

## WPŁYW TEMPERATURY NA STABILNOŚĆ SKROBIOWYCH KLEIKÓW TIKSOTROPOWYCH W OBECNOŚCI ŚRODKA ZAGĘSZCZAJĄCEGO

*Magdalena Orczykowska, Marek Dziubiński, Paweł Budzyński*

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka  
ul. Wólczańska 213, 90-924 Łódź  
e-mail: orczykow@wipos.p.lodz.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań reologicznych wodnych roztworów czystej skrobi ziemniaczanej i z dodatkiem wysokoacylowej gumy gellanowej. Roztwory przebadano w temperaturach 5°C, 25°C i 45°C, przeprowadzając test pętli histerezy. Do opisu właściwości reologicznych zastosowano model Carreau. Oszacowano wartość statycznej i dynamicznej granicy płynięcia oraz sprężystość utworzonej struktury. Przedyskutowano własności tiksotropowe roztworów poprzez określenie wielkości pola powierzchni pętli histerezy. Wykazano, że dodatek gumy gellanowej prowadzi do ustabilizowania struktury wewnętrznej badanych kleików skrobiowych.

**Słowa kluczowe:** tiksotropia, skrobia, guma gellanowa, środek stabilizujący

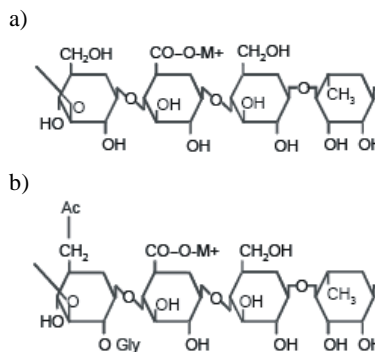
### WYKAZ OZNACZEŃ

$K$  – współczynnik tiksotropii, (–),  
 $N$  – parametr modelu Carreau, (–),  
 $S$  – pole powierzchni pętli histerezy, (Pas·s<sup>-1</sup>),  
 $\gamma$  – szybkość ścinania, (s<sup>-1</sup>),  
 $\eta$  – lepkość pozorna, (Pas),  
 $\eta_{\infty}$  – lepkość przy szybkości ścinania dążącej do nieskończoności, (Pas),  
 $\eta_0$  – lepkość przy szybkości ścinania dążącej do zera, (Pas),  
 $\lambda$  – stała czasowa modelu Carreau, (s),  
 $\tau$  – naprężenie styczne, (Pa),  
 $\tau_{ma}$  – statyczna granica płynięcia, (Pa),  
 $\tau_y$  – dynamiczna granica płynięcia, (Pa),  
 $\tau_{ma} - \tau_y$  – sprężystość struktury, (Pa).

## WSTĘP

Powszechnie stosowanymi substancjami dodawanymi do żywności są hydrokoloidy czyli gumy spożywcze. Są to rozpuszczalne w wodzie polisacharydy o właściwościach zagęszczających i/lub żelujących. Jako składnik żywności powodują obniżenie jej wartości energetycznej, a dzięki wiązaniu znacznych ilości wody mogą być stosowane jako zamiennik tłuszczu. Stosowane jako dodatki do żywności poprawiają jakość i trwałość produktów spożywczych, zapewniając ich stabilność w czasie przechowywania. Ten szeroki zakres możliwości zastosowania hydrokoloidów w produkcji żywności sprawił, że w ostatnich latach szczególnie dużo uwagi poświęcono grupie polisacharydów wyodrębnianych z roślin morskich (alginiany, karageny), rzadkich roślin lądowych (guma guar, mączka chleba świętojańskiego), a także z bakterii hodowanych na skalę przemysłową w bioreaktorach (ksantan, dekstran, kurdlan, gellan). Najbardziej jednak znanym polisacharydem jest skrobia. Ze względu na przemysłowe znaczenie skrobi, wykorzystywanej w przemyśle owocowo-warzywnym, cukierniczym czy też mięsnym, właściwości reologiczne kleików skrobiowych są przedmiotem ciągłych badań. W wielu produktach przemysłu spożywczego układy złożone ze skrobi i hydrokoloidu nieskrobiowego są bardzo ważnymi czynnikami teksturotwórczymi, na szczególną uwagę zasługują zatem wzajemne interakcje między skrobią i gumami spożywczymi (Rao 1999, Sikora i Kowalski 2003, Sikora i Krystijan 2008).

