

BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW, STANISŁAW MLEKO, SYLWIA ANDRUSZCZAK

## **WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE MIESZANIN GUMY KSANTANOWEJ I RÓŻNYCH RODZAJÓW SKROBI**

### **Streszczenie**

Celem pracy było określenie właściwości reologicznych mieszanin skrobi z gumą ksantanową. Żele badanych skrobi wykazywały właściwości pseudoplastyczne i miały granicę płynięcia.

Największą lepkością charakteryzował się kleik z modyfikowanej skrobi ziemniaczanej MSZ (acetylowany adypinian diskrobiowy). Podczas schładzania tego kleiku lepkość wzrastała w sposób ciągły i w temp. 25°C wynosiła 127 mPa·s. Najwyższą wartość granicy płynięcia wśród skrobi ziemniaczanych – 5,36 Pa – osiągnęła skrobia MSZ. Wśród skrobi kukurydzianych najmniej podatna na odkształcenia była modyfikowana skrobia MKW (acetylowany adypinian diskrobiowy uzyskany z kukurydzy woskowej), której granica płynięcia wynosiła 3,53 Pa. Spośród badanych skrobi najbardziej odporne na siły ścinające były kleiki z natywnej skrobi ziemniaczanej NSZ. Dodatek gumy ksantanowej powodował wyraźny wzrost lepkości pozornej skrobi MKW. Największą lepkością, wynoszącą 809 mPa·s w temp. 25°C, charakteryzowała się próba z 0,1% dodatkiem gumy ksantanowej. Wzrost stężenia soli wyraźnie zwiększał lepkość mieszanin MKW-GK, która osiągnęła 950 mPa·s w temp. 25°C, przy 0,5 M stężeniu NaCl.

Majonezy niskotłuszczowe, o 50% zawartości tłuszczu, z dodatkiem badanych polisacharydów miały podobne właściwości do majonezu zawierającego 80–85% tłuszczu. Najlepszą teksturę osiągnęły majonezy zawierające mieszaninę gumy ksantanowej ze skrobią w proporcji 1:4.

**Słowa kluczowe:** tekstura, granica płynięcia, temperatura kleikowania, lepkość pozorna

### **Wstęp**

Nowe wymagania stawiane produktom spożywczym skłaniają do stosowania nowych technologii produkcji i przetwórstwa oraz przyczyniają do użycia wielu niewykorzystywanych dotychczas surowców i dodatków. Stosowanie tych dodatków poprawia jakość i trwałość produktów, obniża koszty produkcji, ułatwia przygotowanie

---

*Mgr inż. B. Sołowiej, dr inż. W. Gustaw, prof. dr hab. S. Mleko, Katedra Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowalnictwa, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-950 Lublin, mgr inż. S. Andruszczak, Katedra Roślin Przemysłowych i Leczniczych, AR w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin*

potraw oraz urozmaica dietę. W szczególności, dodatek do żywności takich substancji, jak skrobie modyfikowane oraz inne wielocząsteczkowe hydrokoloidy węglowodanowe (gumy i karageny) może wpływać dodatnio na cechy reologiczne produktu finalnego i umożliwiać wytwarzanie wyrobów o wysokiej jakości.

Hydrokoloidy zapewniają stabilność produktów podczas przechowywania, zapobiegają rozwarstwianiu się roztworów, krystalizacji, umożliwiają regulowanie właściwości reologicznych. Dodatek hydrokoloidów w układach wodnych powoduje zwiększenie lepkości roztworu, a przy wyższej koncentracji zretencjonowanie wody i utworzenie żelu. Niektóre biopolimery, np. guma ksantanowa, mogą imitować właściwości sensoryczne tłuszczu. Gumę ksantanową po raz pierwszy na skalę przemysłową otrzymano w USA przy wykorzystaniu szczepu *Xanthomonas campestris* B-1459 [10]. Roztwory gumy ksantanowej o zawartości polisacharydu powyżej 0,3% charakteryzują się dużą lepkością, mają zdolność słabego płynięcia i są podobne do żelu [6]. Guma ksantanowa tworzy termoodwracalne i elastyczne żele po połączeniu jej z galaktomannanami, takimi jak mączka chleba świętojańskiego, natomiast z gumą guar nie tworzy twardych żeli, ale bardzo lepkie roztwory [7]. Guma ksantanowa odznacza się niezwykłą odpornością na mrożenie, topienie, działanie enzymów, długotrwałe mieszanie czy ogrzewanie mikrofalowe [8]. Mieszanki skrobi z hydrokoloidami wykorzystywane są w przemyśle spożywczym od ponad 50 lat. Jednym z powodów stosowania takich mieszanin jest ograniczenie stosowania skrobi o co najmniej 50%, co pozwala na zmniejszenie kaloryczności wytwarzanej żywności. Wiadomo, że dodatek hydrokoloidów ogranicza synerzę skrobi i poprawia właściwości teksturalne żeli skrobiowych [8]. Interakcje mogą zachodzić pomiędzy amylozą i niskocząsteczkową amylopektyną, wydzielonymi z uszkodzonych gałeczek skrobi, a gumami. Dodatek gum powoduje wzrost sił rozrywających gałeczki skrobi i przez to zwiększa się ilość substancji wypływającej z gałeczek [2].

