

Effect of xanthan gum on the rheological properties of liquid automatic dishwasher detergents

Wpływ gumy ksantanowej na właściwości reologiczne ciekłych detergentów do automatycznego mycia naczyń



DOI: 10.15199/62.2026.8.4

The effect of xanthan gum addn. on the viscosity and rheol. properties of a liq. automatic dishwashing detergent was studied. Formulations contg. various concns. of xanthan gum (0.35–0.47% by mass) were prepared while maintaining constant concns. of other raw materials. The melt flow index, consistency coeff. and Ostwald-de Waele model fit coeff. were assessed. The results showed that increasing the xanthan gum concn. within the tested concn. range caused a noticeable increase in the system's viscosity. The resulting product exhibited the properties of a shear-thinning non-Newtonian fluid.

Keywords: household chemicals, rheology, xanthan gum, automatic dishwasher detergent

Zbadano wpływ dodatku gumy ksantanowej na lepkość i inne właściwości reologiczne ciekłego detergentu do automatycznego mycia naczyń. Przygotowano formułacje zawierające różne stężenia gumy ksantanowej (0,35–0,47% mas.) przy zachowaniu stałych stężeń pozostałych surowców. Oceniono wskaźnik płynięcia, współczynnik konsystencji oraz współczynnik dopasowania modelu Ostwalda i de Waele'a. Wyniki wykazały, że wzrost stężenia gumy ksantanowej w badanym zakresie stężeń powodował zauważalny wzrost lepkości układu. Uzyskany produkt wykazywał właściwości cieczy nienewtonowskiej rozrzedzającej się pod wpływem ścinania.

Słowa kluczowe: chemia gospodarcza, reologia, guma ksantanowa, detergent do automatycznego mycia naczyń

Płynne detergenty cieszą się dużą popularnością i mają ugruntowaną pozycję na rynku środków czyszczących, częściowo ze względu na ich właściwości użytkowe i łatwość stosowania. Użytkownicy ciekłych preparatów do automatycznego mycia naczyń wymagają przede wszystkim wysokiej skuteczności czyszczenia, ale również tego, aby podczas dozowania do pojemnika detergent zachowywał się w określony sposób. Produkty o małej lepkości, wykazujące właściwości reologiczne zbliżone do wody są postrzegane jako mało skuteczne i ostatecznie odrzucane. Z kolei deter-

genty o zbyt dużej lepkości, wykazujące właściwości reologiczne podobne do past budzą obawy, że nie rozpuszczą się w urządzeniu oraz nie wypłyną całkowicie z opakowania, przez co konsumenci nie otrzymają pełnej wartości swojego zakupu¹⁾. W związku z tymi wymaganiami istotne jest opracowanie detergentów charakteryzujących się odpowiednimi właściwościami reologicznymi, o jednorodnej, gładkiej, żelowej konsystencji.

W przemyśle detergentowym, aby uzyskać pożądaną postać produktu wykorzystuje się różnego typu regula-



Mgr inż. Damian LISOWSKI (ORCID: 0000-0001-5397-9855) w roku 2011 ukończył studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Rzeszowskiej, specjalność inżynieria chemiczna i bioprosesowa. Od października 2022 r. jest doktorantem w Szkole Doktorskiej Politechniki Krakowskiej, gdzie realizuje pracę badawczą w ramach VI edycji programu „Doktorat Wdrożeniowy”. Posiada wieloletnie doświadczenie zawodowe w branży detergentowej. Obecnie jest kierownikiem laboratorium badawczo-rozwojowego i kontroli jakości w Z.Ch.G. „Pollena-Astra” sp. z o.o. w Przemysłu. Na co dzień realizuje zadania związane z tworzeniem nowych formułacji oraz wprowadzaniem do obrotu detergentów do zastosowań konsumenc- kich, przemysłowych i instytucjonalnych.