Jednym z hydrokoloidów dodawanych do żywności jest guma gellanowa, polisacharyd rozpuszczalny w wodzie, wytwarzany w wyniku fermentacji tlenowej przez bakterie *Sphingomonas elodea*. Tworzy ona pseudoplastyczne roztwory, które wytrzymują zarówno ogrzewanie jak i zamrażanie/rozmarzanie i z tego powodu jest chętnie stosowana jako dodatek do żywności. Guma gellanowa posiada w cząsteczce liczne grupy acylowe, co sprawia, że jest zdolna do tworzenia żeli miękkich i elastycznych. Ponadto istnieje możliwość modyfikacji cząsteczki tej gumy poprzez kontrolę ilości grup acylowych, co pozwala na otrzymywanie pochodnych tworzących żele o żądanej twardości i kruchości. Stąd hydrokoloid ten występuje w postaci niskoacylowej gumy gellanowej (ggLA – rys. 1a) oraz wysokoacylowej gumy gellanowej (ggHA – rys. 1b) (Materiały firmy CP Kelco 2007). Działanie teksturotwórcze



**Rys. 1.** Budowa cząsteczki gumy gellanowej  
**Fig. 1.** Chemical structure of gellan gum unit

gumy gellanowej jako środka zagęszczającego i/lub żelującego pozwala na zastosowanie jej jako stabilizatora zawiesin tiksotropowych, jakimi są chociażby roztwory skrobi o różnym pochodzeniu botanicznym.

W literaturze przedmiotu istnieje wiele prac wyjaśniających wzajemne interakcje skrobi z hydrokolidami polisacharydowymi. Bardzo szeroki stan wiedzy w zakresie tych badań przedstawiają artykuły przeglądowe Sikory (Sikora i Kowalski 2003, Sikora i Krystyan 2008).

Celem pracy było zbadanie wzajemnych relacji między skrobią a gumą gellanową poprzez ocenę ich właściwości reologicznych oraz wpływ temperatury na stabilność badanych mieszanin.

#### MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiła naturalna skrobia ziemniaczana Superior Standard produkowana przez Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A. w Luboniu oraz wysokoacylowa guma gellanowa (ggHA) firmy CP Kelco KELCOGEL z San Diego w Stanach Zjednoczonych.

Do badań przygotowano trzy roztwory:

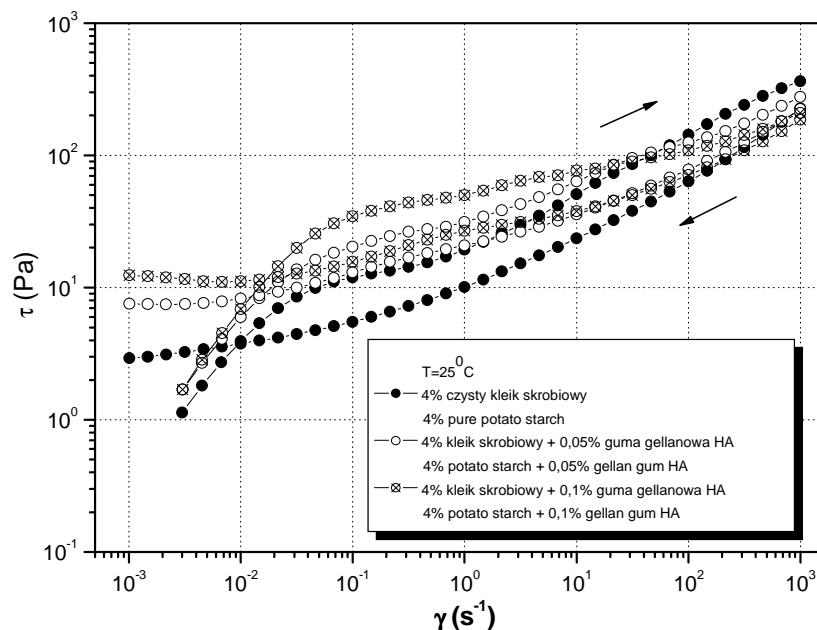
- 4% czysty kleik skrobiowy,
- 4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,05% Gogha,
- 4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,1% Gogha,