Celem niniejszej pracy było zbadanie mieszanin skrobi z gumą ksantanową pod względem ich cech reologicznych oraz zastosowanie otrzymanych mieszanin do produkcji majonezów o obniżonej zawartości tłuszczu.

### **Materiał i metody badań**

W badaniach wykorzystano modyfikowaną skrobię kukurydzianą (E-1422 – acetylowany adypinian diskrobiowy) z kukurydzy woskowej (MKW), natywną skrobię ziemniaczaną (NSZ), (National Starch & Chemical, Niemcy), natywną skrobię z kukurydzy woskowej (NKW), natywną skrobię kukurydzianą (NSK) i modyfikowaną skrobię ziemniaczaną (MSZ) (E-1422 – acetylowany adypinian diskrobiowy) – (CLPZ Poznań), gumę ksantanową (GK) (Sigma, USA).

### *Przygotowanie zawiesin skrobi i badania reologiczne*

Zawiesinę skrobi o stężeniu 5% sporządzano w wodzie destylowanej. Zawiesinę mieszano przez ok. 15 min w temp. pokojowej, a następnie otrzymaną próbkę przenoszono do wiskozymetru Brookfield DV-II+. Próbkę podgrzewano do temp. 90°C (z szybkością 1°C/20s) i, w celu określenia temperatury kleikowania skrobi, mierzono jej lepkość, a następnie schładzano do 20°C. Lepkość mierzono w układzie cylindrów współosiowych (Small Sample Adapter) przy prędkości 50 obr./min. W kolejnym doświadczeniu mierzono lepkość kleików skrobiowych w temp. 25°C w zakresie prędkości 0,5–100 obr./min. i wyznaczano współczynniki płynięcia oraz granicę płynięcia. Naprężenie styczne wyznaczano na podstawie równania potęgowego Ostwalda de Waele'a:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n$$

gdzie:

$\tau$  – naprężenie styczne [Pa],  $\dot{\gamma}$  – prędkość ścinania [ $s^{-1}$ ],  $n$  – współczynnik płynięcia,  $K$  – lepkość [ $Pa \cdot s$ ].

Granice płynięcia żelu skrobiowego wyznaczano na podstawie wzoru Cassona:

$$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta \dot{\gamma}}$$

gdzie:

$\tau$  – naprężenie styczne [Pa],  $\tau_0$  – granica płynięcia [Pa],  $\eta$  – lepkość plastyczna [ $Pa \cdot s$ ],  $\dot{\gamma}$  – prędkość ścinania [ $s^{-1}$ ].

Wyniki rejestrowano przy użyciu programu komputerowego Win Gather VI.

### *Przygotowanie mieszanin skrobi z gumą ksantanową*

W wodzie destylowanej sporządzano 5% mieszaniny skrobi MKW z gumą ksantanową o stężeniu: 0,1; 0,5 i 0,025%. W celu porównania sporządzono 5% wodne mieszaniny gumy ksantanowej z NKW.

### *Przygotowanie próbek majonezu*

Majonez otrzymywano w mikserze Zelmer Typ 371.5. Majonez pełnotłuszczowy zawierał 85% oleju rzepakowego, 6,2% kwasu octowego, 1% żółtka, 1,55% cukru i 0,25% soli. Żółtko jaja, cukier, sól były miksowane przy szybkości „4” przez 2 min. Dodawano olej w dawkach 1/20 zaplanowanego dodatku. Przy tej operacji szybkość obrotów zmniejszono do „3”. Kwas octowy 20% dodawano pod koniec dodawania oleju w dawkach 1/10 zaplanowanej ilości.

