

TERESA FORTUNA, DOROTA GAŁKOWSKA

WPLYW DODATKU SACHARYDÓW NA WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE SKROBI MODYFIKOWANYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu pięcioprocentowego dodatku sacharydów na właściwości reologiczne skrobi modyfikowanych. Badaniom poddano trzy preparaty handlowych skrobi ziemniaczanych modyfikowanych: skrobię utlenioną, fosforan diskrobiowy i acetylowany adypinian diskrobiowy oraz skrobię ziemniaczaną naturalną, a użytymi sacharydami były: glukoza, fruktoza, sacharoza i laktoza. Analiza właściwości reologicznych obejmowała wyznaczanie krzywych płynięcia oraz krzywych zmian lepkości pozornej w czasie ścinania ze stałą prędkością w temp. 50°C. Doświadczalne krzywe płynięcia opisano modelem Herschela-Bulkleya.

Kleiki skrobiowe, zarówno z dodatkiem, jak i bez dodatku sacharydów, wykazywały właściwości płynów rozrzedzanych ścinaniem, z tendencją do granicy płynięcia. Obecność sacharydów, z wyjątkiem sacharozy, w układach skrobi modyfikowanych wpłynęła na zmniejszenie stopnia rozrzedzania ścinaniem uzyskanych kleików oraz na obniżenie wartości współczynnika konsystencji. Przeciwny kierunek oddziaływania sacharydów na właściwości reologiczne kleików skrobiowych zaobserwowano w przypadku skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej. Pięcioprocentowy dodatek sacharydów do układów skrobi modyfikowanych nie wpłynął istotnie na stabilność reologiczną uzyskanych kleików.

Słowa kluczowe: skrobie modyfikowane, sacharydy, właściwości reologiczne

Wprowadzenie

Skrobie modyfikowane, mające status prawny dodatków do żywności, są substancjami szeroko stosowanymi do zagęszczania, stabilizacji, żelowania czy kształtowania tekstury wielu produktów spożywczych. Charakteryzują się one określonymi właściwościami fizykochemicznymi, które wyznaczają możliwe kierunki ich zastosowania w produkcji żywności [9, 16, 17]. Ze względu jednak na złożony wieloskładnikowy charakter środków spożywczych, niejednokrotnie cechy

funkcjonalne danego preparatu skrobiowego, w tym właściwości reologiczne, ulegają zmianom wskutek interakcji z innymi komponentami danego produktu [8, 11, 14, 18]. Charakter wywołanych zmian, obok innych czynników, wpływa na zachowanie produktu skrobiowego w trakcie procesu technologicznego, jak również decyduje o atrakcyjności sensorycznej gotowego wyrobu. Różnorodność zastosowań skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym, oraz powszechność stosowania sacharydów jako środków słodzących, wymusza konieczność prowadzenia badań nad właściwościami funkcjonalnymi skrobi modyfikowanych w obecności sacharydów.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu dodatku wybranych monosacharydów i disacharydów na właściwości reologiczne kleików handlowych preparatów skrobiowych.

Materiał i metody badań

W badaniach zastosowano preparaty skrobiowe produkowane przez Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemiaczanego S.A. w Luboniu: skrobię ziemniaczaną Superior Standard, skrobię budyniową (skrobię utlenioną), Lubostat (fosforan diskrobiowy) oraz zagęstnik skrobiowy AD (acetylowany adypinian diskrobiowy), jak również następujące sacharydy: glukozę (Chempur, Piekary Śląskie), fruktozę (Riedel – de Haën, Niemcy), sacharozę (Chempur, Piekary Śląskie) i laktozę (POCh S.A., Gliwice).

Odważoną ilość preparatu skrobiowego mieszano z odpowiednią ilością sacharydu oraz wody destylowanej, tak by stężenie skrobi w dyspersji wynosiło 5% (m/m), a stężenie sacharydu 0 lub 5% (m/m). Próbkę mieszano przy użyciu mieszadła mechanicznego z szybkością 300 obr./min przez 5 min w temp. pokojowej. Następnie otrzymaną dyspersję ogrzewano w łaźni wodnej w temp. $95 \pm 1^\circ\text{C}$ przez 30 min przy ciągłym mieszaniu mechanicznym z szybkością 300 obr./min. Kleik bezpośrednio po przygotowaniu umieszczano w elemencie pomiarowym reometru rotacyjnego Rheolab MC1 (Physica Messtechnik GmbH, Niemcy), z układem współosiowych cylindrów jako systemem pomiarowym (średnica szczeliny – 2,12 mm) i termostatowano do temp. pomiaru wynoszącej $50 \pm 0,2^\circ\text{C}$ w ciągu 15 min. Wykreślono krzywe płynięcia przy wzrastającej i malejącej prędkości ścinania według następującego programu: wzrost prędkości ścinania w zakresie $1 - 300 \text{ s}^{-1}$ w ciągu 5 min, ścinanie próbki przy stałej prędkości 300 s^{-1} przez 2 min, spadek prędkości ścinania w zakresie $300 - 1 \text{ s}^{-1}$ w ciągu 5 min. Do opisu krzywych płynięcia zastosowano model Herschela-Bulkleya:

$$\tau = \tau_0 + K \cdot \dot{\gamma}^n,$$

gdzie:

τ – naprężenie ścinające [Pa];

τ_0 – granica płynięcia [Pa];

$\dot{\gamma}$ – prędkość ścinania [s^{-1}];

K – współczynnik konsystencji [$Pa \cdot s^n$];

n – wskaźnik płynięcia, bezwymiarowy.