Roztwory do badań przygotowywano w opisany poniżej sposób: naważkę skrobi mieszano lub też nie z odpowiednią ilością gumy gellanowej i wody destylowanej, tak by stężenie skrobi w dyspersji wynosiło 4% (m/v), natomiast stężenie dodatku gumy gellanowej odpowiednio 0,05% i 0,1% (m/v). Próbkę mieszano przy użyciu mieszadła mechanicznego z szybkością 300 obr·min<sup>-1</sup> przez 30 min. w temp. pokojowej w celu spulchnienia ziaren. Następnie otrzymaną dyspersję w naczyniu z kolumną zwrotną, aby zapobiec odparowaniu wody, ogrzewano w łaźni wodnej w temp. 95±1°C przez 30 min. przy ciągłym mieszaniu z szybkością 300 obr·min<sup>-1</sup>. Otrzymany kleik skrobiowy studzono w łaźni wodnej w temp. 20°C, a po wystudzeniu przechowywano w zamkniętym naczyniu szklanym w lodówce w temp. 5°C przez 24 godziny. Po upływie 24 godzin właściwości reologiczne badanych roztworów wyznaczono za pomocą reometru rotacyjnego firmy Anton Paar z zastosowaniem układu pomiarowego typu stożek – płytka. Badania reologiczne przeprowadzono w szerokim zakresie zmian szybkości ścinania od 0,001 s<sup>-1</sup> do 1000 s<sup>-1</sup>, dokonując pomiaru wartości naprężenia stycznego oraz lepkości pozornej. Badania te przeprowadzono w 3 sekwencjach, tzn. przy wzrastającej szybkości ścinania w ciągu 5 min., następnie przy stałej szybkości ścinania równej 1000 s<sup>-1</sup> przez 5 min., oraz przy malejącej szybkości ścinania również przez 5 min. – uzyskując w ten sposób pętlę histerezy. Badania prowadzono

w trzech temperaturach, tj. w temperaturze 5°C, 25°C i 45°C, zmieniając próbkę przed badaniem w kolejnej temperaturze.