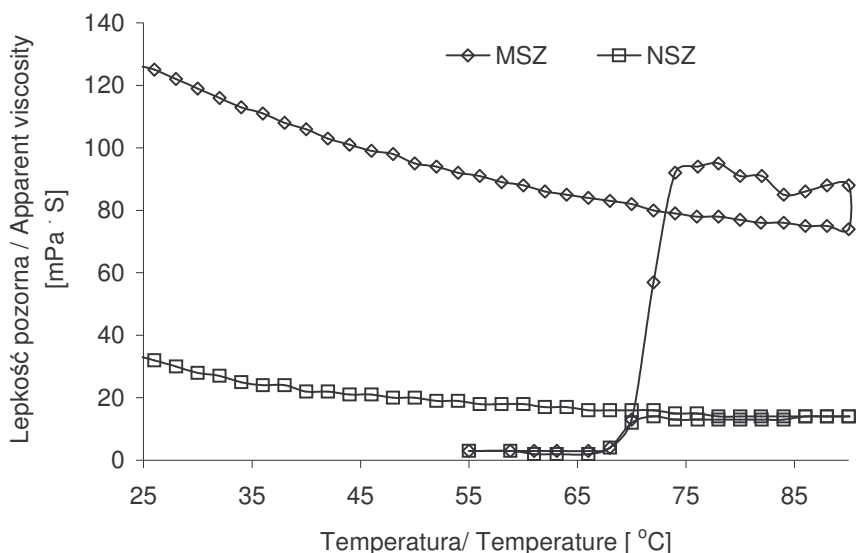
W kolejnej serii badań określano wpływ dodatku mieszaniny skrobi MKW z GK w proporcjach: 1:4, 2:3, 1:1 na właściwości reologiczne niskotłuszczowych majonezów, zawierających 50% oleju rzepakowego.

*Badanie siły wnikania i konsystencji majonezu*

Analizę tekstury majonezu przeprowadzono przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, UK). Dokonywano penetracji głowicą cylindryczną o średnicy 36 mm na głębokość 10 mm przy prędkości przesuwu głowicy 1,0 mm/s.

**Wyniki i dyskusja**

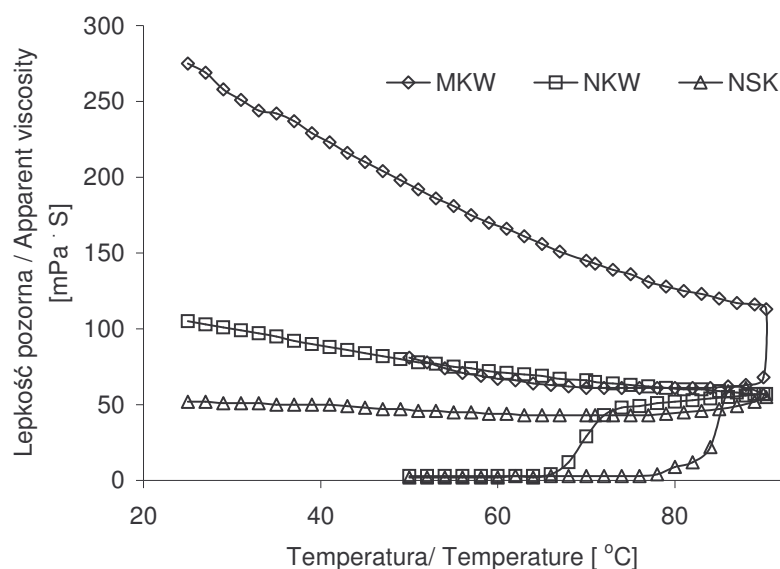
W pierwszej serii przeprowadzono badania skrobi ziemniaczanych (rys. 1). Próbki 5% zawiesin skrobi ogrzewano do temp. 90°C, przetrzymywano w tej temp. przez 5 min, a następnie chłodzono do 25°C. Największą lepkością charakteryzował się kleik ze skrobi ziemniaczanej MSZ. W zakresie temp. 50–60°C lepkość była stała i wynosiła 5–7 mPa·s. Następnie w temp. 68°C zaobserwowano wyraźny wzrost lepkości do 95–100 mPa·s, która utrzymywała się na tym poziomie do osiągnięcia temp. 90°C. Wzrost ten spowodowany był kleikowaniem skrobi. Podczas schładzania kleiku skrobiowego lepkość ciągle wzrastała i w temp. 25°C wynosiła 127 mPa·s. Wzrost lepkości w tym zakresie temperatury spowodowany był żelowaniem skrobi i utrwalaniem się struktury żelowej za pomocą wiązań wodorowych. Natywna skrobia ziemniaczana zachowywała się podobnie, charakteryzowała się jednak wyraźnie mniejszą lepkością. Temp. kleikowania natywnej skrobi ziemniaczanej również wynosiła 68°C.



