

MAGDALENA ORCZYKOWSKA
MAREK DZIUBIŃSKI
PAWEŁ BUDZYŃSKI

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

Właściwości reologiczne gumy ksantanowej jako stabilizatora spożywczego

Wprowadzenie

Właściwości reologiczne są szczególnie istotnym wyróżnikiem jakości wielu produktów, w tym żywności. Ich znajomość pozwala na odpowiedni dobór surowców, a także na optymalizację i kontrolę operacji jednostkowych procesu technologicznego. Mogą one nawet zastąpić ocenę sensoryczną tekstury i analizę chemiczną niektórych wyrobów, np. substancji żelujących i zagęszczających [1, 2]. Obecność substancji żelujących i zagęszczających w produkcji wyrobów spożywczych pozwala nam na kształtowanie tekstury żywności nadając wyrobom tym nie tylko odpowiednią konsystencję, ale i cenne walory smakowe i dietetyczne. Jedną z takich substancji jest guma ksantanowa, która jako dodatek teksturotwórczy w postaci pojedynczego składnika bądź w systemie stabilizującym znalazła zastosowanie w kształtowaniu parametrów organoleptycznych.

Guma ksantanowa jest polisacharydem o wysokiej masie cząsteczkowej, którego strukturę chemiczną tworzy liniowy łańcuch główny 1,4 β -D-glukozy z obdarzonymi ładunkiem elektrycznym grupami bocznymi trisacharydów na każdym, zmieniającym się na przemian, kolejnym miejscu. W wodzie guma ksantanowa pęcznieje, tworzy z nią kleiste roztwory, o dużej lepkości, która jest w małym stopniu zależna od pH oraz czynników mechanicznych (np. mieszanie). Ma spore właściwości wiążące, choć sama nie tworzy żelu, ale z mączką chleba świętojańskiego daje żel elastyczny i termoodwracal-

ny. Jej roztwory są odporne na działanie enzymów i zmiany temperatury. Wytrzymują one zarówno ogrzewanie jak i zamrażanie/rozmarzanie. Roztwory gumy ksantanowej powodują powstawanie porządanej struktury produktu, która wyraża się poprzez jego właściwości osobnicze, takie jak konsystencja czy smarowność [3–5]. Guma ksantanowa jest szeroko wykorzystywana w wielu gałęziach przemysłu. W przemyśle kosmetycznym w stężeniach $c_p = 0,2\div 1\%$ jest stabilizatorem emulsji, a także zwiększa lepkość preparatów, np. w pastach do zębów. W przemyśle farmaceutycznym w stężeniach $c_p = 0,1\div 1\%$ a nawet do 3% dodawana jest np. do tabletek, gdzie pełni rolę substancji wiążącej i zapewniającej stopniowy rozpad tabletki oraz powolne uwalnianie składników czynnych. W produktach spożywczych w stężeniach $c_p = 0,05\div 0,5\%$ pełni zazwyczaj rolę zagęstnika i dodawana jest do napojów, soków, sosów, produktów mlecznych, zup w proszku, kremów, deserów, lodów [6].

Dobierając stężenie gumy ksantanowej uzyskujemy oczekiwane właściwości produktu. W związku z powstawaniem odpowiedniej struktury produktu w zależności od stężenia gumy ksantanowej, możemy założyć, że wynika ona z właściwości reologicznych produktu, które w sposób bezpośredni są pochodną właściwości reologicznych roztworów gumy ksantanowej.