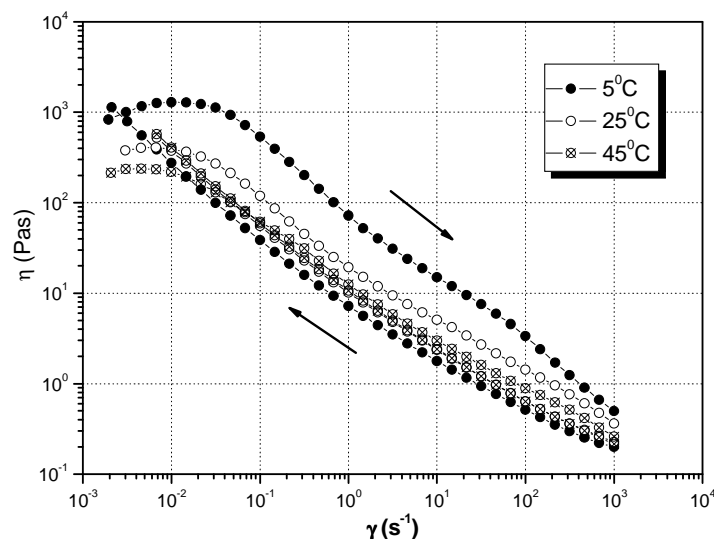
### WYNIKI I DYSKUSJA

W trakcie pomiarów reometrycznych uzyskano krzywe płynięcia i krzywe lepkości pozornej z pętlą histerezy – rysunki 2 i 3. Jeżeli podczas pomiaru wartości naprężenia stycznego przy malejącej szybkości ścinania są mniejsze niż przy wzrastającej szybkości ścinania to badany roztwór posiada właściwości tiksotropowe. Wartość pola powierzchni między krzywą wstępującą – przy wzrastających szybkościach ścinania, a krzywą zstępującą – przy malejących szybkościach ścinania jest miarą wielkości tiksotropii. Pole tej powierzchni ma wymiar energii dostarczonej do ścinanej objętości roztworu. Tiksotropia jest izotermiczną, odwracalną przemianą, zachodzącą pod wpływem czynników mechanicznych, powodującą zniszczenie struktur występujących w roztworze. Jest zatem procesem ciągłego zmniejszania lepkości pozornej w warunkach ścinania wraz z późniejszym odzyskaniem lepkości w warunkach spoczynku (Ferguson i Kembłowski 1995, Dziubiński i in. 2009, Kiljański i in. 2009).



**Rys. 2.** Krzywe płynięcia kleików skrobiowych w  $T = 25^{\circ}C$

**Fig. 2.** Flow curves of starch paste at  $T = 25^{\circ}C$



**Rys. 3.** Krzywe lepkości 4% czystego kleiku skrobiowego

**Fig. 3.** Viscosity curves of 4% pure potato starch

Określenie wartości pola powierzchni pętli histerezy i jego zmian wraz ze zmianą temperatury pozwala na ocenę stabilności powstałej struktury w obecności lub też przy braku zastosowanego hydrokoloidu polisacharydowego. Wyliczenia wartości pola powierzchni pętli histerezy  $S$  dokonano oznaczając odpowiednio wartości pola powierzchni poniżej górnej –  $S'$  i dolnej –  $S''$  krzywej lepkości pozornej w badanym zakresie szybkości ścinania. Natomiast wartość współczynnika tiksotropii  $K$  wyznaczono z zależności o postaci:

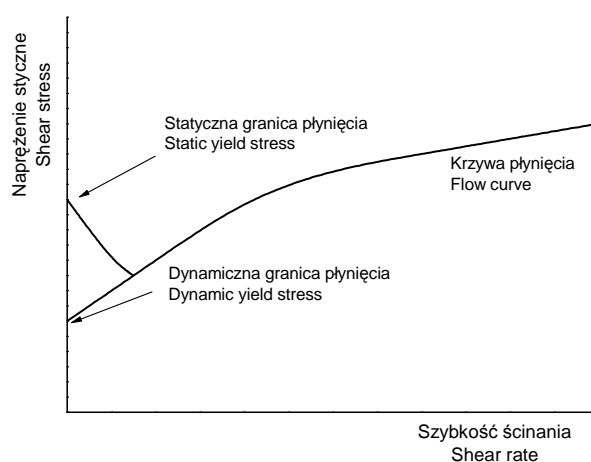
$$K = \frac{S}{\gamma_{\max}} \quad (1)$$

gdzie:  $\gamma_{\max}$  oznacza maksymalną szybkość ścinania równą  $1000 \text{ s}^{-1}$ .

Zaobserwowane w trakcie przeprowadzanych badań zjawisko tiksotropii pojawia się wówczas, gdy pojedyncze, rozproszone cząstki tworzą trójwymiarową strukturę mającą charakter sieci. Tak utworzona struktura przypomina strukturę żelu (Rao 1999, Steffe 1996). Ponadto struktura ta w roztworach o właściwościach tiksotropowych wykazuje pewną sztywność. Sztywność struktury tiksotropowej określa maksymalne naprężenie styczne konieczne do zniszczenia wewnętrznej struktury roztworu pozostającego w spoczynku. Jest to rzeczywista granica płynięcia płynów plastyczno-tiksotropowych zwana statyczną granicą płynięcia  $\tau_{ma}$ . Jej wartość pokrywa się z wartością uzyskaną przez przecięcie

stycznej do krzywej płynięcia z osią naprężeń w przypadku, gdy niszczenie poszczególnych etapów utworzonej struktury odbywa się w sposób ciągły.

