

JACEK RÓŻAŃSKI

Wydział Technologii Chemicznej, Politechnika Poznańska, Poznań

Wpływ gumy guar na właściwości reologiczne żeli agaru

Wprowadzenie

W pracy przedstawiono wpływ dodatku gumy guar na właściwości reologiczne żeli agaru. Agar jest jednym z najczęściej stosowanych dodatków żelujących w przemyśle spożywczym. Główne zastosowanie znajduje przy produkcji galaretek, dżemów, cukierków i pianek ptasiego mleczka. Żele agaru próbuje się częściowo zastąpić gumą guar, co ma na celu zmianę właściwości reologicznych żelu oraz zminimalizowanie kosztów produkcji. Agar jest kilkanaście razy droższy od gumy guar.

Podejmowana w tej pracy tematyka była poruszana w pracach *Lucyszyna* i współpracowników [1–3]. Autorzy ci skupili się głównie na wykorzystaniu żeli mieszanin agaru i gumy guar przy regeneracji liści tytoniowych i rozmnażaniu truskawek.

Badania doświadczalne

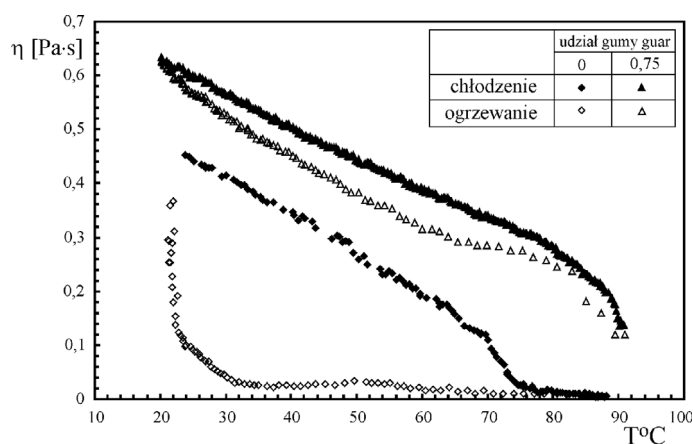
W badaniach doświadczalnych jako układ modelowy wykorzystano produkty komercyjne o nazwach handlowych agar RHSS i guma guar FG-33. Roztwory przedmiotowe przygotowywano w ten sposób, że zastępowano pewien udział agaru dodatkiem gumy guar, przy czym sumaryczne stężenie polimerów w roztworze było stałe i wynosiło 1%. Zastosowano następujące udziały masowe w mieszaninach agar/guma guar: 0,25/0,75; 0,5/0,5; 0,75/0,25.

Badania reologiczne przeprowadzono wykorzystując reometry *Rheotest 2* i *RheoStress 1*. Badania przeprowadzone w ustalonym przepływie ścinającym pozwoliły określić wpływ dodatku gumy guar na zmianę temperatury żelowania. Wykorzystanie reometrii oscylacyjnej umożliwiło przeprowadzenie analizy reologicznej żeli bez jednoczesnego niszczenia ich struktury. Badania oscylacyjne prowadzono w układzie płytka-płytko o średnicy 35 mm w temperaturze 20°C w zakresie lepkości liniowej przy zadanym naprężeniu stycznym równym 10 Pa lub 1 Pa. Wartość tę ustalono na podstawie eksperymentu przeprowadzonego przy stałej częstotliwości 1 Hz i rosnącej stopniowo amplitudzie naprężenia τ . Z uzyskanych danych wykreślono wykres zależności modułu zespolonego G^* w funkcji τ . Zakres zmian amplitud naprężenia, dla których wartości modułów zespolonych są stałe identyfikowano z zakresem lepkości liniowej.

W celu określenia temperatury żelowania przygotowane próbki wprowadzono do układu pomiarowego (współosiowe cylindry) i ogrzewano do temperatury około 90°C. Następnie rozpoczynano pomiary naprężenia stycznego podczas chłodzenia próbki ze średnią szybkością 2°C/min, przy stałej szybkości ścinania równej 40,5 s⁻¹. Po ochłodzeniu układu do około 20°C ponownie go ogrzewano ze średnią szybkością 1,2°C/min do 90°C. Przykładowe wyniki przedstawiono na rys. 1.

Krzywe ogrzewania i chłodzenia żelu czystego agaru RHSS układają się w pętlę histerezy (rys. 1). W trakcie chłodzenia lepkość agaru nieznacznie wzrasta do temperatury 32°C, a następnie obserwuje się jej gwałtowny wzrost, co świadczy o rozpoczęciu procesu żelowania. Z danych uzyskanych podczas ogrzewania układu wynika, że ulega on upłynnieniu w temperaturze około 75°C.

