

GRZEGORZ PROBOLA  
 ZYGMUNT ZANDER  
 ELŻBIETA HAPONIUK

Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn

# Zastosowanie konsystometru rynnowego do oceny konsystencji wybranych produktów spożywczych

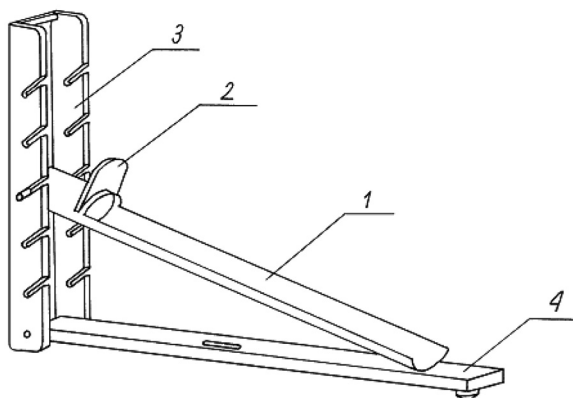
## Wprowadzenie

Dynamicznie rozwijający się rynek produktów żywnościowych wytwarzanych na bazie koncentratu pomidorowego, takich jak ketchupy i różnego rodzaju sosy: do kanapek, sałatek i dań z grilla, stwarza potrzebę bieżącej oceny jakości tych wyrobów. Standardowym przyrządem do oceny konsystencji ketchupów, będącej istotnym wyróżnikiem ich jakości, od wielu lat pozostaje konsystometr *Bostwicka*. Test *Bostwicka* jest metodą empiryczną, uzyskany wynik nie daje żadnych bezpośrednich informacji o właściwościach reologicznych produktu [1]. Występujące tu zjawisko grawitacyjnego przepływu płynu nieniuutonowskiego w otwartym kanale stanowi złożony problem, który dopiero w ostatnich latach doczekał się satysfakcjonujących rozwiązań teoretycznych [2, 3]. Konsystometr *Bostwicka*, używany głównie w przemyśle, znajduje również zastosowanie w badaniach naukowych: *Haley* i *Smith* [4] użyli go w pracy poświęconej zastosowaniu fotometrii absorpcyjnej do monitorowania *on-line* konsystencji zagęszczonych produktów pomidorowych, a *Germain* i in. [5] posługiwali się nim przy ustalaniu charakterystyki reologicznej zimnych, zagęszczonych napojów klinicznie efektywnych przy leczeniu dysfagii.

Celem pracy było przetestowanie prostego urządzenia do oceny konsystencji – konsystometru rynnowego, który mógłby stanowić alternatywę dla konsystometru *Bostwicka* do oceny konsystencji półpłynnych produktów żywnościowych.

## Opis konstrukcji

Zasadniczym elementem konsystometru rynnowego (Rys. 1) jest rynna – 1 wycięta z rury o średnicy 50 mm. Z jednej strony stanowi ona tor płynięcia cieczy, a drugi, zaślepiiony koniec, tworzy zbiornik, który przed pomiarem napełnia



Rys. 1. Konsystometr rynnowy: 1 – rynna, 2 – przegroda, 3 – ramię, 4 – podstawa

się badaną cieczą. Po ustalonym czasie (np. 20 s) od chwili uniesienia przegrody dokonuje się odczytu przebytej przez ciecz drogi  $L$  z dokładnością  $\pm 0,5$  cm. Konstrukcja konsystometru umożliwia wykonanie pomiarów przy pochyleniu rynny w zakresie  $4\text{--}45^\circ$  w odstępach co  $5^\circ$ .

## Materiały i metody

Materiał do badań stanowiło dziewięć rynkowych półpłynnych produktów spożywczych zakupionych w supermarkecie: ketchupy *Dawtona*, *Heinz*, *Ybarra*, sosy *Barbecue* (*Pudliszki*) i *Meksykański* (*Pudliszki*), przecier pomidorowy (*Pudliszki*) i koncentrat pomidorowy (*Dawtona*) – produkowane na bazie koncentratu pomidorowego, oraz sos musztardowy i mus jabłkowy.