Rys. 1. Wpływ temperatury na zmiany lepkości pozornej 5% zawiesin skrobi ziemniaczanych.

Fig. 1. The effect of temperature on changes in the apparent viscosity of 5% potato starch suspensions.

W następnej serii badań przeprowadzono oznaczanie lepkości skrobi kukurydzianych (rys. 2). Lepkość roztworów skrobi NKW i NSK w zakresie temp. 50–68°C utrzymywała się na niskim poziomie. Od temp. 68°C lepkość NKW zaczęła wzrastać, a w przypadku skrobi NSK wzrost lepkości zaobserwowano w temp. 80°C. Po przetrzymaniu próbek w temp. 90°C przez 5 min i ochłodzeniu nastąpił dalszy wzrost lepkości. Temp. kleikowania natywnej skrobi kukurydzianej wynosiła 62–74°C, w podobnym zakresie temperatury kleikuje skrobia z kukurydzy o dojrzałości woskowej [8]. Sudhakar i wsp. [12] wyznaczyli temperaturę kleikowania natywnej skrobi kukurydzianej przy użyciu reometru rotacyjnego na poziomie 86,6°C. Inaczej zachowywała się skrobia MKW. Podczas ogrzewania w temp. od 40 do 90°C następował wyraźny spadek lepkości ze 150 do 68 mPa·s. Po przetrzymaniu kleiku w wysokiej temperaturze i ochłodzeniu nastąpił wzrost lepkości ze 110 do 270 Pa·s.



Rys. 2. Wpływ temperatury na zmiany lepkości pozornej 5% zawiesin skrobi kukurydzianych.

Fig. 2. The effect of temperature on changes in the apparent viscosity of 5% maize starch suspensions.

#### Oznaczanie granicy płynięcia i współczynnika płynięcia żeli skrobiowych w temp. 25°C

Granica płynięcia nazywa się najmniejszą wartością naprężenia, przy której próbka zaczyna się odkształcać. Najwyższą granicę płynięcia wykazała skrobia modyfikowana MSZ, a wynosiła ona 5,36 Pa i była zdecydowanie wyższa w porównaniu z natywną skrobią ziemniaczaną (tab. 1).

Wśród skrobi kukurydzianych najmniej podatna na odkształcenia była modyfikowana skrobia MKW, której granica płynięcia wynosiła 3,53 Pa. Nieco

mniejszą granicą płynięcia charakteryzowała się natywna skrobia z kukurydzy o dojrzałości woskowej SD (tab. 1).

Ciecze, których naprężenie zmienia się w sposób wykładniczy wraz ze zmianą prędkości ścinania nazywa się cieczami Ostwalda de Waele'a. Badane próbki skrobi były substancjami pseudoplastycznym. Ich lepkość zmniejszała się wraz ze wzrostem prędkości ścinania. Wyznaczone wartości liczbowe współczynnika płynięcia  $n$  były mniejsze od jedności, co oznacza, że wraz ze wzrostem naprężenia nachylenie prostej stycznej do krzywej płynięcia maleje, czyli maleje lepkość pozorna. Im mniejsza jest wielkość współczynnika płynięcia, tym bardziej substancja jest rozrzedzana wraz ze wzrostem prędkości ścinania. Najmniejszą wartością liczbową współczynnika płynięcia charakteryzowała się skrobia MSZ. Wśród badanych skrobi najbardziej odporne na siły ścinające były kleiki NSZ (tab. 1). Według Shudakara i wsp. [12] współczynnik płynięcia roztworu 5% natywnej skrobi kukurydzianej był dużo większy niż w obecnych badaniach i wynosił 0,75 w temp. pokojowej.