Graniczne naprężenie styczne, powyżej którego badany roztwór zaczyna płynąć nazywane jest dynamiczną granicą płynięcia  $\tau_y$ . Dynamiczną granicę płynięcia wyznacza się poprzez interpolację dolnej krzywej płynięcia i zazwyczaj jej wartość jest mniejsza od wartości statycznej granicy płynięcia. Różnica pomiędzy wartościami statycznej a dynamicznej granicy płynięcia określa sprężystość badanej struktury – rysunek 4.



**Rys. 4.** Wykres poglądowy wyznaczania statycznej i dynamicznej granicy płynięcia (Rao 1999, Steffe 1996)

**Fig. 4.** Illustration of static and dynamic yield stress (Rao 1999, Steffe 1996)

Wartości wyznaczonego pola powierzchni pętli histerezy, współczynnika tiksotropii, statycznej i dynamicznej granicy płynięcia oraz sprężystości struktury dla badanych roztworów przedstawia tabela 1. Z przedstawionych danych wynika, że wraz ze wzrostem temperatury wartości pola powierzchni, otrzymanej w wyniku badań reologicznych, pętli histerezy maleją tak dla czystego 4% kleiku skrobiowego jak i dla kleików skrobiowych z dodatkiem gumy gellanowej. Malejące wartości pola powierzchni pętli histerezy świadczą o mniejszej podatności struktury wewnętrznej roztworu na zniszczenie. Najbardziej podatny na zniszczenie struktury wewnętrznej jest czysty kleik skrobiowy, którego wartości pola powierzchni pętli histerezy dla 3 analizowanych temperatur są największe. Dodatek do 4% kleiku skrobiowego gumy gellanowej okazał się najkorzystniejszy w temperaturze 45°C – pola powierzchni pętli histerezy najmniejsze, a więc struktura najmniej podatna na zniszczenie.

**Tabela 1.** Charakterystyka cech tiksotropowych kleików skrobiowych  
**Table 1.** Characteristics of thixotropy of potato starch

Temperatura – Temperature (°C)	S (Pas·s <sup>-1</sup> )	K (–)	$\tau_{ma}$ (Pa)	$\tau_y$ (Pa)	$\tau_{ma}-\tau_y$ (Pa)
4% czysty kleik skrobiowy – 4% pure potato starch					
5	1611	1,611	2,0	0,03	1,97
25	460	0,46	2,5	0,03	2,47
45	142	0,142	3,0	0,03	2,97
4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,05% Gogha – 4% potato starch + 0.05% ggHA					
5	1011	1,011	2,3	0,1	2,2
25	286	0,286	7,0	0,1	6,9
45	48	0,048	12,1	0,1	12,0
4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,1% Gogha – 4% potato starch + 0.1% ggHA					
5	948	0,948	4,0	0,2	3,8
25	312	0,312	12,3	0,2	12,1
45	28	0,028	22,5	0,2	22,3

Dla temperatur 5°C i 25°C dodatek gumy gellanowej zmniejszył wartości pola powierzchni pętli histerezy w stosunku do czystego kleiku skrobiowego, jednak posiadają one jeszcze dość znaczące wartości, świadczące o sporej możliwości zniszczenia struktury ścinaniem. Wskazują na to również wartości współczynnika tiksotropii.

Wartości statycznej granicy płynięcia  $\tau_{ma}$  rosną wraz ze wzrostem temperatury dla wszystkich 3 analizowanych roztworów. Jednak dla 4% czystego kleiku skrobiowego wraz ze wzrostem temperatury o kolejne 20°C wartość  $\tau_{ma}$  rośnie równomiernie o 0,5 Pa. Dodatek gumy gellanowej (zarówno 0,05% jak i 0,1%) powoduje blisko 3-krotny wzrost wartości statycznej granicy płynięcia przy wzroście temperatury z 5°C do 25°C oraz prawie 2-krotny wzrost wartości  $\tau_{ma}$  przy wzroście temperatury z 25°C do 45°C. Zatem sztywność struktury wewnętrznej badanych roztworów wzrasta wraz ze wzrostem temperatury i osiąga wartości maksymalne w temperaturze 45°C dla kleików skrobiowych z dodatkiem gumy gellanowej. W tych warunkach struktura jest najmniej podatna na zniszczenie ścinaniem, gdyż wymaga maksymalnej wartości naprężenia stycznego koniecznego do zniszczenia wewnętrznej struktury roztworu pozostającego w spoczynku.