Wyznaczono również krzywe zmian lepkości pozornej w czasie ścinania ze stałą prędkością wynoszącą $50 s^{-1}$. Obliczeń parametrów reologicznych dokonano za pomocą programu komputerowego US 200 (Physica Messtechnik GmbH, Niemcy). Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej, w której badano istotność różnic między wartościami średnimi parametrów reologicznych – zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji i obliczono wartości najmniejszej istotnej różnicy (NIR) przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

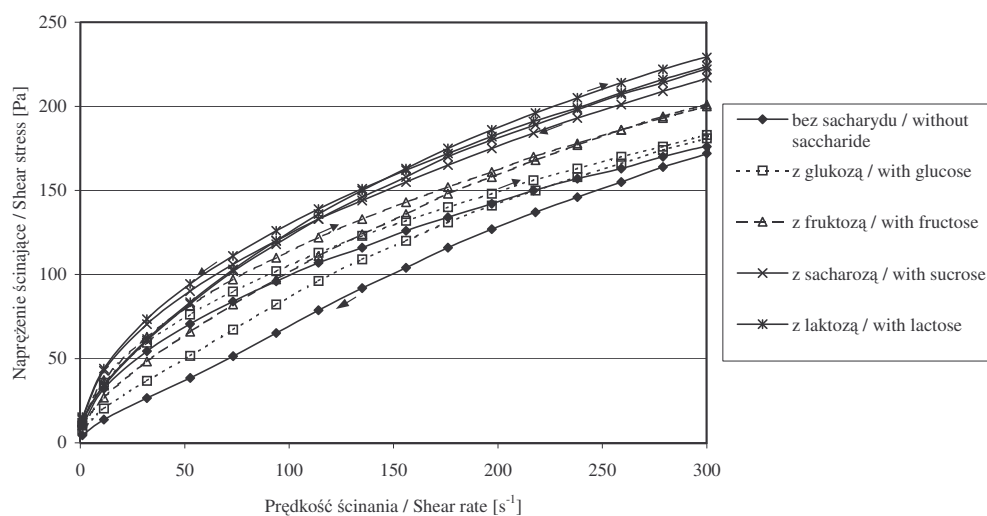
Wyniki i dyskusja

Kleiki wszystkich badanych skrobi, sporządzone zarówno z dodatkiem, jak i bez dodatku sacharydów, wykazywały właściwości płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, z tendencją do granicy płynięcia (rys. 1 – 4, tab. 1). Taki charakter reologiczny kleików skrobiowych jest uznawany za typowy, o czym świadczy wiele danych literaturowych [6, 7, 12]. Właściwości pseudoplastyczne kleików skrobiowych z dodatkiem sacharydów potwierdzają również nowe badania skrobi różnego pochodzenia botanicznego [1, 4, 5, 10, 15, 20]. Występowanie zjawiska rozrzedzania ścinaniem kleików skrobiowych tłumaczy się procesem niszczenia „splątanej” sieci cząsteczek polisacharydu. Podczas ścinania próbki z coraz większą prędkością, tempo rozrywania istniejących połączeń międzycząsteczkowych przewyższa tempo ich ponownego tworzenia, co w rezultacie prowadzi do obniżania odporności skrobi na ścinanie, objawiającej się malejącymi wartościami lepkości pozornej [20].

Spośród kleików skrobiowych sporządzonych bez dodatku sacharydów, najwyższymi wartościami naprężeń ścinających w całym zakresie zastosowanych prędkości ścinania charakteryzowały się kleiki skrobi sieciowanych, tj. preparatu Lubostat oraz zagęstnika skrobiowego AD. Z kolei najniższe wartości naprężeń ścinających uzyskano w przypadku skrobi niemodyfikowanej Superior Standard, której krzywe płynięcia „w górę” i „w dół” dodatkowo tworzyły pętlę histerezy (rys. 1–4).

