

LESŁAW JUSZCZAK, TERESA FORTUNA, MAŁGORZATA MAZIARZ

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE KETCHUPÓW HANDLOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie wybranych właściwości reologicznych ketchupów handlowych. Materiał badawczy stanowiło sześć ketchupów producentów krajowych. W badaniach wykorzystano reometr rotacyjny z układem współosiowych cylindrów. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że chociaż wszystkie badane ketchupy można zaliczyć do jednej kategorii cieczy - pseudoplastycznych z granicą płynięcia, to wykazują one odmiennie właściwości. Ponadto stwierdzono występowanie zjawiska tiksotropii oraz różnice w zmianach lepkości pozornej badanych ketchupów w czasie oraz wraz ze wzrostem temperatury

Wstęp

Ketchup jest sosem warzywnym produkowanym na bazie koncentratu pomidorowego z dodatkiem: cukru, octu, soli i różnorodnych przypraw. Według Elknera i Krajewskiego [4], najlepsze odmiany pomidorów do produkcji ketchupu to *Karat* i *Kmicic*. W technologii produkcji ketchupu stosuje się również substancje dodatkowe do żywności: konserwujące, wzmacniające smak, żelujące i zagęszczające [6, 16, 20, 22].

Możliwość wzbogacania smaku potraw, łatwość użycia oraz asortyment ketchupów oferowany przez handlowców zachęcają konsumentów do stosowania tego sosu. Dlatego też spożycie ketchupu w ostatniej dekadzie znacznie wzrosło [7]. Konsumentci zwracają szczególną uwagę na smak i konsystencję ketchupu [2]. Ketchup, który służy do potraw lub taki, który trudno wytrząsnąć z opakowania nie będzie akceptowany przez potencjalnych nabywców.

Na właściwości reologiczne ketchupu wpływ ma z jednej strony odpowiednia jakość zastosowanego surowca, a z drugiej dodatek substancji zagęszczających. Chociaż

Bottiglieri i wsp. [3] nie stwierdzili korelacji pomiędzy zawartością pektyn a właściwościami reologicznymi, to sugerują oni, że to właśnie te składniki surowca mają na nie wpływ. Zaobserwowano również, że lepkość pulpy pomidorowej zależy od odmiany pomidorów [10]. Pomiar reologiczny, dzięki którym można tworzyć pożądaną konsystencję ketchupu, ułatwiają dobór odpowiedniego surowca oraz właściwej substancji zagęszczającej [13]. Wykorzystanie badań reologicznych w połączeniu z analizą sensoryczną okazuje się często niezbędne w projektowaniu nowych produktów lub modyfikacji już istniejących. Jakość i właściwości ketchupu zależą również od zastosowanej technologii. Porretta [12] wykazał istotne różnice w jakości i składzie ketchupów produkowanych w USA i we Włoszech.

Ze względu na znaczne spożycie ketchupu podjęto również próby wzbogacenia tego sosu w białko. Thakur i wsp. [19] stwierdzili, że dodatek białek sojowych powoduje wzmocnienie konsystencji, obniża stopień separacji serum oraz korzystnie wpływa na walory sensoryczne sosu.

Badanie właściwości reologicznych produktów spożywczych stanowi jedną z metod oceny ich jakości, dlatego celem niniejszej pracy była analiza wybranych właściwości reologicznych ketchupów handlowych.

Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowiło sześć rodzajów ketchupów handlowych polskich producentów. Poszczególne próbki oznaczono symbolami od K1 do K6. W przypadku wszystkich badanych ketchupów, w trakcie ich produkcji wykorzystano dodatek substancji zagęszczających. Sosy o symbolach K1, K2, K3, K5, K6 były zagęszczone acetylowanym adypinianem diskrobiowym (E 1422), natomiast sos K4 – hydroksypropylovanym fosforanem diskrobiowym (E 1442). Dodatkowo w produkcji ketchupu K1 zastosowano gumę ksantanową (E 415).