* Adres do korespondencji:

Zakład Chemii Gospodarczej „Pollena-Astra” sp. z o.o., ul. Herburtów 34, 37-700 Przemysł, tel.: (16) 309-14-02, e-mail: damian.lisowski@doktorant.pk.edu.pl



Dr hab. inż. Elżbieta SIKORA, prof. PK (ORCID: 0000-0003-4867-965X), pracuje na Politechnice Krakowskiej, obecnie na stanowisku profesora uczelni, a od 2021 r. kieruje Katedrą Chemii i Technologii Organicznej na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej. Jej zainteresowania naukowe obejmują zagadnienia związane z pozyskiwaniem, badaniem właściwości oraz zastosowaniem surowców naturalnego pochodzenia w produktach kosmetycznych i produktach chemii gospodarczej. Realizuje badania dotyczące zjawisk zachodzących w układach wielofazowych: emulsjach, żelach, nośnikach substancji aktywnych, takich jak: liposomy, mikrokapsułki polimerowe czy nanocząstki lipidowe. Jest autorem lub współautorem ponad 150 publikacji oraz 2 monografii naukowych. Wyniki prowadzonych badań są przedmiotem 27 patentów i 16 zgłoszeń patentowych.

** Adres do korespondencji:

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel.: (12) 628-27-44, e-mail: elzbieta.sikora@pk.edu.pl

tory lepkości, m.in. hydroksykoloidey, których roztwory wykazują właściwości reologiczne zależne od szybkości i czasu ścinania²⁾. Tego typu złożone właściwości wykazują roztwory karboksymetylocelulozy oraz gumy ksantanowej, które umożliwiają regulowanie właściwości reologicznych, a ponadto zapewniają stabilność produktów podczas przechowywania, zapobiegają rozwarstwianiu się roztworów i zjawiskom krystalizacji^{3, 4)}.

Guma ksantanowa (rys. 1), będąca polisacharydem należącym do grupy żywic roślinnych, jest syntetyzowana w wyniku fermentacji przez drobnoustroje z grupy *Xanthomonas campestris*⁶⁾. W preparatach myjących guma ta charakteryzuje się korzystnymi właściwościami emulgującymi, zagęszczającymi, stabilizującymi i dyspergującymi⁷⁾. Guma ksantanowa odznacza się odpornością na mrożenie, długotrwałe mieszanie, działanie enzymów, jest kompatybilna z dużymi stężeniami elektrolitów np. solami, surfaktantami anionowymi w szerokim zakresie pH^{8, 9)}. Roztwory gumy ksantanowej o zawartości polisacharydu powyżej 0,3% mas. charakteryzują się dużą lepkością, lecz nadal zachowują zdolność słabego płynięcia i są podobne do żelu¹⁰⁾. Wskazane cechy były podstawą wyboru jej do badań.

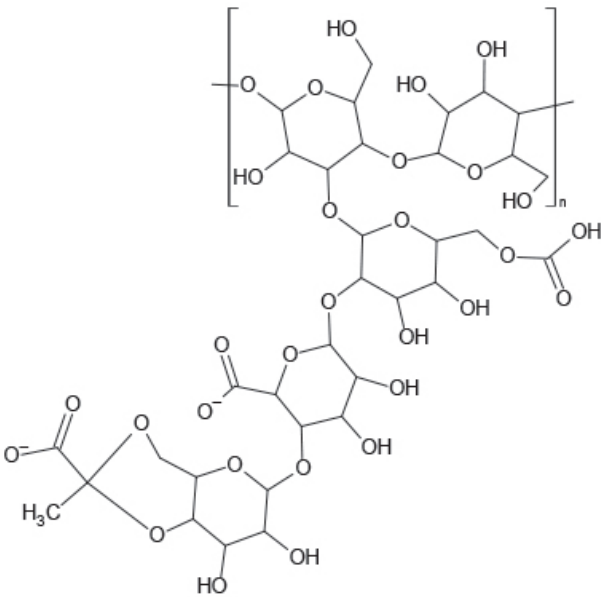


Fig. 1. Chemical structure of xanthan gum⁵⁾

Rys. 1. Struktura gumy ksantanowej⁵⁾

Reologia jest nauką o odkształceniu materii. Zajmuje się ona opisywaniem odkształceń ciał stałych, cieczy lub gazów pod wpływem naprężeń. Opis zachowania reologicznego cieczy realizowany jest przy zastosowaniu modeli matematycznych. Najprostszy, a jednocześnie najczęściej stosowany jest empiryczny model potęgowy, zwany również modelem Ostwalda i de Waele’a, wyrażony zależnością (1):

$$\tau = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

w której τ oznacza naprężenie styczne, Pa, $\dot{\gamma}$ szybkość ścinania, 1/s, k współczynnik konsystencji, Pa·sⁿ, a n wskaźnik płynięcia.