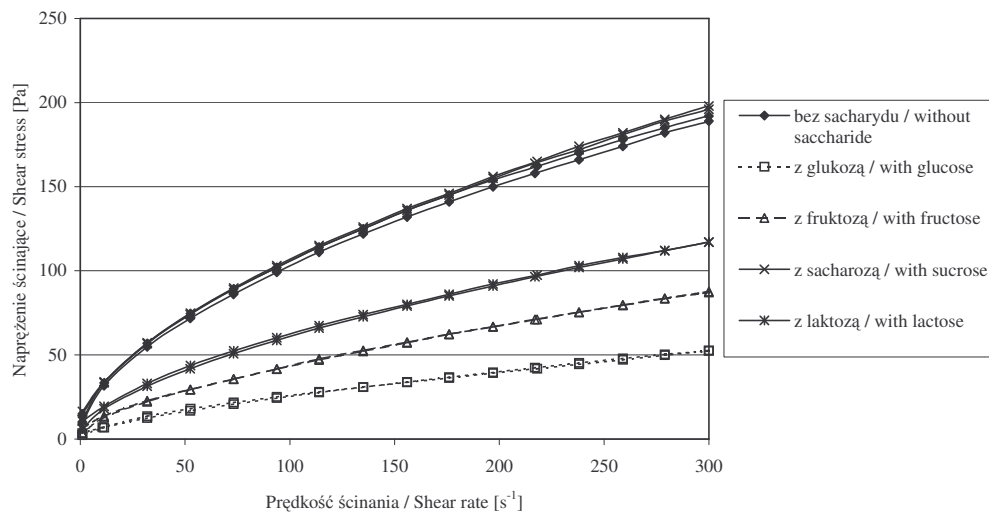
Stwierdzono, że obecność sacharozy w kleikach wszystkich badanych skrobi wpłynęła na podwyższenie wartości naprężeń ścinających w stosunku do wartości tego parametru kleików skrobiowych bez dodatku sacharydu (rys. 1–4). Wyraźne zmiany przebiegu krzywych płynięcia zaobserwowano w próbkach zagęstnika skrobiowego AD (rys. 4), skrobi ziemniaczanej Superior Standard (rys. 1) oraz preparatu Lubostat (rys. 3). Jak wynika z danych literaturowych, większe wartości naprężeń ścinających

kleików skrobiowych zawierających sacharozę, w porównaniu z odpowiednimi wartościami naprężeń ścinających uzyskanych w kleikach sporządzonych bez udziału sacharydu, zostały również stwierdzone w odniesieniu do skrobi naturalnych innego pochodzenia botanicznego [3, 10, 15]. Obecność sacharozы w kleikach skrobi sieciowanych, tj. preparatu Lubostat oraz zagęstnika skrobiowego AD, przyczyniła się do zwiększenia pola powierzchni pętli histerezy (rys. 3 i 4).



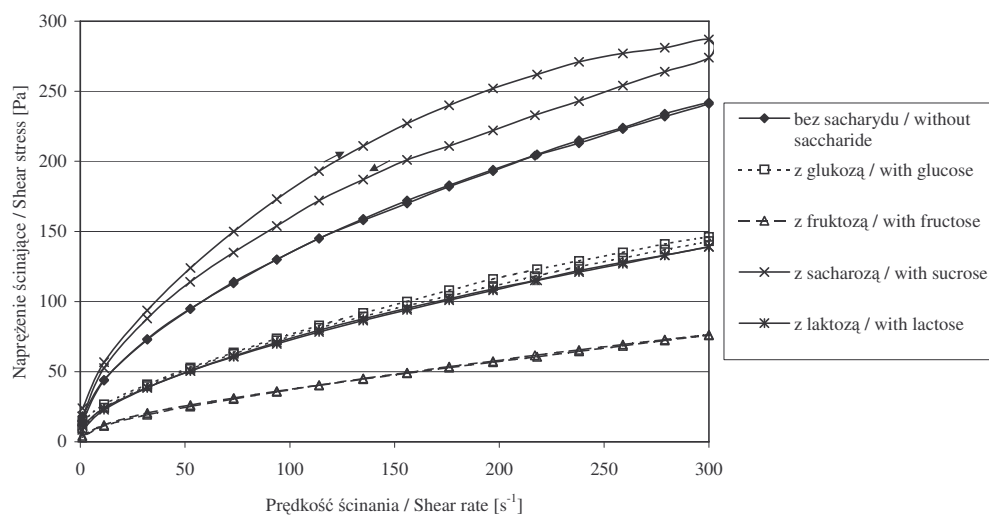
Rys. 1. Krzywe płynięcia 5% kleików skrobi ziemniaczanej Superior Standard z 5% dodatkiem sacharydów.

Fig. 1. Flow curves of 5% potato starch pastes with saccharides (5%).