Tabela 1

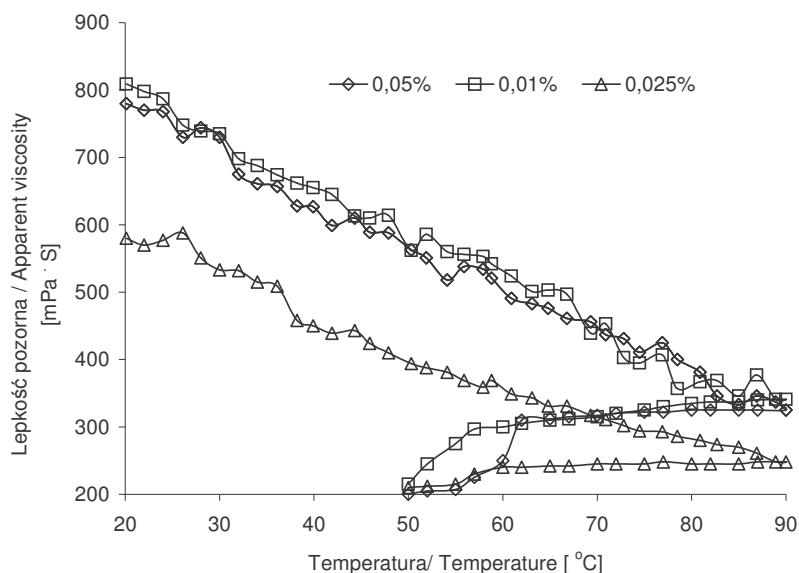
Właściwości reologiczne zawiesin skrobi różnego pochodzenia w temp. 25°C.  
The rheological properties of various types of starch at a temperature of 25°C.

Lp./Pos.	Skrobia Starch	Temp. kleikowania Gelatinization temperature [°C]	Współczynnik płynięcia Flow	Granica płynięcia Yield stress [Pa]	Lepkość w 25°C Viscosity in 25°C [mPa·s]
1	NSZ	68	0,47	1,59	28
2	NKW	70	0,43	3,01	98
3	NSK	80	0,44	0,92	50
4	MSZ	68	0,29	5,36	127
5	MKW	85	0,43	3,53	270

#### *Wpływ dodatku gumy ksantanowej na właściwości reologiczne zawiesin skrobi modyfikowanej z kukurydzy o dojrzałości woskowej*

Badania przeprowadzane były w podobny sposób jak przy wyznaczaniu temperatury kleikowania i lepkości roztworów różnych skrobi. Zbadano próbki mieszanin skrobi NKW i MKW z dodatkiem GK w różnych proporcjach. W pierwszej serii przeprowadzono badania zmiany lepkości mieszanin pod wpływem temperatury

skrobi MKW (rys. 3). Zaobserwowano wzrost lepkości roztworów wraz ze wzrostem stężenia GK. Przy 0,025 i 0,05% dodatku GK, roztwór mieszany skrobi z polisacharydem kleikował w temp. około 60°C, przy większym stężeniu gumy ksantanowej mieszanina kleikowała już od temp. 50°C. Shudakar i wsp. [12], badając wpływ dodatku gumy ksantanowej do skrobi kukurydzianej, również stwierdzili, że dodatek tego polisacharydu powodował obniżenie temperatury kleikowania roztworu samej skrobi z 86,6 do 73°C po dodaniu 0,25% GK. Podczas chłodzenia mieszaniny do temp. 25°C lepkość znacznie wzrosła. Największą lepkością charakteryzowała się próba przy 0,1% dodatku gumy ksantanowej. Wynosiła ona 809 mPa·s w temp. 25°C. (rys. 3), jednak już 0,05% dodatek GK powodował znaczny wzrost lepkości mieszanin skrobi z gumą.

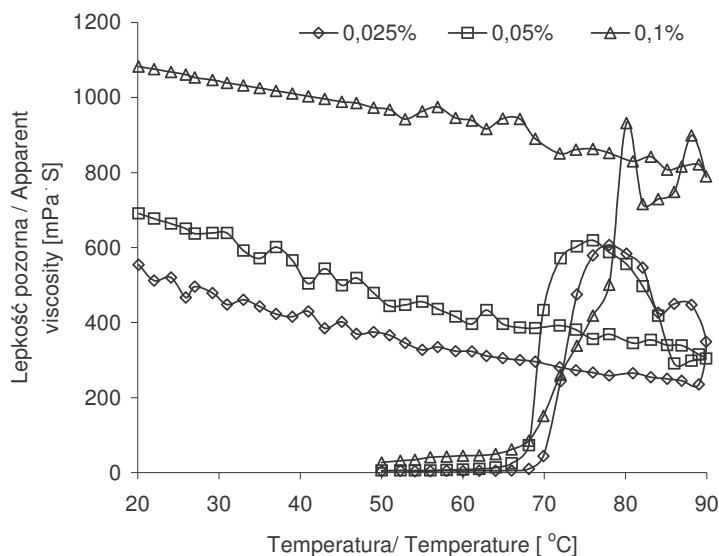


Rys. 3. Wpływ temperatury i stężenia gumy ksantanowej na zmiany lepkości zawiesin natywnej skrobi kukurydzianej z kukurydzy woskowej (NKW).