Pomiar właściwości reologicznych wykonano z wykorzystaniem reometru rotacyjnego Rheolab MC1 (Physica Meßtechnik GmbH), w układzie współosiowych cylindrów (średnice cylindrów: zewnętrzny 27,12 mm, wewnętrzny 25,00 mm). Przed pomiarem badane próbki były relaksowane i termostatowane w elemencie pomiarowym reometru w temperaturze pomiaru, w czasie 10 minut. Wyznaczono:

- 1) krzywe płynięcia z kontrolowaną szybkością ścinania w zakresie $5 - 600 \text{ s}^{-1}$ (przy wzrastającej i malejącej szybkości ścinania) w czasie 20 min., w temperaturze $25 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Otrzymane krzywe opisano modelami Herschley-Bulkley'a i Ostwalda de Waele'a oraz obliczono pole powierzchni histerezy tiksotropii [14, 18]

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n \quad \tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

gdzie:

- τ - napężenie ścinające [Pa],
 $\dot{\gamma}$ - szybkość ścinania [s^{-1}],
 τ_0 - granica płynięcia [Pa],
 K - współczynnik konsystencji [$Pa \cdot s^n$],
 n - wskaźnik płynięcia.

- 2) krzywe zależności lepkości pozornej (przy szybkości ścinania $150 s^{-1}$) od temperatury, w zakresie od 8 do $35^{\circ}C$ (281–308 K). Uzyskane krzywe eksperymentalne opisano równaniem Arrheniusa [14]:

$$\eta_p = \eta_{\infty p} \cdot \exp^{(E/R \cdot T)}$$

gdzie:

- η_p - lepkość pozorna [$Pa \cdot s$],
 $\eta_{\infty p}$ - stała materiałowa [$Pa \cdot s$],
 E - energia aktywacji płynięcia [J/mol],
 R - stała gazowa [$J/(K \cdot mol)$],
 T - temperatura [K].

- 3) krzywe zależności lepkości pozornej (przy szybkości ścinania $150 s^{-1}$) od czasu ścinania w zakresie 0 - 60 min., w temperaturze $25 \pm 0,2^{\circ}C$. Uzyskane dane eksperymentalne opisano funkcją potęgową lub liniową:

$$\eta_p = B \cdot t^A \text{ lub } \eta_p = A \cdot t + B$$

gdzie:

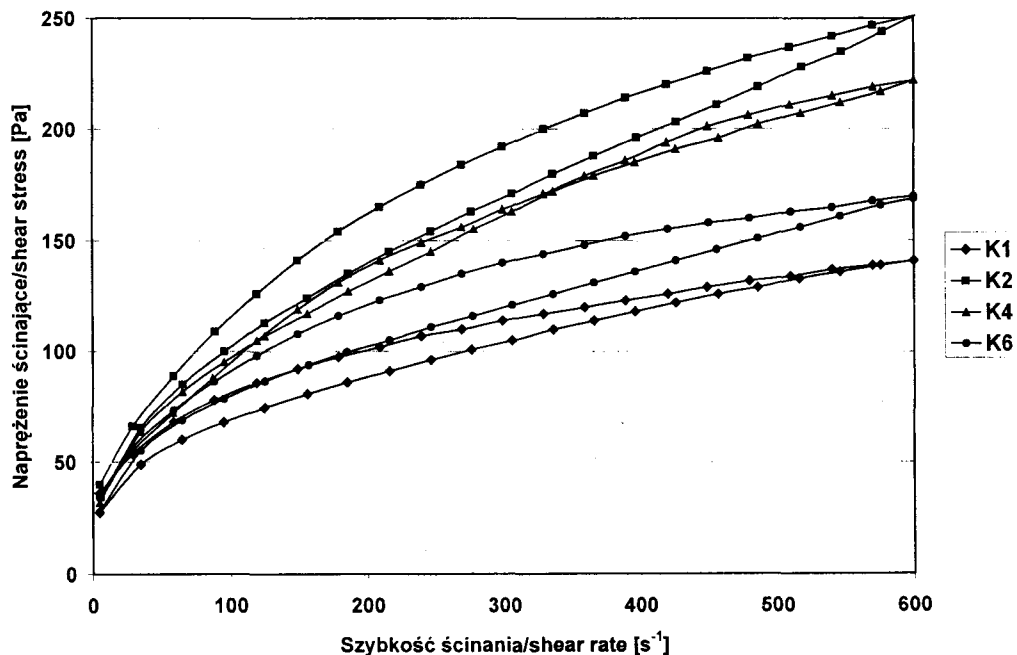
- η_p - lepkość pozorna [$Pa \cdot s$],
 t - czas [min],
 A, B - stałe równania.