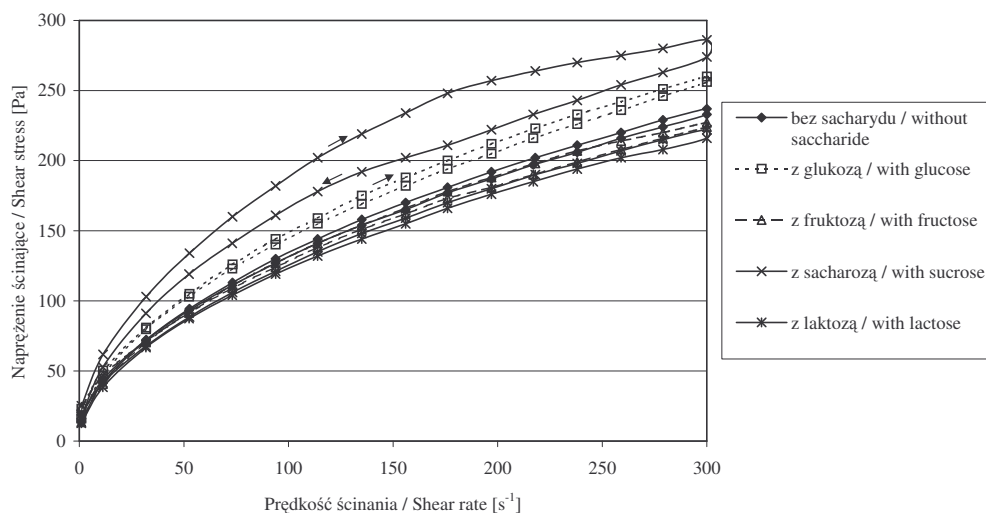
Rys. 2. Krzywe płynięcia 5% kleików skrobi budyniowej z 5% dodatkiem sacharydów.

Fig. 2. Flow curves of 5% oxidized starch pastes with saccharides (5%).



Rys. 3. Krzywe płynięcia 5% kleików preparatu Lubostat z 5% dodatkiem sacharydów.

Fig. 3. Flow curves of 5% distarch phosphate Lubostat pastes with saccharides (5%).



Rys. 4. Krzywe płynięcia 5% kleików zagęstnika skrobiowego AD z 5% dodatkiem sacharydów.

Fig. 4. Flow curves of 5% acetylated distarch adipate pastes with saccharides (5%).

Wpływ dodatku pozostałych sacharydów, tj. glukozy, fruktozy oraz laktozy, na zmianę wartości naprężeń ścinających występujących w kleikach skrobiowych w całym zakresie zastosowanych prędkości ścinania uzależniony był od rodzaju preparatu skrobiowego (rys. 1–4). W przypadku skrobi budyniowej (rys. 2) oraz skrobi Lubostat (rys. 3) stwierdzono wyraźne obniżenie położenia krzywych płynięcia kleików zawierających wymienione powyżej sacharydy, w stosunku do położenia krzywych płynięcia kleików sporządzonych bez ich udziału. Oznacza to zmniejszenie lepkości pozornej tych układów w wyniku wprowadzenia 5% dodatku monosacharydów i laktozy. Zjawisko odwrotne, tj. zwiększenie wartości naprężeń ścinających w zadanym zakresie szybkości ścinania, zaobserwowano w próbkach skrobi ziemniaczanej Superior Standard zawierających laktozę (rys. 1.) oraz w próbkach zagęstnika skrobiowego AD z dodatkiem glukozy (rys. 4). Odmienne oddziaływanie poszczególnych sacharydów w badanych układach skrobiowych może mieć związek z procesem penetrowania cząsteczek sacharydów do wnętrza ziaren skrobiowych, wpływającym na dezorganizację struktury tych ostatnich, co z kolei znajduje odzwierciedlenie we właściwościach reologicznych kleików. Kluczową rolę w powyższym procesie odgrywa zatem budowa strukturalna zarówno skrobi, jak i danego sacharydu [19]. Zaobserwowano, że dodatek fruktozy oraz sacharozy do skrobi ziemniaczanej Superior Standard spowodował zmniejszenie pola powierzchni pętli histerezy (rys. 1). Oznacza to, iż zmiany strukturalne skrobi ziemniaczanej

niemodyfikowanej podczas ścinania mogą ulegać modyfikacji w obecności omawianych sacharydów.

Parametry zastosowanego do opisu krzywych płynięcia modelu Herschela-Bulkleya przedstawiono w tab 1. Powyższy model dobrze opisywał eksperymentalne krzywe płynięcia, o czym świadczą wysokie wartości współczynnika determinacji R^2 .