Postać matematyczna tego modelu jest konsekwencją faktu, że dane doświadczalne w podwójnie logarytmicznym układzie współrzędnych $\tau = f(\dot{\gamma})$ można w pewnym zakresie przybliżyć linią prostą. Dla płynów newtonowskich $n = 1$ oraz $k = \varepsilon$ (ε – lepkość dynamiczna), zaś model potęgowy redukuje się do prawa Newtona. Dla płynów nienewtonowskich, rozrzedzanych ścinaniem, wskaźnik charakterystyczny płynięcia przyjmuje wartości $n < 1$ ^{11, 12)}. Parametry modelu umożliwiają zatem ilościową ocenę wpływu dodatków zagęszczających na charakter przepływu badanego układu.

Pomimo licznych prac dotyczących lepkości i właściwości reologicznych roztworów gumy ksantanowej, brakuje publikacji odnoszących się bezpośrednio do detergentów przeznaczonych do automatycznego mycia naczyń. W związku z tym celem pracy było przedstawienie wyników badań wpływu dodatku gumy ksantanowej na lepkość i inne właściwości reologiczne ciepłego detergentu do automatycznego mycia naczyń.

Część doświadczalna

Surowce

Stosowano gumę ksantanową FN firmy Jungbunzlauer Austria AG oraz prototyp ciepłego preparatu do automatycznego mycia naczyń firmy Z.Ch.G. „Pollena-Astra” sp. z o.o. oznaczony symbolem R0. Wybrane parametry surowca oraz prototypu preparatu podano w tabelach 1 i 2.

Table 1. Selected properties of Xanthan Gum FN from Jungbunzlauer¹³⁾

Tabela 1. Charakterystyka wybranych właściwości gumy ksantanowej FN¹³⁾

Właściwość	Wynik
Wygląd	sypki proszek
Barwa	kremowa
Granulacja	sito 60 mesh (< 0,250 mm), minimum 99% sito 80 mesh (< 0,180 mm), minimum 95%
Lepkość 1-proc. roztworu w 1-proc. roztworze KCl (60 rpm), mPa·s	1400–1600
pH 1-proc. roztworu	6,0–8,0
Całkowita zawartość drobnoustrojów, cfu/g	maksymalnie 1000

Table 2. Selected properties of the prototype liquid detergent for automatic dishwashing developed by Z.Ch.G. „Pollena-Astra” sp. z o.o.; pH and viscosity values presented as mean $\pm$ standard deviation (SD), $n = 3$

Tabela 2. Charakterystyka wybranych właściwości prototypu ciepłego detergentu do automatycznego mycia naczyń firmy Z.Ch.G. „Pollena-Astra” sp. z o.o.; wartość pH oraz lepkość przedstawione z odchyleniem standardowym (SD), $n = 3$

Właściwość	Wynik
Wygląd	klarowna ciecz bez osadów
Barwa	słomkowa
Rodzaj i intensywność zapachu	umiarkowany, charakterystyczny dla użytych surowców
pH $\pm$ SD	7,11 $\pm$ 0,01
Lepkość $\pm$ SD, (RH3, 200 rpm), mPa·s	27,99 $\pm$ 0,01

Metodyka badań

Gumę ksantanową FN homogenizowano w wodzie zdemineralizowanej podgrzanej do temp. 40–45°C za pomocą disolwera laboratoryjnego ML-1.1 firmy P.U.T. Test sp. z o.o. Zawartość gumy ksantanowej w końcowych preparatach wynosiła 0,00; 0,35; 0,38; 0,41; 0,44 i 0,47% mas. Intensywne mieszanie prowadzono przez 1,5 h do uzyskania pełnej homogeniczności. Następnie do układu wprowadzano kolejne składniki. Skład otrzymanych próbek R0–R5 przedstawiono w tabeli 3. Ze względu na tajemnicę przedsiębiorstwa dla składników wchodzących w skład prototypu preparatu firmy Z.Ch.G. „Pollena-Astra” sp. z o.o. podano przedziały stężeń.