Rejestracje pomiarów i obliczenia wykonano stosując program komputerowy US 200 (Physica Meßtechnik GmbH).

Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono przykładowe krzywe płynięcia badanych ketchupów. Natomiast wartości parametrów modeli reologicznych, którymi opisano krzywe eksperymentalne zestawiono w tab. 1. Wszystkie próbki wykazywały przepływ nienewtonowski, pseudoplastyczny z granicą płynięcia i wyraźną pętlą histerezy tiksotropii.

Potwierdza to wcześniejsze obserwacje innych badaczy [3, 8, 11, 21]. Największe wartości naprężeń ścinających wykazywał ketchup K2, natomiast najmniejsze K1. Ketchup K2 osiągnął największą wartość naprężenia ścinającego w maksymalnej zaprogramowanej szybkości ścinania na poziomie około 250 Pa. Próbki K5 i K6 odznaczały się identyczną wartością naprężenia ścinającego przy maksymalnie zadanej szybkości ścinania. Natomiast w niższym zakresie szybkości ścinania odznaczały się one różnym przepływem.



Rys. 1. Krzywe płynięcia badanych ketchupów. Symbolami K1 do K6 oznaczono poszczególne próbki ketchupów.

Fig. 1. Flow curves of investigated ketchup. The symbols from K1 to K6 were used to marking particular ketchup samples.

Badane próbki wykazywały granicę płynięcia τ_0 w zakresie od 1,57 Pa (ketchup K6) do 18,20 Pa (ketchup K4) (tab. 1). Uzyskane wartości granicy płynięcia są wynikiem dopasowania modelu Herschley-Bulkley'a do krzywych eksperymentalnych i według Leong-Poi i Allena [8] są one niższe w stosunku do wartości uzyskanych według modelu Cassona oraz metodą z wykorzystaniem wirnika łopatkowego. Wielkość granicy płynięcia odgrywa dużą rolę nie tylko w procesach przemysłowych, ale wpływa również na postrzeganie jakości ketchupu przez konsumentów. Ze względu na odmienność surowca, stosowanych technologii produkcji i dodatków zagęszczających trudno o bezpośrednie porównanie uzyskanych wyników z danymi literaturowymi.

Ponadto do wyznaczania wartości granicy płynięcia stosuje się różne typy reometrów, układów pomiarowych, temperatury i zakresy szybkości ścinania w trakcie eksperymentu. Przykładowo, Bottiglieri i wsp. [3] podają wartości granicy płynięcia ketchupów według modelu Herschley-Bulkley'a w zakresie 13,05 do 32,00 Pa, natomiast Barbosa-Conovas i Peleg [1] wartość 24,0 Pa. Stosując ten sam model, Hanza-Chaffai [5] wyznaczył mniejszą wartość granicy płynięcia (12,4 Pa). Ponadto wartości granicy płynięcia zależą od trybu pracy reometru (kontrolowana szybkość ścinania czy kontrolowane naprężenie ścinające) [21].