Z porównania wartości granicy płynięcia (τ_0) opisujących krzywe płynięcia kleików skrobiowych bez dodatku sacharydów wynika, że kleik skrobi ziemniaczanej Superior Standard charakteryzował się istotnie niższą wartością granicy płynięcia niż kleiki preparatów skrobi modyfikowanych (tab. 1). Oznacza to, że struktura wewnętrzna skrobi ziemniaczanej Superior Standard okazała się stosunkowo najmniej oporna na płynięcie. Pięcioprocentowy dodatek sacharydów do układów skrobi ziemniaczanej Superior Standard wpłynął na otrzymanie kleików skrobiowych wykazujących większe wartości granicy płynięcia w porównaniu z wartością tego parametru uzyskanego w kleiku samej skrobi. Rola sacharydów w kształtowaniu właściwości reologicznych skrobi, objawiająca się zwiększaniem wartości granicy płynięcia kleików skrobiowych została również stwierdzona przez autorów badających skrobie innego pochodzenia botanicznego [2, 3, 5, 10]. Istotne zwiększenie wartości granicy płynięcia kleików w obecności sacharydów zaobserwowano w przypadku układów zagęstnika skrobiowego AD z glukozą oraz fruktozą (tab. 1). Powyższy rezultat może oznaczać wzmocnienie wiązań wodorowych w strukturze helis polimeru, wynikające z wprowadzenia do dyspersji skrobiowej cząsteczek sacharydów [10], w budowie których występują reaktywne grupy – aldehydowa lub ketonowa. Odmienne zjawisko stwierdzono w próbce zagęstnika skrobiowego AD zawierającej pięcioprocentowy dodatek sacharozy, w której nastąpiło istotne obniżenie wartości granicy płynięcia. Kleiki skrobi budyniowej z dodatkiem monosacharydów oraz laktozy również charakteryzowały się niższymi wartościami granicy płynięcia w porównaniu z próbką tej skrobi niezawierającą sacharydu (tab. 1). Wartości parametru τ_0 krzywych płynięcia kleików preparatu Lubostat z disacharydami nie uległy istotnym zmianom w stosunku do wartości tego parametru, oznaczonej w kleiku tej skrobi bez dodatku sacharydu. Z kolei wartość granicy płynięcia kleików preparatu Lubostat z monosacharydami istotnie się zwiększyła w przypadku dodatku glukozy, natomiast zmniejszyła się w przypadku dodatku fruktozy (tab. 1).

Z porównania wartości wskaźnika płynięcia „n” krzywych płynięcia kleików skrobiowych bez dodatku sacharydów (tab. 1) wynika, że kleiki skrobi ziemniaczanej Superior Standard były w znacznie mniejszym stopniu rozrzedzane ścinaniem niż kleiki pozostałych preparatów skrobiowych. Analizując natomiast wpływ dodatku sacharydów na charakter reologiczny preparatów skrobiowych można zauważyć, że obecność każdego z zastosowanych sacharydów, a zwłaszcza disacharydów, w kleikach skrobi niemodyfikowanej Superior Standard przyczyniła się do nadania

kleikom tej skrobi charakteru bardziej rozrzedzanego ścinaniem. Odmienne zjawisko stwierdzono w przypadku skrobi modyfikowanych, których kleiki sporządzone z dodatkiem monosacharydów oraz laktozy wykazywały właściwości płynów mniej rozrzedzanych ścinaniem niż kleiki skrobiowe bez udziału sacharydów (tab. 1). Pięcioprocentowy dodatek sacharozy do układów preparatu Lubostat oraz zagęstnika skrobiowego AD skutkowało zwiększeniem stopnia rozrzedzenia ścinaniem uzyskanych kleików. Zależność taka została również stwierdzona w pracach innych autorów badających układy skrobi kukurydzianej woskowej [4] oraz zwykłej kukurydzianej [13] z sacharozą. Z kolei przeciwne oddziaływanie sacharozy, tj. osłabienie charakteru rozrzedzania ścinaniem skrobi ryżowej wykazali Yoo i Yoo [20], przy czym pomiary wykonywali w temp. 25°C.

Wyznaczone wartości współczynnika „K”, będące miarą lepkości pozornej płynów, przedstawiono w tab. 1. Spośród kleików skrobiowych niezawierających dodatku sacharydów kleik skrobi ziemniaczanej Superior Standard osiągnął najmniejsze wartości tego parametru. Skrobie sieciowane – preparat Lubostat oraz zagęstnik skrobiowy AD – charakteryzowały się największą lepkością pozorną, natomiast mniejszą lepkość przejawiała skrobia budyniowa (tab. 1).

Obecność sacharydów w układach skrobi ziemniaczanej Superior Standard przyczyniła się do zwiększenia wartości współczynnika konsystencji „K” uzyskanych kleików (tab. 1). Podobne rezultaty pomiarów reologicznych uzyskali Abu-Jdayil i wsp. [1] oraz Genovese i wsp. [10], badający odpowiednio układy skrobi pszennej i skrobi kukurydzianej woskowej z sacharydami. Stwierdzone zwiększenie lepkości pozornej kleików było prawdopodobnie rezultatem powiększonej średnicy ziaren skrobiowych [1]. Przeciwnie zjawisko, tj. zmniejszenie lepkości pozornej kleików wskutek wprowadzenia sacharydów do dyspersji skrobiowych zaobserwowano w przypadku skrobi budyniowej oraz preparatu Lubostat, z wyjątkiem próbek skrobi budyniowej z udziałem sacharozy, w których zmiany współczynnika konsystencji były statystycznie nieistotne. W układach zagęstnika skrobiowego AD istotne zmiany wartości współczynnika konsystencji wywołał jedynie dodatek fruktozy oraz sacharozy (tab. 1).