Wartości dynamicznej granicy płynięcia nie zależą od zmian temperatury i pozostają na stałym poziomie, zmieniają się natomiast w zależności od ilości dodanego do kleiku skrobiowego hydrokoloidu.

Różnica między statyczną a dynamiczną granicą płynięcia będąca sprężystością struktury wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. W analizowanych przypadkach zależy ona silnie od wartości sztywności struktury, czyli statycznej granicy płynięcia i najwyższe wartości osiąga w temperaturze 45°C dla kleików skrobiowych z 0,05% i 0,1% dodatkiem wysokoacylowej gumy gellanowej.

Z reologicznego punktu widzenia analiza cech tiksotropowych badanych roztworów wydaje się jednak niewystarczająca do oceny stabilności zawiesin skrobiowych. W związku z tym dla potrzeb niniejszej pracy uzyskane w trakcie pomiarów reometrycznych krzywe lepkości pozornej przy wzrastających szybkościach ścinania opisano jednym z dostępnych w literaturze przedmiotu modeli reologicznych. Zastosowano do tego celu model Carreau o postaci:

$$\eta = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0 - \eta_{\infty}}{[1 + (\lambda \cdot \dot{\gamma})^2]^N} \quad (2)$$

Model ten opisuje krzywą lepkości w bardzo szerokim zakresie szybkości ścinania. Jednak na szczególną uwagę zasługuje stała czasowa  $\lambda$ , będąca stałą czasową strukturalnego zniszczenia splątania pomiędzy makrocząsteczkami, siłami ścinającymi i ruchami Browna. Stała ta oznacza również czas potrzebny na relaksację powstałych naprężeń.

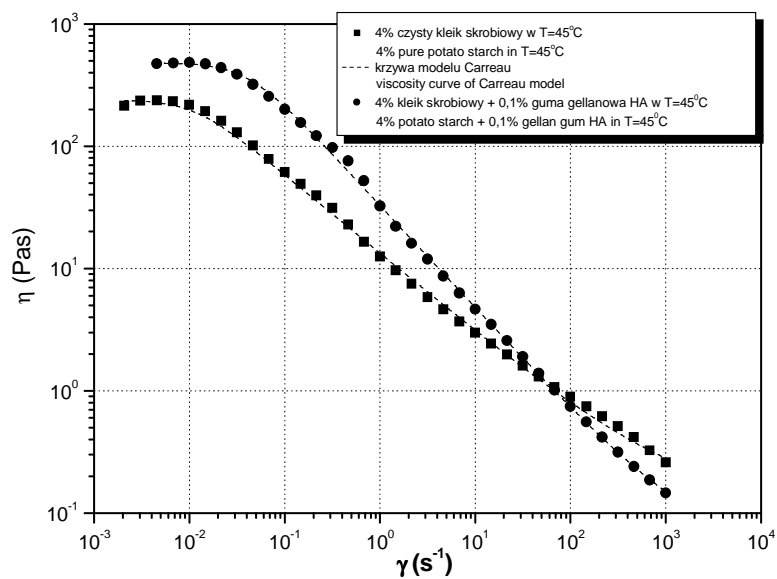
W tabeli 2 przedstawiono wartości parametrów reologicznych modelu Carreau dla badanych kleików skrobiowych, zaś na rysunku 5 przedstawiono przykłady reometrycznych krzywych lepkościowych z dopasowaną krzywą opisaną parametrami modelu Carreau. Maksymalny błąd wyznaczenia parametrów reologicznych modelu Carreau nie przekraczał  $\pm 20\%$  – rysunek 6.