Tabela 1

Wartości parametrów modeli reologicznych, którymi opisano krzywe płynięcia
Values of rheological parameters for obtained flow curves

Rodzaj ketchupu <i>Type of ketchup</i>	Model Herschley Bulkley'a <i>Herschley's Bulkley's model</i>				Model Ostwalda de Waele'a <i>Ostwald de Waele's model</i>			Powierzchnia histerezy tiksotropii <i>Thixotrophy histeresis area</i>
	τ_0 [Pa]	K [Pa·s ⁿ]	n	R ²	K [Pa·s ⁿ]	n	R ²	S [Pa/(s·cm ³)]
K1	7,52	15,22	0,34	0,9996	19,72	0,31	0,9997	268,5
K2	11,87	11,18	0,48	0,9979	16,29	0,43	0,9988	556,2
K3	5,01	7,54	0,48	0,9994	9,70	0,44	0,9997	313,5
K4	18,20	5,80	0,56	0,9980	12,59	0,45	0,9983	90,3
K5	7,97	10,44	0,44	0,9805	14,32	0,40	0,9833	624,6
K6	1,57	16,74	0,37	0,9969	17,65	0,36	0,9971	460,6

Wartości współczynnika konsystencji K badanych ketchupów według modelu Herschley-Bulkley'a (tab. 1) mieściły się w przedziale od 5,80 Pa·sⁿ (ketchup K4) do 16,74 Pa·sⁿ (próbka K6). Można tu zaobserwować interesującą zależność, mianowicie próbka K6 o najmniejszej granicy płynięcia wykazywała największą wartość współczynnika konsystencji i odwrotnie sos K4 o największej granicy płynięcia charakteryzował się najmniejszym współczynnikiem konsystencji. Takie zachowanie się tych dwóch sosów może być związane z ich strukturą stabilizowaną przez dodatek skrobi modyfikowanych. W przypadku ketchupu K4 większa wartość granicy płynięcia może świadczyć o trwałej i sztywnej strukturze, która po przekroczeniu progu płynięcia zostaje na tyle zniszczona, że próbka ta wykazuje małą wartość współczynnika konsystencji. Struktura sosu K6 wydaje się być bardziej elastyczna i podatna na działanie małych sił ścinających, stąd mniejsza wartość granicy płynięcia. Obserwowane różnice mogą wynikać między innymi z odmienności zastosowanych dodatków zagęszczających. Mianowicie w przypadku ketchupu K6 zastosowano acetylowany adypinian

diskrobiowy, natomiast do zagęszczenia sosu K4 użyto hydroksypropylowanego fosforanu diskrobiowego, który znany jest z możliwości sieciowania struktur. Odmienne zachowywał się ketchup K3. Wykazywał on niskie wartości granicy płynięcia, jak i współczynnika konsystencji. Wskazuje to na jego gorsze właściwości reologiczne w porównaniu z pozostałymi sosami.

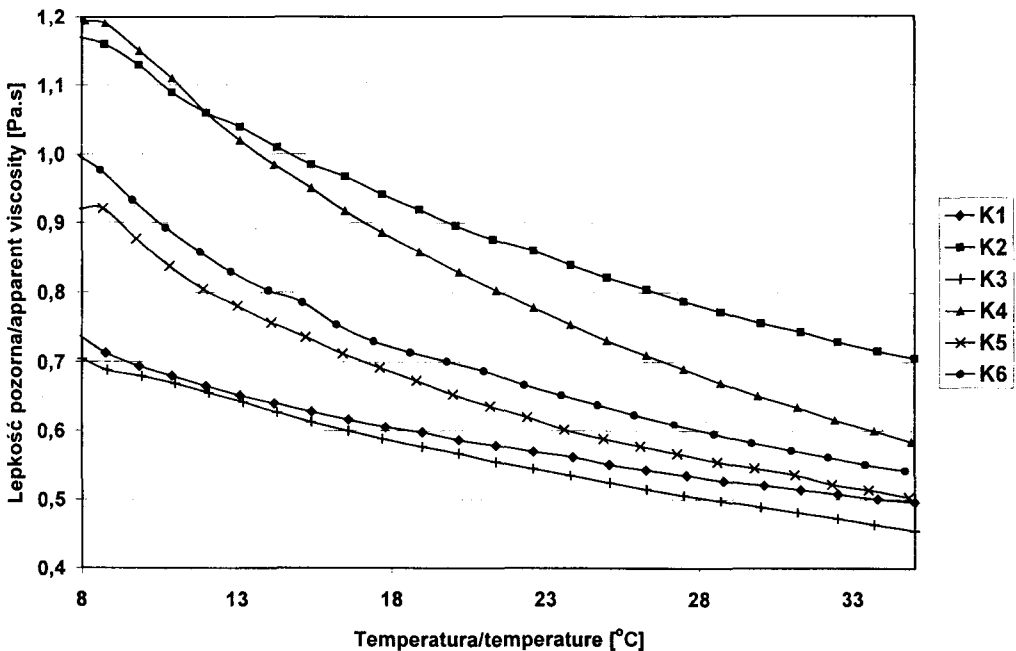
Wartości wskaźnika płynięcia n według modelu Herschley-Bulkley'a mieściły się w granicach od 0,34 (ketchup K1) do 0,56 (próbka K4). Wielkości te są typowe w odniesieniu do cieczy nienewtonowskich pseudoplastycznych. Stosując ten sam model Bottiglieri i wsp. [3] podają mniejszy zakres wskaźnika płynięcia ketchupów (0,44–0,52). Uzyskali oni również znacznie mniejsze wartości współczynników konsystencji (2,09–6,12 Pa·sⁿ). Również niższe wartości wskaźnika płynięcia ketchupów podają inni autorzy [1, 5].