Table 3. Compositions of the R0–R5 automatic dishwasher detergent samples

Tabela 3. Skład próbek R0–R5 preparatu do automatycznego mycia naczyń

Surowiec	Zawartość, % mas.					
	R0	R1	R2	R3	R4	R5
Cytrynian trójsodowy	8,0–12,0					
Sól trójsodowa kwasu metyloglicynodiocetowego	5,0–10,0					
Polimer na bazie polisacharydów i syntetycznych monomerów	2,0–5,0					
Glikol monopropylenowy	2,0–5,0					
Soforolipidy	1,0–4,0					
Mrówczan sodu	1,0–3,0					
Gliceryna	1,0–3,0					
Sól sodowa karboksymetyloinuliny	1,0–3,0					
Kwas cytrynowy	0,5–2,0					
Proteaza	< 1,0					
Amylaza	< 0,5					
Dodatki*	< 0,5					
Guma ksantanowa	0,00	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47
Woda zdemineralizowana	do 100,00					

* Dodatki: konserwant, barwnik, kompozycja zapachowa

Z uwagi na znaczne zapienienie próbek bezpośrednio po mieszanii, badania wykonano po czasie 14 dni potrzebnych na ich odgazowanie. Pomiar lepkości dynamicznej wykonano za pomocą wiskozymetru rotacyjnego Visco QC 300-R z czujnikiem temperatury PT100 firmy Anton Paar. Wiskozymetr wyposażony był w kilka różnych wrzecion, dostosowanych do poszczególnych zakresów pomiarowych. W badaniach stosowano wrzeciono RH3, zakres prędkości obrotowej 100–250 rpm. Temperatura pomiarów wynosiła 20±1°C.

Badanie właściwości reologicznych przeprowadzono w reometrze rotacyjnym MCR 92 firmy Anton Paar. Do pomiaru użyto układu typu płytka-płytko. Czas pojedyn-

czego pomiaru wynosił 60 s, zakres szybkości ścinania 1–500 1/s, liczba punktów pomiarowych wynosiła 30, a temperatura pomiarów 20±1°C.

Wyniki badań i ich omówienie

Lepkość

Wyniki pomiarów przedstawiono na wykresach zależności lepkości dynamicznej w funkcji szybkości ścinania, czyli w postaci tzw. krzywych lepkości (rys. 2). Przeprowadzone badania wykazały, że prototyp preparatu do automatycznego mycia naczyń niezawierający gumy ksantanowej wykazuje małą lepkość, która tylko nieznacznie rośnie, od ok. 21 mPa·s przy szybkości ścinania 100 1/s do ok. 29 mPa·s przy szybkości ścinania 250 1/s. Dodatek gumy ksantanowej FN w badanym zakresie stężeń istotnie wpływał na zwiększenie lepkości prototypu preparatu. Im wyższa była jego zawartość, tym większa lepkość układu. Mechanizm ten wynika z tworzenia przez cząsteczki ksantanu rozbudowanej sieci przestrzennej zwiększającej opór przepływu cieczy. W roztworach wodnych makrocząsteczki gumy ksantanowej tworzą częściowo uporządkowaną strukturę, która ogranicza mobilność fazy ciekłej¹⁴.

Z przebiegu krzywych lepkości wynika, że w miarę wzrostu szybkości ścinania lepkość dynamiczna badanych próbek R1–R5 malała. Jest to cecha charakterystyczna dla pseudoplastycznych cieczy nienewtonowskich.

Ponadto wraz ze zwiększaniem stężenia gumy ksantanowej obserwowano stopniowe przejście układu z postaci niskolepkiej do bardziej uporządkowanej postaci o charakterze żelowym. Oczekiwany przyrost lepkości zaobserwowano przy stężeniach gumy ksantanowej wynoszących 0,41–0,47% mas.

Właściwości reologiczne

Na podstawie pomiarów lepkości stwierdzono, że preparat zawierający 0,44% mas. gumy ksantanowej charakteryzował się najbardziej odpowiednią postacią produktu, w związku z tym formułę oznaczoną symbolem R4 poddano badaniom właściwości reologicznych za pomocą reometru rotacyjnego. W tabeli 4 zamieszczono uzyskane wartości parametrów wyznaczonych na podstawie tzw. krzywych płynięcia badanej formuły.