Fig. 3. The effect of temperature and xanthan gum concentration on changes in the apparent viscosity of native and waxy maize starch suspensions (NKW).

W celu porównania właściwości reologicznych sporządzono roztwory natywnej skrobi kukurydzianej o dojrzałości woskowej z GK w stężeniach 0,025; 0,5 i 0,1%. (rys. 4). Podobnie, jak w przypadku skrobi MKW, nastąpił proporcjonalny wzrost lepkości mieszanin przy większych stężeniach GK. W temp. około 69–71°C następowało kleikowanie mieszanin. Podczas dalszego ogrzewania układów do temp. 77–80°C lepkość wzrastała. Dalszy wzrost temp. do 90°C zmniejszał lepkość mieszanin. Spowodowane było to prawdopodobnie tym, że GK ogrzana do temp.

powyżej  $80^{\circ}\text{C}$  zmieniała swą konformację, a także zwiększył się stopień nieuporządkowania tego polisacharydu. Helikalna struktura GK ulega zniszczeniu na skutek działania wysokiej temperatury oraz dużych stężeń soli [13]. Podczas spadku temperatury mieszanin skrobi z GK zaobserwowano powolny wzrost lepkości. Największą lepkość (powyżej  $1000\text{ mPa}\cdot\text{s}$ ) wykazywała mieszanina skrobi natywnej o największej zawartości gumy ksantanowej (0,1%). Abdumola i wsp. [1] zauważyli, że względnie niskie stężenia polisacharydów, takich jak: guma guar, mączka chleba świętojańskiego, karboksymetyloceluloza i ksantan mogą powodować duży wzrost lepkości skrobi, tak podczas procesu kleikowania, jak i przy późniejszym ochładzaniu. Oddziaływania pomiędzy gumą ksantanową a skrobią są ciągle przedmiotem wielu badań [5, 8, 9]. Szczegółowe badania mieszanin skrobi kukurydzianej z galaktomannanami (guma guar lub mączka chleba świętojańskiego) wykazały, że zwiększenie lepkości mieszanin przypisane jest lokalnemu wzrostowi stężenia galaktomannanów, wywołanemu pęcznieniem ziarenek skrobi podczas kleikowania. Sudhakar i wsp. [12] badali mieszaniny skrobi kukurydzianej z dodatkiem polisacharydów przy użyciu wiskografu Brabendera.



Rys. 4. Wpływ temperatury i stężenia gumy ksantanowej na zmiany lepkości zawieszin modyfikowanej skrobi kukurydzianej z kukurydzy woskowej (MKW).

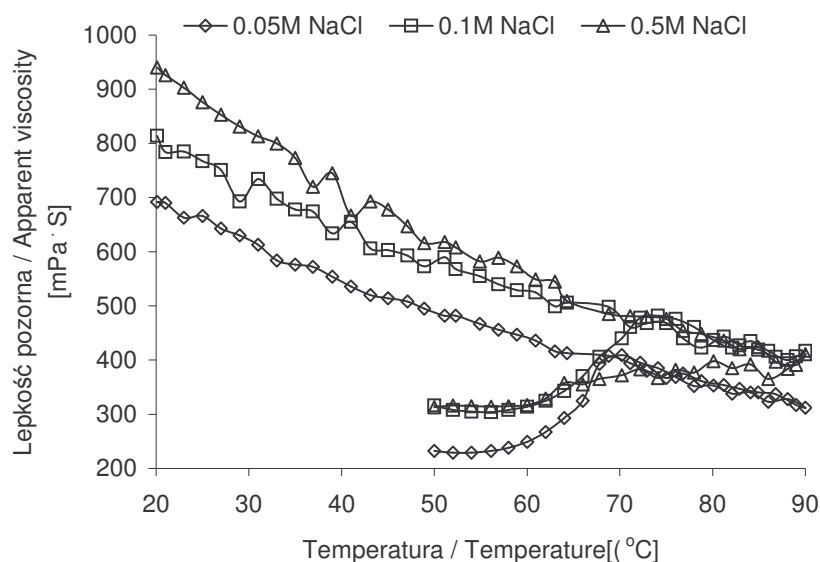
Fig. 4. The effect of temperature and xanthan gum concentration on changes in the apparent viscosity of modified maize starch suspensions (MKW).