Tabela 1

Wartości parametrów modelu Herschela-Bulkleya
The values of parameters of Herschel-Bulkley model

Rodzaj sacharydu Kind of saccharide	τ_0 [Pa]	n [-]	K [Pa·s ⁿ]	R ²
Skrobia ziemniaczana Superior Standard / Potato starch				

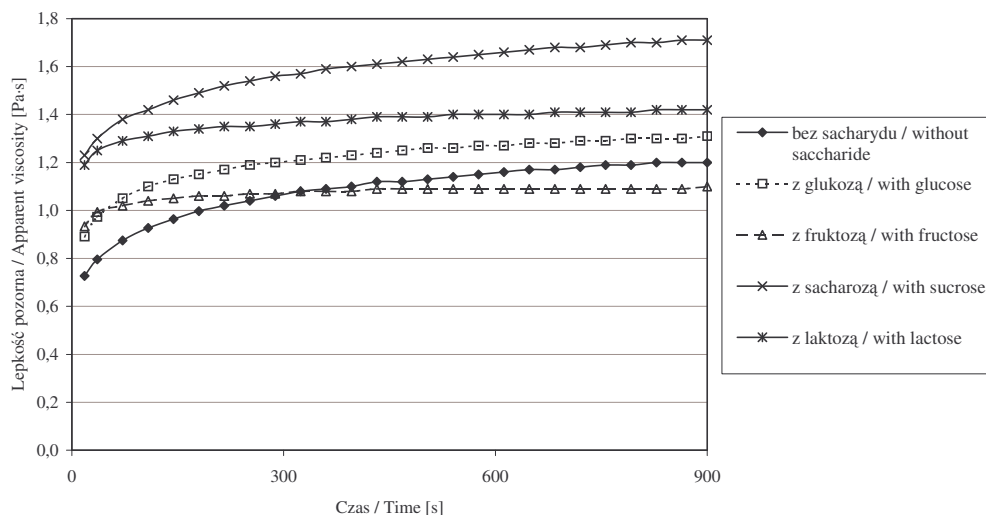
Bez sacharydu Without saccharide	3,38	0,89	1,09	0,9987
Glukoza / Glucose	5,29	0,77	2,29	0,9979
Fruktoza / Fructose	6,35 a	0,69	3,87	0,9992
Sacharoza / Sucrose	7,54 b	0,63 a	6,14 a	0,9982
Laktoza / Lactose	6,97 ab	0,64 a	6,19 a	0,9982
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	0,846	0,031	1,303	
Skrobia budyniowa / Oxidized starch				
Bez sacharydu Without saccharide	8,76	0,60 a	5,97 a	0,9996
Glukoza / Glucose	2,36	0,68 bc	1,03 b	0,9997
Fruktoza / Fructose	4,72	0,69 bd	1,65 b	0,9998
Sacharoza / Sucrose	10,87	0,63 ae	5,28 a	0,9999
Laktoza / Lactose	7,71	0,66 cde	2,59	0,9997
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	0,771	0,039	0,809	
Lubostat / Distarch phosphate				
Bez sacharydu Without saccharide	9,64 ab	0,59	8,44	0,9998
Glukoza / Glucose	11,79 c	0,69	2,75 ab	0,9997
Fruktoza / Fructose	2,09	0,62	2,08 ac	0,9987
Sacharoza / Sucrose	10,11 ac	0,55	13,06	0,9941
Laktoza / Lactose	8,04 b	0,65	3,26 bc	0,9999
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	1,768	0,020	1,614	

c.d. Tab. 1.

Zagęstnik skrobiowy AD Acetylated distarch adipate				
Bez sacharydu Without saccharide	9,87 a	0,58 ab	8,56 ab	0,9995
Glukoza / Glucose	13,44	0,58 ac	9,18 a	0,9993
Fruktoza / Fructose	17,13	0,61	6,84 c	0,9985
Sacharoza / Sucrose	5,80	0,49	18,50	0,9920
Laktoza / Lactose	11,32 a	0,59 bc	7,41 bc	0,9995
NIR _{0,05} / LSD _{0,05}	1,595	0,017	1,424	

W obrębie każdej kolumny wartości średnie parametrów oznaczone tą samą literą nie różnią się statystycznie istotnie przy $\alpha = 0,05$ / Within each column, means with the same letter are not statistically significantly different at $\alpha = 0,05$; τ_0 – granica płynięcia / yield stress; n – wskaźnik płynięcia / flow behaviour index;

K – współczynnik konsystencji / consistency coefficient; R^2 – współczynnik determinacji / determination coefficient.

