		S/S2	MS	MŚ	S/S2	MS	MŚ	S/S2	MS	MŚ
K [Pa s ⁿ]	↑	76,53	30,55	17,49	59,18	18,84	19,72	10,34	3,16	2,61
	↓	43,09	29,24	16,55	35,60	15,44	15,95	9,98	3,05	2,59
n [-]	↑	0,29	0,27	0,28	0,32	0,24	0,25	0,45	0,37	0,36
	↓	0,36	0,26	0,29	0,36	0,37	0,27	0,46	0,38	0,35
σ_{HB} [Pa]	↑	20,98	9,59	12,96	12,47	5,44	14,32	6,97	2,73	2,01
	↓	28,54	15,79	14,46	15,05	3,22	1,69	5,93	0,99	2,04
K_{HB} [Pa s ⁿ]	↑	14,40	36,17	44,54	51,02	31,17	58,34	4,42	2,42	5,91
	↓	17,86	25,76	40,59	17,97	25,28	49,49	4,83	2,31	5,30
n_{HB} [-]	↑	0,52	0,30	0,35	0,34	0,22	0,23	0,63	0,60	0,48
	↓	0,53	0,36	0,35	0,51	0,25	0,28	0,61	0,93	0,51
η_c [Pas]	↑	0,46	0,57	2,67	0,52	1,06	1,98	0,36	0,39	0,70
	↓	0,66	0,60	2,78	0,64	1,26	2,40	0,35	0,31	0,71
σ_c [Pa]	↑	91,78	38,66	32,31	70,88	23,96	44,57	10,29	2,68	3,60
	↓	45,35	34,28	30,37	35,34	16,82	27,91	10,23	1,59	3,24
Granica płynięcia σ_0 [Pa]	-	79,71			46,19			7,69		

S/S2 układ *Searla*, MS – mieszadło skrzydełkowe, MŚ – mieszadło ślimakowe, kierunek zmian szybkości ścinania ↑ – rosnący, ↓ – malejący.

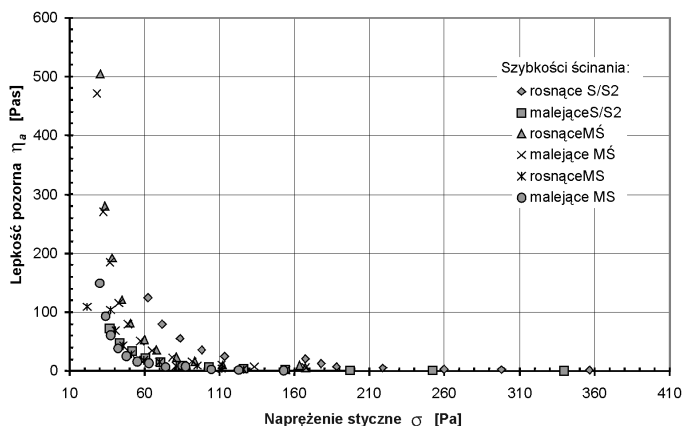
Zmiany lepkości otrzymanej za pomocą poszczególnych elementów pomiarowych w funkcji naprężeń ścinających miały zbliżony charakter przebiegu, ale wartości liczbowe lepkości pozornej η_a były różne. Relacje te zilustrowano na rys. 2. na przykładzie danych otrzymanych dla budyniu śmietankowego. Bardzo wysokie wartości lepkości pozornej odpowiadające małym naprężeniom ścinającym sugerują, że granica płynięcia jest cechą charakterystyczną dla reologicznych zachowań badanych deserów. Wynika stąd potrzeba traktowania równania potęgowego jako przybliżenia ułatwiającego prowadzenie obliczeń procesowych, podczas gdy rzeczywiste właściwości tego rodzaju produktów lepiej oddają równania *Herschela-Bulkleya* lub *Cassona*.

Wnioski

1. Badane desery skrobiowe w polu naprężeń ścinających zachowują się, jak rozrzedzane ścinaniem cieczy z granicą płynięcia.
2. Model potęgowy może być traktowany jako przybliżenie krzywych płynięcia deserów skrobiowych, ale nie oddaje on rzeczywistego charakteru płynięcia tych produktów.
3. Różne mieszadła stosowane do pomiarów lepkości pozornej deserów prowadzą do uzyskania różnych wartości liczbowych lepkości.

Oznaczenia

- K – współczynnik konsystencji, [Pa · sⁿ]
 η – lepkość, [Pa · s]
 n – wskaźnik płynięcia,
 σ_c – granica płynięcia, [Pa] – równ. (3)
 R – współczynnik korelacji, [-]
 σ – naprężenie styczne, [Pa]
 $\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania, [s⁻¹]



Rys. 2. Lepkość pozorna budyniu śmietankowego w funkcji naprężeń ścinających

σ_{HB} – granica płynięcia, [Pa] – równ. (2)

η_c – lepkość *Cassona*, [Pa]

σ_y – statyczna granica płynięcia, [Pa]

HB – indeks dotyczy modelu *Herschela-Bulkleya* – równ. (2)

C – indeks dotyczy modelu *Cassona* – równ. (3)

LITERATURA

1. J. Czapski: Przem. Ferm. Owoc.-Warz. 2, 7 (2001).
2. F. Świdzki, B. Waszkiewicz-Robak: Przem. Spoż. 3, 12 (2001).
3. L. Zander, Z. Zander, E. Haponiuk: Polish J. Natur. Sc., 11, nr 2, 133 (2002).
4. A. Tarrega, L. Duran, E. Costell: Int. Dairy J. 14, 345 (2004).
5. Rungnapnar Pongsawatmanit, Suwapat Srijunthongsiri: J. Food Eng. 88, 13, (2008).
6. T. Fortuna, D. Gałkowska, L. Juszcak: Acta Sci. Pol. Technol. Aliment. 3 (1), 21 (2004).