Zaobserwowali, że wzrost stężenia gumy ksantanowej wyraźnie zwiększa lepkość mieszanin 5% roztworu skrobi po ochłodzeniu z 300 jednostek Brabendera (JB) do



1000 JB przy 0,1% dodatku gumy ksantanowej oraz do 1570 JB przy 0,25% dodatku tego polisacharydu.

W kolejnym etapie badań określono wpływ obecności NaCl na lepkość mieszanin skrobi MKW z 0,1% GK (rys. 5). Wzrost stężenia soli wyraźnie zwiększał lepkość badanych mieszanin, która osiągnęła 950 mPa·s w temp. 25°C, przy 0,5 M stężeniu NaCl. Podobne wyniki uzyskali Sudhakar i wsp. [13], badając wpływ różnych soli na kleikowanie mieszanin skrobi kukurydzianej (5%) z gumą ksantanową (0,1%). Wzrost lepkości badanych mieszanin tłumaczono zwiększeniem objętości ziarenek skrobi, po przyłączeniu kationów z roztworu.



Rys. 5. Wpływ temperatury i stężenia NaCl na zmiany lepkości zawiesin modyfikowanej skrobi kukurydzianej z kukurydzy woskowej (MKW).

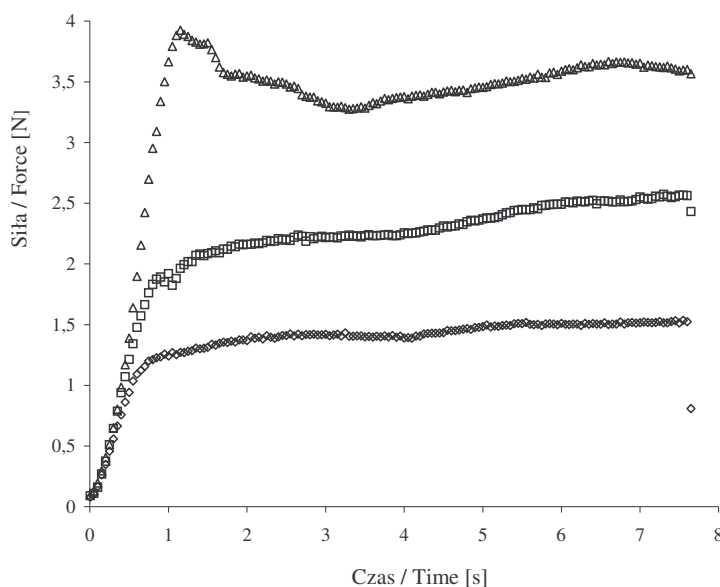
Fig. 5. The effect of temperature and NaCl concentration on changes in the apparent viscosity of modified maize starch suspensions (MKW).

Odmienne zachowywały się mieszaniny NKW z GK sporządzone w roztworach soli. Zaobserwowano wyraźny spadek ich lepkości w porównaniu z mieszaninami sporządzonymi w wodzie destylowanej (dane nie zamieszczone).

#### Otrzymywanie majonezów o obniżonej kaloryczności

Korzystne właściwości reologiczne mieszanin gumy ksantanowej z MKW i ich stałość w obecności chlorku sodu wskazują na możliwość zastosowania tych dodatków jako zamienników tłuszczu w niskotłuszczowych majonezach (rys. 6). Najmocniejszą teksturą charakteryzowały się majonezy z dodatkiem mieszaniny skrobi z ksantanem w

proporcjach 1:4. Taki majonez był produktem o cechach sensorycznych porównywalnych z majonezem zawierającym 80% oleju roślinnego. Wraz ze wzrostem stężenia skrobi tekstura otrzymanych majonezów była coraz mniej zwarta. Już wcześniej próbowano otrzymać emulsje tłuszczowe o zwiększonej zawartości wody, nawet do 75%, przez zastosowanie mieszanin białek serwatkowych i skrobi. Otrzymany produkt miał charakter słabego żelu [3]. W innych pracach stosowano mieszaniny skrobi modyfikowanej i alginianów sodu, jak również kazeinian sodu, a także mieszaninę żelatyny z maltodekstrynami [4]. Po dodaniu mieszaniny żelatyny z maltodekstrynami otrzymana emulsja miała teksturę bardziej smarowną i mniej lepłą w porównaniu z emulsją z dodatkiem mieszaniny skrobi modyfikowanej i alginianu sodu.



Rys. 6. Wpływ dodatku mieszaniny polisacharydów guma ksantanowa : skrobia modyfikowana MKW na teksturę majonezów.

Fig. 6. The effect of addition of polysaccharide mixtures: xanthan gum: modified maize starch (MKW) on the texture of mayonnaise.