W tab. 1. zestawiono także parametry reologiczne modelu potęgowego Ostwalda de Waele'a. Wartości współczynnika konsystencji K kształtowały się na wyższym poziomie i wynosiły od 9,70 Pa·sⁿ (ketchup K3) do 19,72 Pa·sⁿ (próbka K1), natomiast wskaźnik płynięcia n mieścił się w granicach od 0,31 (próbka K1) do 0,44 (próbka K4). Bottiglieri i wsp. [3] podają zbliżony zakres wartości współczynnika konsystencji według tego modelu, ale niższe wartości wskaźnika płynięcia. Natomiast Runyon i McCarthy [15] badając ketchupy stwierdzili większe wartości obydwu parametrów modelu Ostwalda de Waele'a. Zastosowane równania reologiczne, opisujące krzywe płynięcia, wykazywały dobre dopasowanie ($R^2 > 0,98$) do danych eksperymentalnych (tab. 1). Jednak model Herchley-Bulkley'a wydaje się być lepszy, ponieważ uwzględnia wartości granicy płynięcia. Również inni autorzy zalecają ten model do opisu krzywych płynięcia ketchupów [3, 5].

Wszystkie badane ketchupy w różnym stopniu wykazywały zjawisko tiksotropii, widoczne jako niepokrywanie się krzywych płynięcia uzyskanych przy wzrastającej i malejącej szybkości ścinania. Wartości pól powierzchni pętli histerezy zestawiono w tab. 1. Według Schramma [18] wielkość ta jest „miarą energii” potrzebnej do zniszczenia struktury tiksotropowej. Największą wartością powierzchni histerezy tiksotropii odznaczał się ketchup K5, natomiast najmniejszą K4. W przypadku tego ostatniego, może to być związane z dodatkiem hydroksypropylowanego fosforanu diskrobiowego jako substancji zagęszczającej. Preparat ten ze względu na zdolności sieciujące może powodować odbudowę zniszczonej struktury w krótkim czasie.

Na rys. 2. pokazano zależności lepkości pozornej od temperatury w zakresie od 8 do 35°C. Największymi wartościami lepkości pozornej w temperaturze 8°C charakteryzowały się ketchupy K2 i K4, natomiast najmniejszymi próbki K1 i K3. Największy spadek lepkości pozornej zaobserwowano w przypadku ketchupu K4, który wykazywał największą wartość energii aktywacji płynięcia E (19,19 kJ/mol) (tab. 2). Natomiast w najmniejszym stopniu obniżyła się lepkość pozorna ketchupu K1, który wyka-

zywał najmniejszą wartość energii aktywacji płynięcia (9,88 kJ/mol). Niższy zakres energii aktywacji płynięcia ketchupów (5,51 do 13,24 kJ/mol) podają Bottigliri i wsp. [3]. Autorzy ci nie podają natomiast wartości stałej materiałowej $\eta_{\infty p}$. Obserwowane różnice w wartościach energii aktywacji płynięcia mogą wynikać z odmienności próbek oraz warunków prowadzenia eksperymentu. Natomiast oczywista jest tu zależność, że im większa energia aktywacji płynięcia tym mniejsza wartość stałej materiałowej $\eta_{\infty p}$. Zastosowane równanie Arrheniusa wykazywało dobry stopień dopasowania do danych eksperymentalnych ($R^2 > 0,9895$).