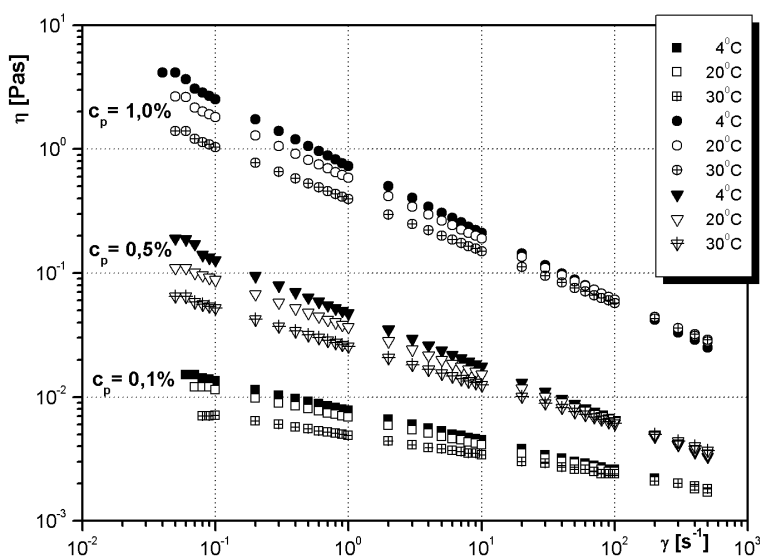
Omówienie wyników

Do oceny właściwości reologicznych gumy ksantanowej zastosowano wodne roztwory tego hydrokoloidu o stężeniach charakterystycznych dla produktów spożywczych: $c_p = 0,1; 0,2; 0,3; 0,5$ i $1,0\%$. Krzywe lepkości w temperaturze 4, 20 i 30°C w zakresie szybkości ścinania od 0,05 do 500 s^{-1} wyznaczono za pomocą reometru rotacyjnego BOHLIN CVO120 z zastosowaniem układu pomiarowego złożonego z dwóch współosiowych cylindrów C25 (Rys. 1). Uzyskane krzywe lepkości opisano modelem reologicznym Carreau [5]:

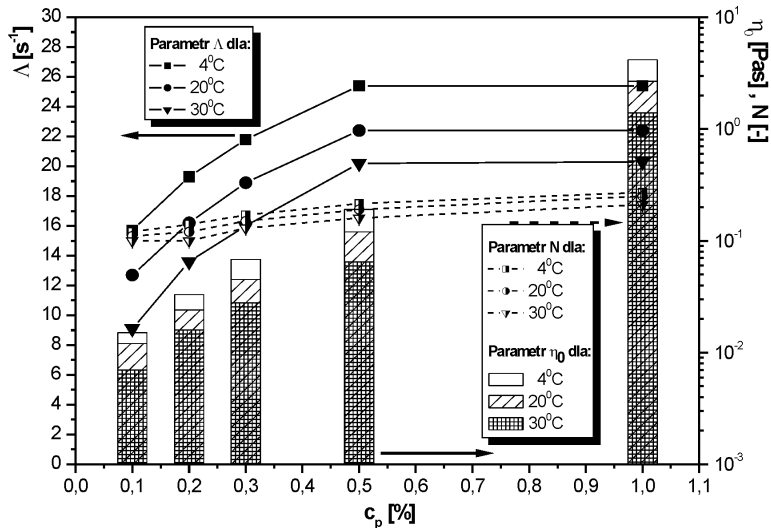
$$\eta = \eta_0 [1 + (\Lambda\dot{\gamma})^2]^{-N} \quad (1)$$

a wyznaczone parametry reologiczne tych krzywych w funkcji stężeń rozpatrywanych roztworów gumy ksantanowej przedstawiono na wykresie (Rys. 2).

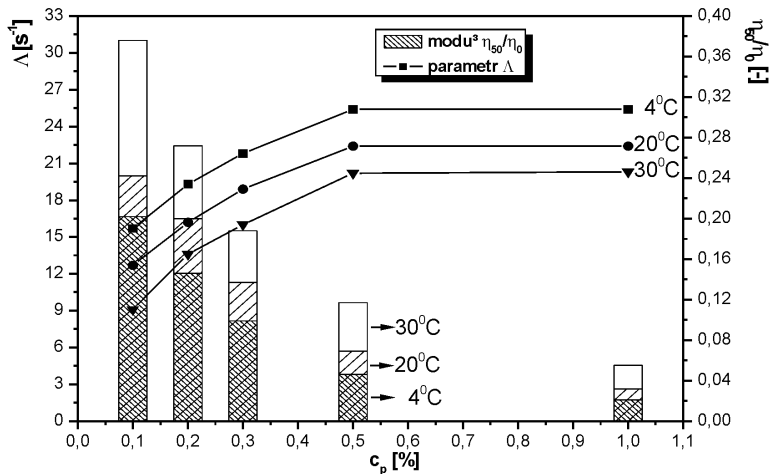
Analiza danych doświadczalnych przedstawionych na wykresie rys.1 dotyczących krzywych lepkości wodnych roztworów gumy ksantanowej pozwoliła stwierdzić, że roztwory tego hydrokoloidu w zakresie zastosowanych w przedstawionej pracy stężeń tzn. od 0,1% do 1,0% w analizowanym zakresie szybkości ścinania we wszystkich trzech badanych temperatu-



Rys. 1. Przykładowe doświadczalne krzywe lepkości wodnych roztworów gumy ksantanowej o stężeniach 0,1; 0,5 i 1,0% w temp. 4, 20 i 30°C



Rys. 2. Parametry reologiczne modelu *Carreau* w funkcji stężeń rozpatrywanych roztworów gumy ksantanowej