Na podstawie wyników badań potwierdzono, że uzyskany produkt należy do tzw. uogólnionych płynów nienewtonowskich, czyli płynów rozrzedzanych ścinaniem ($n < 1$). Uzyskane wartości współczynnika dopasowania świadczą o dobrym dopasowaniu modelu do danych eksperymentalnych. Podobne obserwacje przedstawili Zhong i współpr.¹⁵, którzy analizowali przepływ wodnych roztworów gumy ksantanowej.

Warto zwrócić uwagę, że dla roztworów gumy ksantanowej nie obserwuje się histerezy, a rozrzedzanie i powrót do lepkości pod wpływem ścinania są natychmiastowe¹⁶. Ponadto roztwory te wykazują początkową granicę pla-

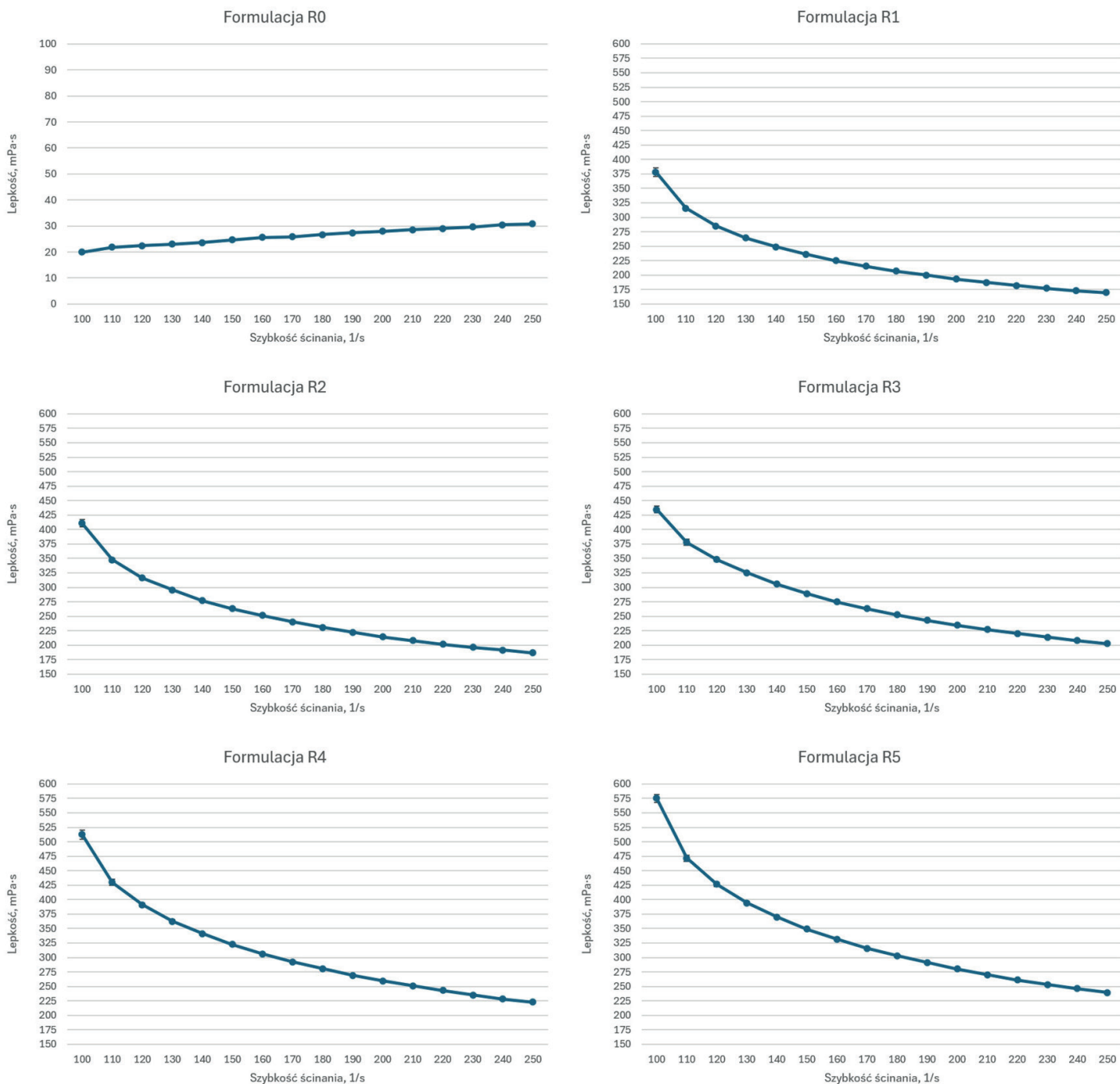


Fig. 2. Viscosity curves of formulations R0–R6; data are presented as mean $\pm$ standard deviation (SD), $n = 3$