Wartość liczbowa stałej czasowej  $\lambda$  dla 4% czystego kleiku skrobiowego rośnie wraz ze wzrostem temperatury, co wskazuje że wzrost temperatury powoduje wzrost podatności struktury roztworu na zniszczenie ścinaniem. Już dodatek 0,05% wysokoacylowej gumy gellanowej, sprawia że w każdej z badanych temperatur podatność struktury na zniszczenie ścinaniem maleje o blisko połowę, przy czym wzrost temperatury o kolejne 20°C, tj. z 25°C do 45°C jest praktycznie bez znaczenia, gdyż stała czasowa utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Zwiększenie ilości dodatku gumy gellanowej do 0,1% powoduje, że podatność struktury na zniszczenie ścinaniem maleje również blisko o połowę w stosunku do poprzednich wartości. I tu również zmiana temperatury z 25°C do 45°C jest praktycznie bez znaczenia. Należy także zauważyć, że różnica między stałą czasową w temperaturze 5°C a 25°C wynosi już tylko około 10 s, co może świadczyć o podobnym ustrukturuowaniu roztworu, wskazując również na to wartości lepkości pozornej przy szybkości ścinania dążącej do nieskończoności i przy szybkości ścinania dążącej do zera.

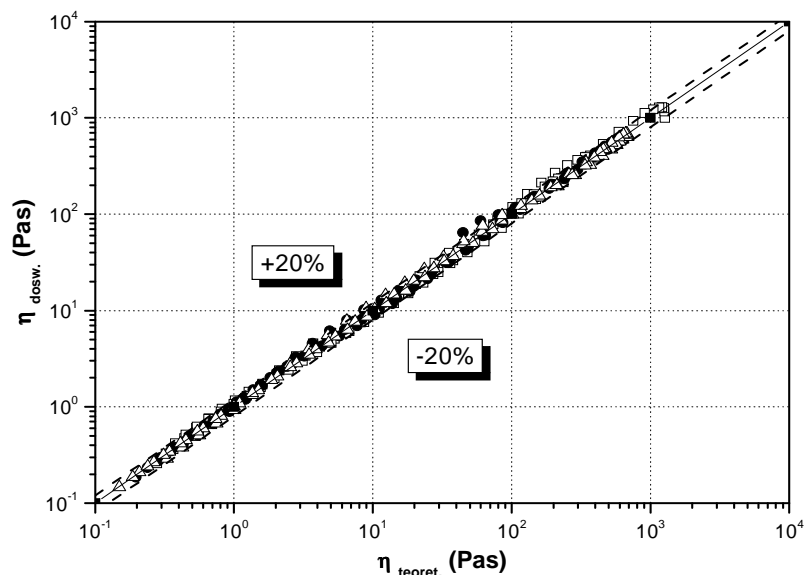


**Tabela 2.** Parametry reologiczne modelu Carreau  
**Table 2.** Rheological parameters of Carreau model

Temperatura – Temperature (°C)	$\eta_{\infty}$ (Pas)	$\eta_0$ (Pas)	$\lambda$ (s)	N (–)	R <sup>2</sup>
4% czysty kleik skrobiowy – 4% pure potato starch					
5	0,027	1280	38,65	0,371	0,996
25	0,1	405	84,28	0,323	0,997
45	0,125	240	90,00	0,322	0,999
4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,05% Gogha – 4% potato starch + 0.05% ggHA					
5	0,07	635	20,83	0,376	0,999
25	0,092	600	40,84	0,376	0,999
45	0,073	450	43,60	0,384	0,998
4% kleik skrobiowy z dodatkiem 0,1% Gogha – 4% potato starch + 0.1% ggHA					
5	0,07	630	10,94	0,419	0,999
25	0,064	688	20,23	0,427	0,999
45	0,049	482	24,74	0,419	0,998



**Rys. 5.** Krzywe lepkości kleików skrobiowych opisane krzywą modelu Carreau  
**Fig. 5.** Viscosity curves of potato starch with viscosity curve of Carreau model