Dodatek gumy guar do roztworów agaru powodował zmniejszenie powierzchni pętli histerezy ze wzrostem udziału tego polimeru w mieszaninie. Dodatkowo dla czystego agaru zmiany lepkości przy temperaturze żelowania i rozpuszczania żelu były stosunkowo ostre. W przypadku mieszanin z dodatkiem gumy guar zmiany te są bardziej płynne, a dla jej udziału 0,75 praktycznie niemożliwe do określenia (Rys. 1).



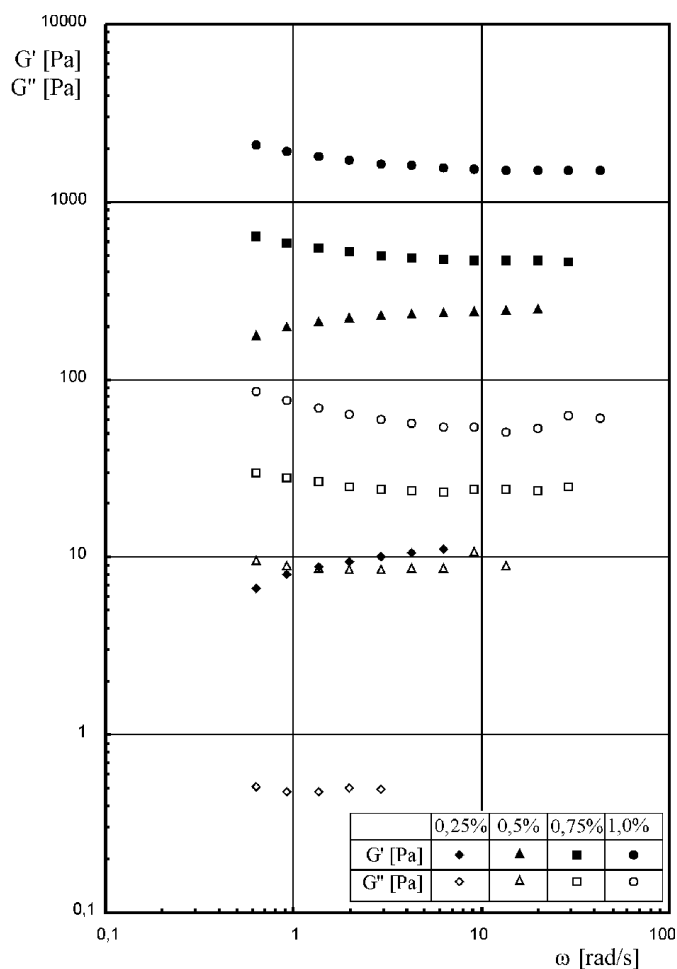
Rys. 1. Zależność $\eta = f(T)$ dla chłodzenia i ogrzewania 1% roztworu agaru RHSS i mieszaniny agar/guma guar o udziale składników 0,25/0,75

Tablica 1
Temperatury żelowania i rozpuszczania dla roztworów agaru i agaru z gumą guar

Udział agaru w mieszaninie	$T_{\text{żelowania}} [^{\circ}\text{C}]$	$T_{\text{rozpuszczania}} [^{\circ}\text{C}]$
0	32	75-77
0,25	30	78
0,5	26	83

W tablicy 1 pokazano wartości temperatur żelowania i rozpuszczania analizowanych w badaniach niniejszej pracy żeli. Z danych tych wynika, że dodatek gumy guar prowadzi do obniżenia temperatury żelowania (do poziomu około 26°C przy udziale $u_{GG} = 0,5$) i jednocześnie podwyższenia temperatury rozpuszczania (do temperatury około 83°C przy udziale $u_{GG} = 0,5$).

Na rys. 2 przedstawiono zależności $G' = f(\omega)$ i $G'' = f(\omega)$ dla żeli czystego agaru RHSS o stężeniach 0,25; 0,5; 0,75 i 1%.