Rys. 2. Krzywe lepkości formułacji R0–R6; wartości przedstawione z odchyleniem standardowym (SD), $n = 3$

Table 4. Rheological parameters of the tested formulation R4

Tabela 4. Wartości liczbowe parametrów reologicznych dla badanej formułacji R4

Model Ostwalda i de Waele'a		
$K, \text{Pa} \cdot \text{s}^n$	n	R^2
3,82	0,294	0,971

styczności, którą należy pokonać, aby roztwór mógł płynąć¹⁷⁾. Z punktu widzenia właściwości detergentów do automatycznego mycia naczyń są to korzystne cechy ułatwiające aplikację do pojemnika zmywarki.

Mimo że obecnie najpopularniejszą formą środka myjącego są niewątpliwie wielofunkcyjne tabletki, to coraz bardziej popularne stają się środki w postaci proszku lub żelu/płynu, których doza może zależeć od preferencji użytkownika. W najbliższych latach preparaty żelowe mogą zwiększać swój udział w rynku, co stanowi wyzwanie dla producentów w zakresie zapewnienia skuteczności, stabilności i oczekiwanej postaci opracowanych preparatów¹⁸⁾.

Na rynku dostępne są zmywarki wyposażone w inteligentne systemy dozujące, które automatycznie określają

ilość proszku lub płynu i przenoszą go do komory zmywającej. Użytkownik jednorazowo wprowadza zapas środka zmywającego do urządzenia, a wymagana ilość podczas zmywania jest doprowadzana przez jednostkę dozującą. Nie trzeba zatem każdorazowo dozować środka myjącego przed rozpoczęciem programu, a urządzenie z odpowiednim wyprzedzeniem informuje o potrzebie zakupu i uzupełnienia detergentu^{19–21}). Opracowanie ciekłych preparatów o odpowiednich właściwościach reologicznych ma zatem znaczenie użytkowe i aplikacyjne.

Podsumowanie i wnioski

Badano dodatek gumy ksantanowej do ciekłego detergentu do automatycznego mycia naczyń w celu uzyskania preparatu o korzystnych właściwościach reologicznych. Stwierdzono, że wzrost stężenia gumy ksantanowej w zakresie 0,35–0,47% mas. powodował systematyczne zwiększanie lepkości badanego preparatu.

Wszystkie formułacje zawierające gumę ksantanową wykazywały właściwości cieczy nienewtonowskich rozrzedzających się pod wpływem ścinania, a model Ostwalda i de Waele’a prawidłowo opisywał właściwości reologiczne uzyskanej formułacji. Guma ksantanowa może być skutecznie wykorzystywana jako modyfikator reologii w preparatach do automatycznego mycia naczyń.

Uzyskane wyniki mają istotne znaczenie dla przemysłu detergentowego. Wskazują, że odpowiedni dobór stężenia regulatora konsystencji (gumy ksantanowej) umożliwia kontrolowanie lepkości produktu bez konieczności znaczących zmian pozostałych składników receptury.

Dzięki właściwościom pseudoplastycznym roztworów gumy ksantanowej możliwe jest uzyskanie preparatów o korzystnej postaci żelu, stabilnych podczas przechowywania oraz łatwych w dozowaniu. Takie właściwości są

pożądane dla nowoczesnych detergentów przeznaczonych do standardowych zmywarek, jak również nowoczesnych zmywarek wyposażonych w automatyczne systemy dozowania.