Rys. 2. Zależność lepkości pozornej od temperatury (szybkość ścinania 150 s^{-1}). Symbolami K1 do K6 oznaczono poszczególne próbki ketchupów.

Fig. 2. Apparent viscosity versus temperature (shear rate 150 s^{-1}). The symbols from K1 to K6 were used to marking particular ketchup samples.

Na rys. 3. pokazano krzywe zmiany lepkości pozornej podczas stałego ścinania (szybkość ścinania = 150 s^{-1}) w czasie 0 - 60 min. Można tutaj wyróżnić dwa typy zachowań badanych sosów. Ketchupy K1, K3 i K5 wykazywały gwałtowny spadek lepkości pozornej, szczególnie w pierwszych 20 minutach testu, stąd w ich przypadku lepszy opis danych eksperymentalnych daje równanie potęgowe, w którym współczynnik B odpowiada początkowej lepkości pozornej układu, natomiast współczynnik A świadczy o kierunku i wielkości zmian tej lepkości (tab. 3).

Tabela 2

Wartości parametrów równania Arrheniusa.
Values of parameters for Arrhenius's equation.

Rodzaj ketchupu <i>Type of ketchup</i>	η_{app} [Pa·s] x 10 ⁻⁴	E [kJ/mol]	R ²
K1	103,04	9,88	0,9951
K2	35,01	13,59	0,9978
K3	49,64	11,58	0,9992
K4	3,22	19,19	0,9908
K5	8,95	16,13	0,9903
K6	10,79	15,84	0,9895

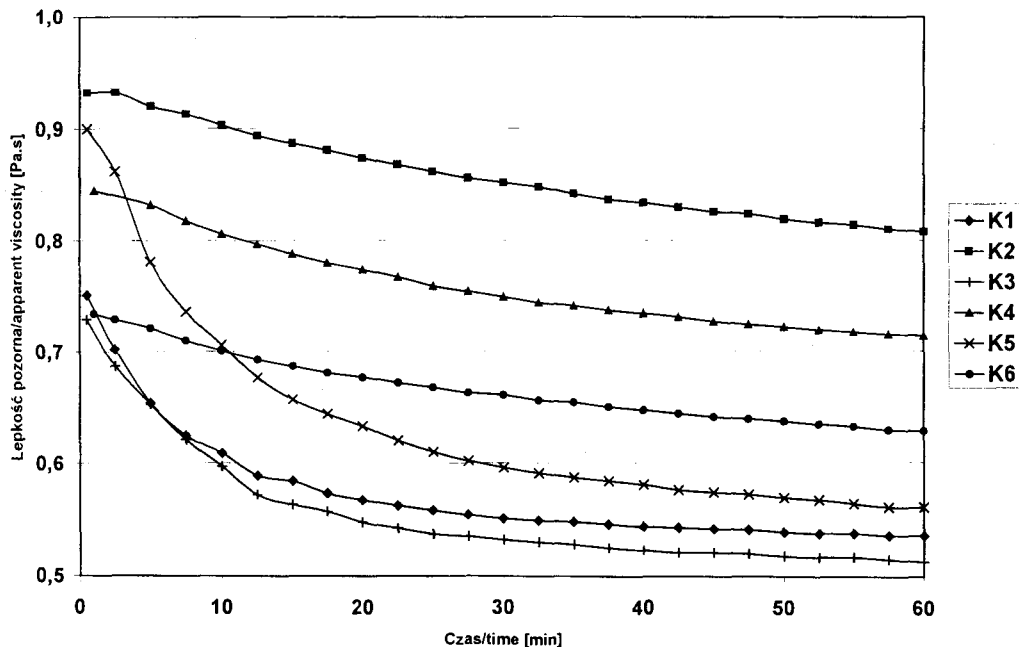
Analogicznie w przypadku ketchupów K2, K4 i K6, których lepkość pozorna w czasie tego testu malała (ujemne wartości współczynnika A) w sposób zbliżony do liniowego. Największymi wartościami lepkości pozornej w pierwszej minucie testu charakteryzowały się ketchupy K5 i K2, natomiast najmniejszymi próbki K1 i K3. Ketchup K5 wykazywał największy spadek lepkości pozornej w zastosowanych warunkach eksperymentu (A = - 0,1328).