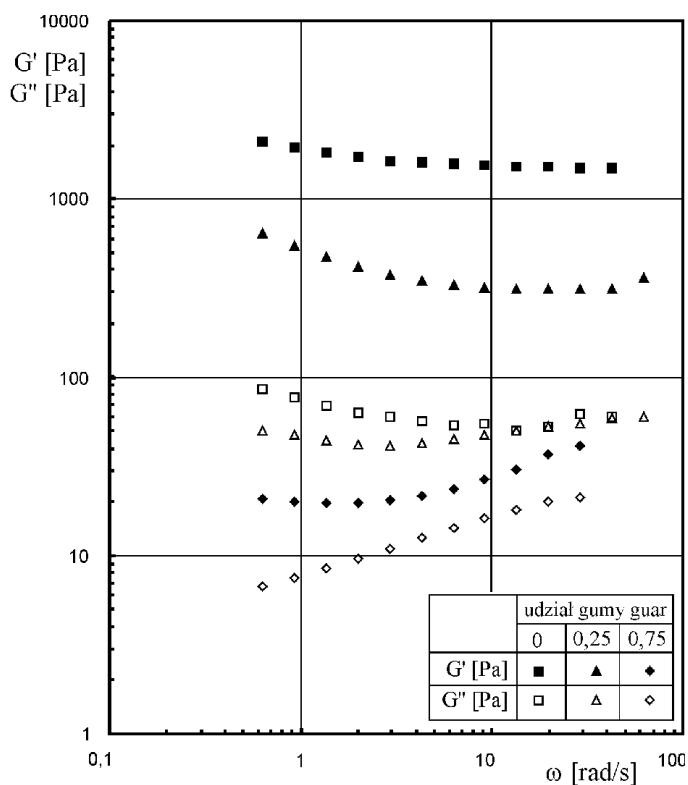
Rys. 2. Zmiana modułu zachowawczego G' , modułu stratności G'' w funkcji prędkości kątowej ω dla różnych stężeń agaru RHSS

Dla wszystkich żeli czystego agaru obserwuje się w zależności od wartości prędkości kątowej i stężenia od 13 do 30 razy wyższe wartości modułu zachowawczego G' niż modułu stratności G'' , co wskazuje na silną przewagę właściwości sprężystych nad lepkiemi.

Podobne badania przeprowadzono dla roztworów mieszanek agaru i gumy guar (Rys. 3). Z analizy danych eksperymentalnych wynika, że wraz ze wzrostem udziału gumy guar w roztworze wartości modułów G' i G'' maleją.

Inna jest także wzajemna relacja między wartościami modułu sprężystości i stratności. Stosunek G' do G'' w przypadku 1% roztworu czystego agaru mieści się w granicach od 24 do 30, natomiast w przypadku udziału w mieszaninie gumy guar 0,25 stosunek ten wynosi od 5 do 12, a przy udziale 0,75 od 1,6 odpowiednio 3.

Porównując właściwości reologiczne żelu czystego agaru z żelem agaru o tym samym stężeniu, ale z dodatkiem gumy guar, obserwuje się wyższe wartości modułu zachowawczego oraz modułu stratności dla mieszaniny polimerów. Przykładowo dla stężenia agaru 0,25% wartość modułu zachowawczego w zależności naprężenia stycznego wynosi 14,68 [Pa], po dodaniu gumy guar wartość ta wzrasta do 69,80 [Pa]. Wyniki porównawcze uzyskane przy stałej częstotliwości 1 [Hz] zestawiono w tablicy 2. Dla pozostałych stężeń także zaobser-



Rys. 3. Zmiana modułu zachowawczego G' i modułu stratności G'' w funkcji prędkości kątowej dla żeli mieszanin agaru RHSS i gumy guar FG-33 o sumarycznym stężeniu 1%

wowano wzrost wartości modułu zachowawczego oraz modułu stratności, przy czym różnice nie są aż tak znaczące.

Tablica.2
Porównanie modułów G' i G'' dla roztworów agaru i mieszaniny agaru z gumą guar

Stężenie agaru	Agar/guma guar		Czysty agar	
	G' [Pa]	G'' [Pa]	G' [Pa]	G'' [Pa]
0,75%	742	43	634	12
0,5%	235	36	223	11
0,25%	69	22	14	1

Wnioski

Żele mieszanek gumy guar i agaru charakteryzują się niższą temperaturą żelowania i wyższą temperaturą rozpuszczenia w porównaniu do żeli czystego agaru. Dodatek gumy guar do agaru powoduje wzrost modułów sprężystości i stratności, w stosunku do wartości modułów uzyskanych dla żelu czystego agaru o tym samym stężeniu, co użyty w mieszaninie. Największy wzrost modułu G' zaobserwowano przy udziale gumy guar w mieszaninie równym 0,75.

LITERATURA

1. N. Lucyszyn, M. Quoirin, A. Anjos, M.-R. Sierakowski: Polimeros: Ciencia e Tecnologia **2**, 146 (2005).
2. N. Lucyszyn, M. Quoirin, M.M. Homma, M.-R.: Sierakowski: Biologia Plantarium **51**, 173 (2007).
3. N. Lucyszyn, M. Quoirin, H.S. Koehler, F. Reicher, M.-R. Sierakowski: Scientia Horticulturae **107**, No. 4, 358 (2006).