Rys. 3. Zmiany modułu η_{50}/η_0 i parametru Λ w funkcji stężeń rozpatrywanych roztworów gumy ksantanowej

rach, są płynami nienewtonowskimi rozrzedzanymi ścinaniem. Parametry reologiczne modelu *Carreau* przedstawione na wykresie (Rys. 2) pozwalają stwierdzić, że wykładnik potęgi N w równ. (1), a także lepkość η_0 przy szybkości ścinania dążącej do zera oraz stała czasowa Λ do stężenia $c_p = 0,5\%$ rosną wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze we wszystkich trzech analizowanych temperaturach, maleją natomiast wraz ze wzrostem temperatury. Model *Carreau* bardzo dobrze opisuje właściwości reologiczne roztworów gumy ksantanowej w całym analizowanym zakresie szybkości ścinania, co więcej pozwala na oszacowanie lepkości tych roztworów z błędem $\pm 10\%$. Biorąc pod uwagę spożywcze zastosowanie roztworów gumy ksantanowej dodatkowo oszacowano tzw. moduł lepkościowy. Jest to bezwymiarowa normalizowana lepkość dynamiczna będąca stosunkiem η_{50}/η_0 , w którym η_{50} jest lepkością roztworu przy szybkości ścinania $\dot{\gamma} = 50 \text{ s}^{-1}$, czyli takiej szybkości ścinania, przy której następuje odczucie krzepnięcia produktu w czasie jego żucia podczas oceny organoleptycznej [7, 8]. Zmiany tego modułu

wraz ze zmianami stałej czasowej płynu w funkcji analizowanych stężeń i temperatur przedstawiono na wykresie (Rys. 3).

Wnioski

Badania reometryczne wodnych roztworów gumy ksantanowej jako substancji stabilizującej i zagęszczającej produkty spożywcze pozwoliły stwierdzić, że:

- w analizowanym zakresie szybkości ścinania roztwory gumy ksantanowej posiadają właściwości płynu nienewtonowskiego rozrzedzanego ścinaniem,
- właściwości reologiczne najlepiej w tym zakresie szybkości ścinania opisuje trójparametrowy model *Carreau*, co więcej pozwala on na oszacowanie lepkości roztworów gumy ksantanowej z maksymalnym błędem $\pm 10\%$,
- istnieje zależność pomiędzy parametrami reologicznymi modelu *Carreau* a stężeniem roztworu gumy ksantanowej. Wykładnik potęgi N w równ. (1) zmienia wartość wykładniczo, jednak nieznacznie, ze wzrostem stężenia roztworu. Wykładniczy charakter zmian zaobserwowano dla stałej czasowej Λ , którą można traktować jako miarę czasu charakterystycznego płynu. Przy czym zależność stałej L od stężenia zmienia się wykładniczo jedynie do pewnej określonej wartości stężenia gumy ksantanowej w roztworze, a mianowicie do $c_p = 0,5\%$, później zaś przyjmuje ona wartość stałą. Biorąc pod uwagę istnienie struktury w roztworze można przypuszczać, że dla stężeń wyższych niż $c_p = 0,5\%$ struktura ta zostaje trwale zmieniona, niezależnie od temperatury roztworu.
- istnienie struktury roztworu odpowiada również za zmianę wartości modułu lepkościowego η_{50}/η_0 wraz ze wzrostem stężenia gumy ksantanowej w roztworze. Wysokie wartości modułu η_{50}/η_0 świadczą o niewielkim splątaniu struktury, która bardziej jest wówczas narażona na działanie odkształcenia. Natomiast niskie wartości modułu η_{50}/η_0 wskazują na mocniejszą sieć splątania struktury, odporniejszej na przyłożone odkształcenia. Może sugerować to tworzenie struktury podobnej do żelu, a pożądanej w produkcji wyrobów spożywczych jako pewnego podłoża do dalszego kształtowania tekstury żywności.

LITERATURA

1. *J. Mewis, A.J.B. Spull*: Advances in Colloid and Interface Science, **6**, 173 (1976).
2. *W.B. Russel*: Journal of Rheology, **24**, nr 3, 287 (1980).
3. *A. Rutkowski*: Hydrokoloidy w produkcji żywności, Polska Izba Dodatków Żywności, Konin (2001).
4. *Y. Hemar, M. Tamehana, P.A. Munro, H. Singh*: Food Hydrocolloids, **15**, 565 (2001).
5. *J. Ferguson, Z. Kęmbłowski*: Reologia stosowana płynów, Wyd. Marcus sc., Łódź (1995).
6. *F.G. Ochoa, V.E. Santos, J.A. Casas, E. Gomez*: Biotechnology Advances, **18**, 549 (2000).
7. *M. Marcotte, A.R.T. Hoshahili, H.S. Ramaswamy*: Food Research International, **34**, 695 (2001).
8. *E.I. Yaseen, T.J. Herald, F.M. Aramouni, S. Alavi*: Food Research International, **38**, 111 (2005).