Tabela 3

Wartości parametrów równań opisujących zmiany lepkości pozornej w czasie.
Values of parameters for equations describing changes of apparent viscosity during time.

Rodzaj ketchupu <i>Type of ketchup</i>	A	B	R ²
	$\eta_p = B \cdot t^A$		
K1	-0,0794	0,7294	0,9753
K3	-0,0895	0,7289	0,9650
K5	-0,1328	0,9489	0,9892
	$\eta_p = A \cdot t + B$		
K2	-0,0021	0,9222	0,9674
K4	-0,0021	0,8242	0,9276
K6	-0,0017	0,7151	0,9494

Obserwowane różnice we właściwościach reologicznych są między innymi związane z rodzajem zastosowanego dodatku zagęszczającego. Wśród skrobi modyfikowanych często jest stosowany acetylowany adypinian diskrobiowy (E 1422), czego dowodem jest jego dodatek aż do pięciu badanych ketchupów.



Rys. 3. Zależność lepkości pozornej od czasu (szybkość ścinania 150 s^{-1}). Symbolami K1 do K6 oznaczono poszczególne próbki ketchupów.

Fig. 3. Apparent viscosity versus time (shear rate 150 s^{-1}). The symbols from K1 to K6 were used to marking particular ketchup samples.

Według Walkowskiego i Lewandowicz [20] produkty z jego dodatkiem charakteryzują się dobrymi cechami reologicznymi i sensorycznymi. Kleiki tego zagęstnika odznaczają się wysoką lepkością oraz odpornością na działanie sił ścinających oraz kwaśne środowisko [20]. Również inni autorzy [22] stwierdzili, że ketchup z dodatkiem tego zagęstnika odznacza się dobrymi cechami sensorycznymi i reologicznymi, a ponadto skrobia ta wpływa dodatnio na stabilizację sosu. Hydroksypropylofosforan diskrobowy otrzymuje się w reakcjach sieciowania skrobi związkami fosforu, a następnie stabilizację grupami hydroksypropylowymi [9]. Szczególnie zalecany jest do sosów w konserwach warzywnych i warzywno-mięsnych. Natomiast dodatek ksantanu zwiększa lepkość oraz poprawia stabilność termiczną sosów, emulsji i zawiesin [17]. Ponadto stosowanie kombinacji skrobia-guma dodatkowo stabilizuje i poprawia właściwości reologiczne produktu dzięki efektom synergistycznym.

Podsumowanie

Wyniki uzyskane w niniejszej pracy wskazują na różnice w charakterystyce reologicznej ketchupów handlowych. Chociaż wszystkie badane sosy można zaliczyć do grupy cieczy nienewtonowskich, pseudoplastycznych z granicą płynięcia, to odznacza-

ją się one różnymi wartościami parametrów modeli reologicznych. Ponadto sosy te wykazują różnice we właściwościach tiksotropowych, co uwidocznione jest wielkościami powierzchni pól histerezy. Badane ketchupy charakteryzowały się odmiennymi właściwościami w trakcie obserwacji zmian lepkości pozornej wraz ze wzrostem temperatury, jak i w czasie stałego ścinania. Zaobserwowane różnice wynikać mogą z jakości surowca, technologii produkcji, jak również zastosowanego dodatku substancji zagęszczającej (rodzaju i ilości).