Otrzymano: 13-06-2026

Zrecenzowano: 02-07-2026

Zaakceptowano: 06-07-2026

Opublikowano: 18-08-2026

LITERATURA

- [1] Pat. US 0258810A1 (2009).
- [2] M. Kabziński, P. Ptaszek, A. Ptaszek, M. Grzesik, *Inż. Ap. Chem.* 2016, **55**, nr 5, 182.
- [3] M. da Silva Coutinho, D.C.Fernandes da Silva, G.R.Xavier, N.G. Rumjanek, P.J. de Oliveira, *Macromol. Symp.* 2012, **319**, 222.
- [4] B. Sołowiej, W. Gustaw, S. Mleko, S. Andruszczak, *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 2004, nr 3 (40) Supl., 184.
- [5] A. Shalviri, Q. Liu, M. J.Abdekhodaie, X.Y. Wu, *Carbohydr. Polym.* 2010, **79**, 898.
- [6] Z. Xuewu, L. Xin, G. Dexiang, Z. Wei, X. Tong, M. Yonghong, *J. Food Eng.* 1996, **27**, 203.
- [7] M. Xie, J. Xia, Z. Zhou, G. Zhou, J. Chu, Y. Zhuang, S. Zhang, H. Noorman, *Chem. Eng. Sci.* 2014, **206**, 144.
- [8] A.P. Imeson, *Thickening and gelling agents for food*, Springer, Boston 1997.
- [9] CP Kelco, Kelzan® Xantan Gum, Product data sheet, 2018.
- [10] F.M. Goycoolea, R.K. Richardson, E.R. Moris, M.J. Gidley, *Macromolecules* 1995, **28**, 8308.
- [11] Z. Kęmbłowski, *Reometria płynów nienewtonowskich*, WNT, Warszawa 1973.
- [12] M. Dziubiński, T. Kijański, J. Sęk, *Podstawy teoretyczne i metody pomiarowe reologii*, Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2014.
- [13] Jungbunzlauer, Xanthan Gum FN & Xanthan Gum FF Food & Pharmaceutical Grade, Product Information, 2020.
- [14] F. García-Ochoa, V.E.Santos, J.A. Casas, E. Gómez, *Biotechnol. Adv.* 2000, **18**, 549.
- [15] L. Zhong, M. Oostrom, M.J. Truex i in., *J. Hazard. Mater.* 2013, **244–245**, 160.
- [16] K.S. Kang, D.J. Pettit, [w:] *Industrial gums. Polysaccharides and their derivatives* (red. R.L. Whistler, J.N. BeMiller), Academic Press, New York 1993, 341.
- [17] L. Ma, G.V. Barbosa-Canovas, *Food Sci. Technol. Int.* 1995, **1**, 3.
- [18] D. Lisowski, E. Sikora, *Przem. Chem.* 2023, **9**, nr 9, 906.
- [19] Pat. EP 3135180 (2016).
- [20] Pat. EP 2850990 (2015).
- [21] <https://zmywarkibeko.pl/>, dostęp 3.06.2026 r.

KALENDARZ WYDARZEŃ W 2026 R.

Miesiąc	Data	Wydarzenie	Miejsce	Organizator
Wrzesień	14–18.09.	68. Zjazd PTChem	Bydgoszcz	PTChem
	15.09.	V Międzynarodowa Konferencja Modern Packaging – Dzień Opakowań 2026	Warszawa	Polska Izba Opakowań
	17.09.	XVII Konferencja Ochrona i Inżynieria Środowiska – Zrównoważony Rozwój	Kraków	AGH w Krakowie
	20–23.09.	XXV Ogólnopolska Konferencja Inżynierii Chemicznej i Procesowej	Kraków	Politechnika Krakowska
Październik	19–21.10.	XVI Konferencja Naukowo-Techniczna Środki Smarowe 2026	Zakopane	INiG-PIB
Listopad	3–5.11.	Kujawsko-Pomorskie Forum Innowacji, Nauki, Biznesu i Samorządu	Toruń	KPCNT
	20.11.	Diamentowy Jubileusz Wydziału Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej – od edukacji do innowacji	Kraków	WIiTCh PK
	22–25.11.	50. Międzynarodowe Seminarium Naukowo-Techniczne „Chemistry for Agriculture and Human Health”	Wrocław	CNB Agrophos
Grudzień	2–4.12.	Konferencja Przemysł Chemiczny 2026 Gala konkursu o tytuł „Inżynier Przemysłu Chemicznego” 2026	Warszawa	ZG SITPChem