Przeprowadzono pomiary drogi płynięcia badanych cieczy w konsystometrze rynnowym w czasie 20 s przy 9 kątach pochylenia rynny w zakresie  $5\text{--}45^\circ$ . Testy wykonano w temperaturze pokojowej  $20\text{--}22^\circ\text{C}$ . Pomiary reologiczne przeprowadzono reometrem rotacyjnym *Rheostress 1* firmy *Haake* na układzie cylindrów współosiowych w temperaturze  $23^\circ\text{C}$ . Uzyskane krzywe płynięcia opisano modelem *Ostwalda de Waele* przy współczynniku korelacji  $R$  od 0,981 do 0,999. Zawartość suchej substancji w badanych produktach wyznaczono metodą suszarkową.

## Wyniki i wnioski

Zależność drogi płynięcia  $L$  od kąta pochylenia rynny  $\alpha$  dla tych produktów oraz ketchupu *Ybarra* przedstawiono na rys. 1, zaś na rys. 2 odpowiadające im krzywe płynięcia uzyskane za pomocą reometru. W tabelicy 1 przedstawiono wyniki pomiarów przeprowadzonych w konsystometrze rynnowym – drogę płynięcia w cm przy różnych kątach pochylenia rynny (średnią z 5 powtórzeń) i parametry reologiczne: współczynnik konsystencji  $K$  i wskaźnik płynięcia  $n$  oraz zawartość suchej substancji  $x_{ss}$  w badanych produktach. Najbardziej gęstą konsystencję miał koncentrat pomidorowy, najłatwiej płynął przecier pomidorowy.

Tablica 2 przedstawia współczynniki korelacji pomiędzy drogą płynięcia  $L$  w konsystometrze rynnowym przy różnych kątach pochylenia rynny a współczynnikami konsystencji  $K$ , wskaźnikiem płynięcia  $n$  oraz zawartością suchej substancji  $x_{ss}$  w badanych produktach. Zwraca uwagę występowanie silnej ujemnej korelacji pomiędzy drogą płynięcia  $L$  a współczynnikiem konsystencji  $K$  przy wszystkich niemal kątach pochylenia rynny. Z kolei droga płynięcia  $L$  z wskaźnikiem płynięcia  $n$  wykazuje wysoko istotne dodatnie korelacje tylko przy najmniejszych kątach pochylenia rynny (kąty  $5^\circ$  i  $10^\circ$ ).

**Tablica 1**  
Droga płynięcia  $L$  [cm] w konsystometrze rynnowym, współczynnik konsystencji  $K$  i wskaźnik płynięcia  $n$  oraz zawartość suchej substancji  $x_{ss}$  [%] w badanych produktach

Produkt	Kąt pochylenia rynny									Parametry reologiczne		Zaw. ss [%]
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	$K$	$n$	$x_{ss}$
Koncentrat pomidorowy	3,9	4,8	6,2	8,9	12,2	16,0	20,6	24,2	27,8	39,5	0,198	27,5
Przecier pomidorowy	8,1	11,8	16,8	26,6	36,1	44,5	-*	-*	-*	13,5	0,273	8,2
Sos Barbecue	6,2	8,4	10,5	13,6	17,8	22,7	27,5	30,4	33,3	24,6	0,366	21,5
Sos Meksykański	7,4	10,1	14,5	20,2	26,3	32,3	37,2	42,9	-*	19,9	0,363	29,1
Sos Musztardowy	5,7	7,1	10,2	14,4	19,3	23,4	29,1	32,7	40,7	27,7	0,259	21,1
Ketchup Dawtona	6,9	8,8	11,3	14,4	19,6	25,2	31,5	37,4	40,8	23,6	0,352	18,7
Ketchup Heinz	4,9	6,3	8,3	11,9	16,8	20,4	27,6	32,5	38,0	32,2	0,225	27,9
Ketchup Ybarra	7,3	9,7	14,0	20,4	25,5	33,5	40,0	-*	-*	15,6	0,320	25,5

\* Brak danych oznacza, że czas spływu próbki powinien być krótszy niż 20s

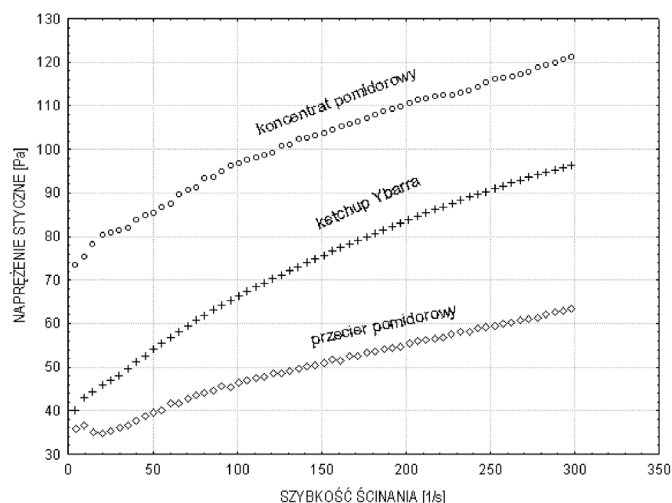
Pomiędzy drogą płynięcia a zawartością suchej substancji  $x_{ss}$  istotną korelację stwierdzono tylko przy kącie pochylenia rynny równym 15°.