LITERATURA

- [1] Barbosa-Conovas G.V., Peleg M.: Flow parameters of selected commercial semi-liquid food products. *J. Texture Studies*, **14**, 1983, 213.
- [2] Bonnefin G.: Innovation in the world of sauces. *Int. Food Ingredients*, **2**, 2000, 29.
- [3] Bottiglieri P., De Sio F., Fasanaro G., Mojoli G., Impembo M., Castaldo D.: Rheological characterisation of ketchup. *J. Food Qual.*, **14**, 1991, 497.
- [4] Elkner K., Krajewski A.: Przetwórstwo pomidorów w Polsce. *Przem. Ferm. Owoc-Warz.*, **6**, 1999, 39.
- [5] Hamza-Chaffai A.: Étude comparative de la rhéologie de quatre produits alimentaires semi-solides. *Sciences des Aliments*, **11**, 1991, 673.
- [6] Jaipal S.S., Bawa A., Narpinder S.: Studies on the effect of hydrocolloids on the consistency of tomato ketchup. *J. Food Sci. Technol., India*, **34** (5), 1997, 423.
- [7] Krańcówna-Gocławska M.: Rynek ketchupu przed konsolidacją. *Rolnictwo*, **42** (509), 1999, 16.
- [8] Leong-Poi L., Allen D.G.: Direct measurement of the yield stress of filamentous fermentation broths with rotating vane technique. *Biotechnol. Bioeng.*, **40**, 1992, 403.
- [9] Lewandowicz G., Walkowski A., Gawęcki J.: Fosforany skrobiowe – charakterystyka, funkcje technologiczne i żywieniowe. *Przem. Spoż.*, **53** (3), 1999, 34.
- [10] Ławicki T., Michalak K.: Viscometric behaviour of tomato pulp. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, **399**, 1993, 145.
- [11] Missaire F., Qiu C.G., Rao M.A.: Yield stress of structured and unstructured food suspensions. *J. Texture Studies*, **21**, 1990, 479.
- [12] Porretta S.: Analytical profiling of ketchup. *J. Sci. Food Agric.*, **57**, 1991, 293.
- [13] Race S.W.: Improved product quality through viscosity measurement. *Food Technol.*, **45** (7), 1992, 86.
- [14] Rao A.M.: *Rheology of fluid and semisolid foods. Principles and applications.* Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland 1999.
- [15] Runyon C.H., McCorthy K.L.: Determining viscosity of fluid foods by continuous lift. *J. Food Sci.*, **55** (4), 1990, 1170.
- [16] Rutkowski A.: Dodatki w przetwórstwie owoców i warzyw. *Przem. Ferm. Owoc-Warz.*, **6**, 1999, 12.
- [17] Sanderson G.R.: Gums and their use in food systems. *Food Technol.*, **50** (3), 1996, 81.
- [18] Schramm G.: *Reologia. Podstawy i zastosowania.* Ośrodek Wydawnictw Naukowych. Poznań 1998.
- [19] Thakur B.R., Singh R.K., Handa A.K.: Effect of added soy protein on the quality of tomato sauce. *J. Food Process. Preserv.*, **20**, 1996, 169.
- [20] Walkowski A., Lewandowicz G.: Właściwości użytkowe krajowych spożywczych skrobi modyfikowanych. *Przem. Spoż.*, **47** (5), 1993, 127.

- [21] Yoo B., Rao M.A., Steffe J.F.: Yield stress of food dispersions with the vane method at controlled shear rate and shear stress. *J. Texture Studies*, **26**, 1995, 1.
- [22] Young-In-Lee, Seung-Ju-Lee, Wan-Seob-Noh.: Effect of the modified starch on the physical properties of tomato ketchup. *Agric. Chem. Biotechnol.*, **40** (1), 1997, 48.

SELECTED RHEOLOGICAL PROPERTIES OF COMMERCIAL KETCHUPS

S u m m a r y

The selected rheological properties of six ketchups of Polish producers were investigated by the usage of rotary rheometer with coaxial cylinders. The obtained results showed that however all investigated products were included to the same category – pseudoplastic liquid with yield stress – they differed in the rheological properties. Moreover, thixotropic behaviour was observed. The changes of apparent viscosity were dependent on the time and temperature. ☒