## Wnioski

1. Dodatek gumy ksantanowej do zawiesin skrobiowych istotnie zwiększał ich lepkość.
2. W obecności NaCl mieszaniny modyfikowanej skrobi kukurydzianej z kukurydzy o dojrzałości woskowej z gumą ksantanową miały większą lepkość.

3. Zastosowanie mieszanin modyfikowanej skrobi kukurydzianej z gumą ksantanową w majonezach pozwoliło na zmniejszenie zawartości tłuszczu bez pogorszenia ich tekstury i wyglądu zewnętrznego.

### Literatura

- [1] Abdumola N., Hember M., Richardson R., Maris E.: Effect of xanthan on the small-deformation rheology of crosslinked and uncrosslinked waxy maize starch. *Carbohydr. Polym.*, 1996, **31**, 65-78.
- [2] Christianson D., Hodge J., Osborne D., Detroy R.: Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum and cellulose gum. *Cereal Chem.*, 1981, **58**, 513-517.
- [3] Chronakis I.S., Kaspis S.: A rheological study on the application of carbohydrate-protein incompatibility to the development of fat commercial spreads. *Carbohydr. Polym.*, 1995, **28**, 367-373.
- [4] Clegg S.M., Moore A.K., Jones S.A.: Low fat margarine spreads as affected by aqueous phase hydrocolloids. *J. Food Sci.*, 1996, **61**, 1073-1079.
- [5] Eidam D., Kulicke W., Khun K., Stute R.: Formation of maize starch gels selectively regulated by the addition of hydrocolloids. *Starch*, 1995, **47**, 378-384.
- [6] Goycoolea F.M., Richardson R.K., Moris E.R., Gidley M.J.: Stechiometry and conformation of xanthan in synergistic gelation with locust bean gum or konjac glucomannan: evidence for heterotypic binding. *Macromolecules*, 1995, **28**, 8308-8320.
- [7] Gustaw W., Achremowicz B., Mleko S.: Wpływ NaCl na właściwości reologiczne wybranych hydrokolidów i ich mieszanin. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 1999, **18**, 38-48.
- [8] Imeson D.: *Thickening and gelling agents for food*. Blackie Academic and Professional. New York 1997.
- [9] Korus J., Juszcak L., Witczak M., Achremowicz B., Influence of selected hydrocolloids on triticale starch rheological properties. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39**, 641-652.
- [10] Lee M., Baek M., Cha D., Park H., Lim S.: Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. *Food Hydrocoll.*, 2002, **16**, 345-352.
- [11] Sanderson G.R.: *Gums and their use in food systems*. Food Technol., 1981, **12**, 51-83.
- [12] Sudhakar V., Singhal R., Kulkarni P.: Effect of sucrose on starch-hydrocolloid interactions. *Food Chem.*, 1995, **52**, 281-284.
- [13] Sudhakar V., Singhal R., Kulkarni P.: Studies on starch-hydrocolloid interactions: effect of salts. *Food Chem.*, 1995, **53**, 405-408.

### RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MIXTURES OF XANTHAN GUM AND STARCHES OF VARIOUS TYPES

#### S u m m a r y

The objective of this study was to investigate rheological properties of xanthan gum/starch mixtures. Gels of starches investigated showed pseudo-plastic properties and had a flow limit.

A pap starch made of modified potato starch MSZ (acetylated distarch adipate) showed the highest viscosity. While cooling this pap, its viscosity continuously grew and was 127 mPa·s at a temperature of 25°C. Also, the MSZ starch gels had the highest flow limit (5.36 Pa). As for maize starches, the modified MKW starch (acetylated distarch adipate produced from waxy maize) proved to be of the lowest deformability. Its flow limit was 3.53 Pa. Among all starches studied, pap of the native potato starch NSZ proved to be the most resistant to shear forces. The addition of xanthan gum increased the apparent

viscosity of MKW pap starch. A sample containing 0.1% of xanthan gum added had the highest viscosity (809 mPa·s) at 25°C. The increase in the salt concentration (0.5M concentration of NaCl) evidently increased the viscosity of MKW-GK mixtures, which was 950 mPa·s at 25°C. Low-fat mayonnaises (50% of fat) plus polysaccharides added had properties similar to properties of a mayonnaise containing 80% to 85% of fat. The best texture had mayonnaises with xanthan gum/starch mixture added at a rate of 1:4.

**Key words:** texture, flow limit, gelatinization temperature, apparent viscosity ☒