**Rys. 6.** Porównanie doświadczalnej wartości lepkości z wartością teoretyczną uzyskaną z modelu Carreau

**Fig. 6.** Comparison of experimental viscosity and theoretical viscosity of Carreau model

#### WNIOSKI

Badania reologiczne 4% kleików skrobi ziemniaczanej z dodatkiem lub bez dodatku wysokoacylowej gumy gellanowej pozwoliły stwierdzić, że:

1. Uzyskane w wyniku badań reometrycznych krzywe płynięcia i krzywe lepkości pozornej tworzą pętlę histerezy na skutek niszczenia struktury wewnętrznej badanych roztworów.

2. Obecność pętli histerezy sugeruje, że badane roztwory są cieczami wykazującymi zjawisko tiksotropii.

3. Brak obecności hydrokoloidu polisacharydowego w postaci gumy gellanowej objawia się dużymi wartościami pola powierzchni pętli histerezy, a więc dużą podatnością na zniszczenie struktury wewnętrznej roztworu.

4. Już niewielki dodatek gumy gellanowej do roztworu skrobi przyczynia się do zmniejszenia wartości pola powierzchni pętli histerezy, przy czym jest ono najmniejsze w temperaturze 45°C, co świadczy o tym, że w tej temperaturze struktura najszybciej się odbudowuje.

5. Sztwywność struktury rośnie wraz ze wzrostem temperatury i dodatku hydrokoloidu polisacharydowego.

6. Wartości stałej czasowej  $\lambda$  modelu Carreau rosną wraz ze wzrostem temperatury, co wskazuje na większą podatność struktury wewnętrznej roztworu na zniszczenie ścinaniem, ale dodatek wysokoacylowej gumy gellanowej prowadzi do zmniejszenia relaksacji naprężeń niezależnie od temperatury i do ustabilizowania struktury wewnętrznej badanych roztworów.

#### PIŚMIENNICTWO

- Dziubiński M., Kiljański T., Sęk J., 2009. Podstawy reologii i reometrii płynów, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź .
- Ferguson J., Kembłowski Z., 1995. Reologia stosowana płynów, Wydawnictwo MARCUS, Łódź .
- Kiljański T., Dziubiński M., Sęk J., Antosik K., 2009. Wykorzystanie pomiarów właściwości reologicznych płynów w praktyce inżynierskiej, EKMA, Warszawa.
- Materiały firmy CP Kelco KELCOGEL, 2007. Gellan Gum Book 5<sup>th</sup> Edition.
- Rao M. A., 1999. Rheology Of Fluid And Semisolid Food Principles And Applications, Aspen Publishers, Gaithersburg.
- Sikora M., Kowalski S., 2003. Interakcje skrobi różnego pochodzenia botanicznego z hydrokolidami polisacharydowymi. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1 (34) Supl., 40-55.
- Sikora M., Krystyan M., 2008. Interakcje skrobi różnego pochodzenia botanicznego z nieskrobiowymi hydrokolidami polisacharydowymi. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 1 (56), 23-40.
- Steffe J. F., 1996. Rheological Methods In Food Process Engineering, Freeman Press, East Lansing.

#### INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THIXOTROPIC STARCH PASTES STABILITY IN THE PRESENCE OF FOOD ADDITIVES

*Magdalena Orczykowska, Marek Dziubiński, Paweł Budzyński*

Faculty of Process and Environmental Engineering, Technical University of Łódź  
ul. Wólczajska 213, 90-924 Łódź  
e-mail: orczykow@wipos.p.lodz.pl

**Abstract.** The paper presents the results of rheological experiments with aqueous solutions of pure starch in the presence or without gellan gum. The solutions were tested at temperatures of 5°C, 25°C and 45°C in testing the hysteresis loop. To describe the rheological properties the Carreau model was used. Estimations were performed of the value of the static and dynamic yield stress and elastic structure formed. Thixotropic properties of the solutions were discussed by specifying the size of the surface area of the hysteresis loop.

**Key words:** thixotropy, starch, gellan gum, food stabilizer