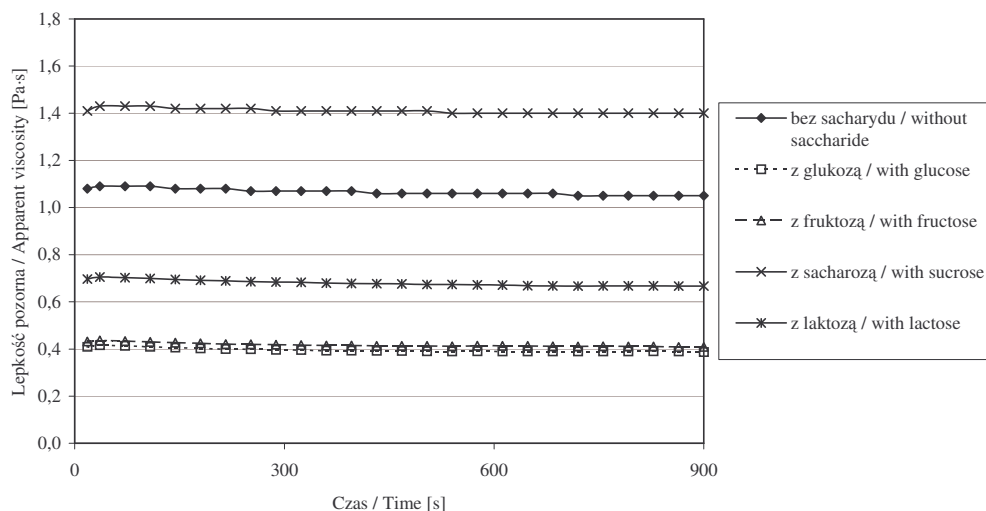


Rys. 5. Zmiany lepkości pozornej 5% kleików skrobi ziemniaczanej Superior Standard z 5% dodatkiem sacharydów w czasie stałego ścinania.

Fig. 5. Apparent viscosity versus time curves of 5% potato starch pastes with saccharides (5%).

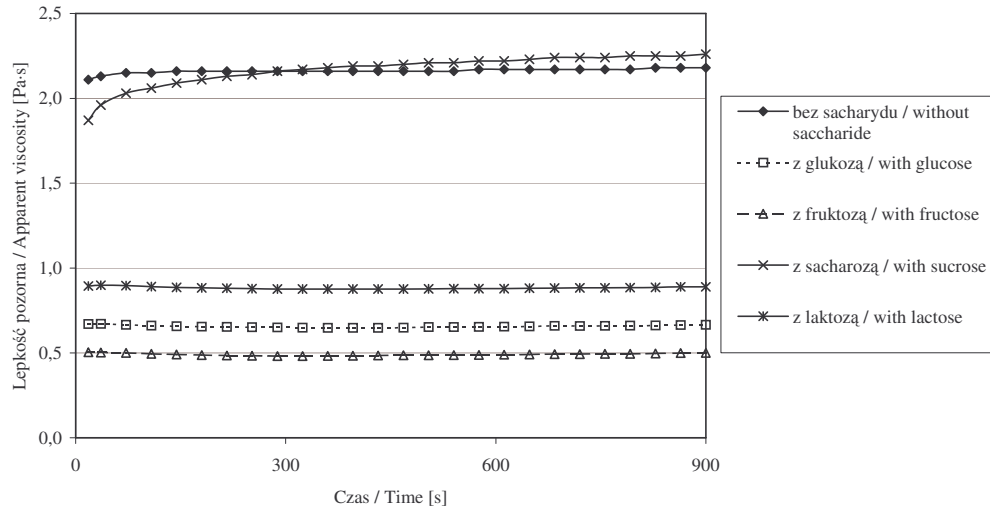
Zmiany lepkości pozornej kleików skrobiowych w czasie 15-minutowego ścinania ze stałą prędkością $\dot{\gamma} = 50 \text{ s}^{-1}$ przedstawiono na rys. 5–8. Spośród kleików niezawierających dodatku sacharydów największymi wartościami lepkości pozornej w badanym przedziale czasowym charakteryzowały się kleiki preparatu Lubostat oraz zagęstnika skrobiowego AD (rys. 7 i 8). Kleiki skrobi niemodyfikowanej Superior Standard wykazywały zachowanie antytiksotropowe, które przejawiało się wzrostem lepkości pozornej w czasie ścinania ze stałą prędkością (rys. 5). Obserwowane zjawisko wynikało prawdopodobnie z procesu tworzenia indukowanej ścinaniem struktury zagregowanych łańcuchów polimerowych lub ich fragmentów. Układy pozostałych skrobi nie wykazywały zachowania antytiksotropowego, co świadczy o wpływie procesu modyfikacji chemicznej na stabilność reologiczną skrobi. Kleiki preparatów skrobiowych zawierające sacharozę charakteryzowały się wyższymi wartościami lepkości pozornej niż kleiki sporządzone w samej wodzie (rys. 5–8). Jedynie w przypadku skrobi Lubostat lepkość pozorna próbki bez dodatku sacharydu w początkowym okresie ścinania przewyższała lepkość pozorną kleiku sporządzonego z udziałem sacharozy (rys. 7).