**Tablica 2**  
Współczynniki korelacji pomiędzy drogą płynięcia a współczynnikiem konsystencji  $K$ , wskaźnikiem płynięcia  $n$  oraz zawartością suchej substancji  $x_{ss}$  w badanych produktach

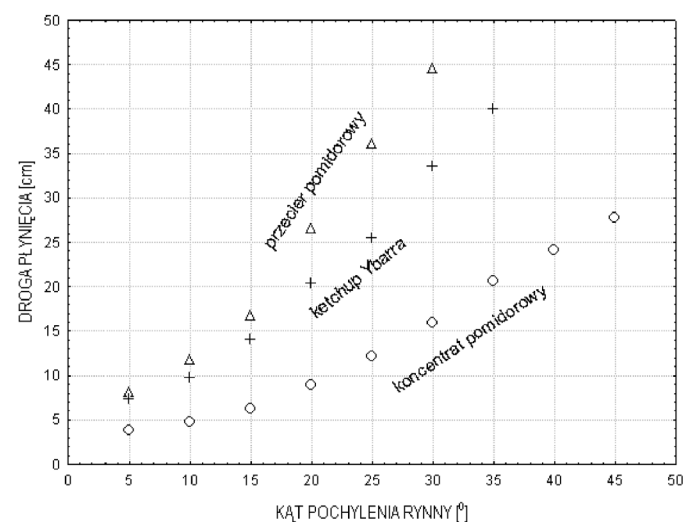
Kąt $\alpha$	$K$	$n$	$x_{ss}$
5°	-0,87*	0,92**	-0,44
10°	-0,89*	0,96**	-0,44
15°	-0,98**	0,76	-0,83*
20°	-0,95**	0,65	-0,77
25°	-0,90*	0,70	-0,51
30°	-0,89*	0,81*	-0,46
35°	-0,89*	0,67	-0,54
40°	-0,81*	0,51	-0,62
45°	-0,67	0,22	-0,60

\*\* Korelacja wysoko istotna  $P \leq 0,01$

\* Korelacja istotna  $P \leq 0,05$



**Rys. 3.** Zależność między naprężeniem stycznym a szybkością ścinania dla wybranych produktów



**Rys. 2.** Droga płynięcia dla wybranych produktów po czasie 20 s w konsystometrze rynnowym przy różnych kątach pochylenia rynny

Otrzymane wyniki dowodzą, że opracowane urządzenie może mieć zastosowanie do oceny konsystencji wielu półpłynnych produktów żywnościowych. Dla produktów o mniejszej lepkości odpowiednie są małe kąty pochylenia rynny, a duża długość rynny zapewnia dobrą dokładność pomiarów. Dla wyrobów bardziej lepkości należy stosować większe kąty pochylenia. Wyniki pomiarów drogi płynięcia w konsystometrze rynnowym wykazały silną korelację z współczynnikiem konsystencji  $K$  próbek. Dodatkowymi zaletami przedstawionego tu urządzenia jest prostota konstrukcji (mały koszt ewentualnej produkcji) oraz łatwość i szybkość wykonywania pomiarów. Istnieje też możliwość stosowania kilku wymiennych rynien w przypadku szerokiego asortymentu produktów o zróżnicowanych właściwościach reologicznych.

## LITERATURA

1. M.C. Bourne: Food texture and viscosity: concept and measurement. Academic Press, Londyn, 2002.
2. P. Perona: Appl. Rheol. **15**, 218, (2005).
3. N. J. Balmforth, R.V. Craster, P. Perona, A.C. Rust, R. Sassi: J. Non-N. Fluid Mech. **142**, nr 1-3, 63 (2007).
4. T.A. Haley, R.S. Smith: Lebensm.-Wiss. U.-Technol. **36**, 159, (2003).
5. I. Germain, T. Dufresne, H.S. Ramaswamy: J. Food Eng. **73**, nr 1, 64 (2006).