Analizując krzywe zmian lepkości pozornej skrobi budyniowej (rys. 6) oraz skrobi Lubostat (rys. 7) można zauważyć, że dodatek glukozy, fruktozy oraz laktozy do dyspersji skrobiowych spowodował obniżenie wartości lepkości pozornej uzyskanych kleików w stosunku do wartości tego parametru próbek niezawierających sacharydów. Opisany wyżej efekt oddziaływania sacharydów na lepkość pozorną kleików skrobiowych miał również miejsce w próbkach zagęstnika skrobiowego AD z fruktozą i laktozą (rys. 8). Należy jednak podkreślić, że wpływ powyższych sacharydów był najbardziej wyraźny w układach preparatu Lubostat (rys. 7). Obecność sacharydów nie wpłynęła istotnie na zmianę stabilności reologicznej kleików ziemniaczanych skrobi modyfikowanych. W przypadku skrobi niemodyfikowanej Superior Standard obecność fruktozy oraz laktozy wpłynęła na poprawę stabilności reologicznej kleików tej skrobi (rys. 5).



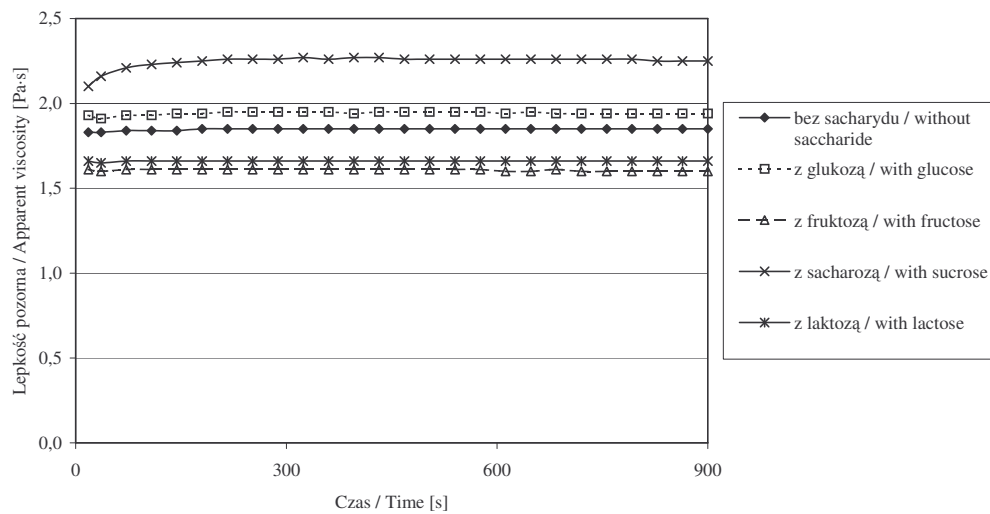
Rys. 6. Zmiany lepkości pozornej 5% kleików skrobi budyniowej z 5% dodatkiem sacharydów w czasie stałego ścinania.

Fig. 6. Apparent viscosity versus time curves of 5% oxidized starch pastes with saccharides (5%).



Rys. 7. Zmiany lepkości pozornej 5% kleików preparatu Lubostat z 5% dodatkiem sacharydów w czasie stałego ścinania.

Fig. 7. Apparent viscosity versus time curves of 5% distarch phosphate pastes with saccharides (5%).



Rys. 8. Zmiany lepkości pozornej 5% kleików zagęstnika skrobiowego AD z 5% dodatkiem sacharydów w czasie stałego ścinania.

Fig. 8. Apparent viscosity versus time curves of 5% acetylated distarch adipate pastes with saccharides (5%).

Wnioski

1. Kleiki skrobi modyfikowanych chemicznie – skrobi utlenionej, fosforanu diskrobiowego i acetylowanego adypinianu diskrobiowego – sporządzone z pięcioprocentowym dodatkiem glukozy, fruktozy, sacharozy lub laktozy wykazywały właściwości płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, z tendencją do granicy płynięcia.
2. Obecność monosacharydów oraz laktozy w kleikach skrobi modyfikowanych przyczyniła się do nadania kleikom tych skrobi właściwości płynów mniej rozrzedzanych ścinaniem niż kleiki skrobiowe sporządzone bez udziału sacharydów. Efekt przeciwny – zwiększenie stopnia rozrzedzania ścinaniem kleików zawierających dodatek sacharydu – stwierdzono w przypadku skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej.
3. Kleiki skrobi modyfikowanych i niemodyfikowanej z dodatkiem sacharozy charakteryzowały się wyższymi wartościami lepkości pozornej niż kleiki niezawierające dodatku sacharydu. Obecność glukozy, fruktozy i laktozy wpłynęła na zmniejszenie lepkości pozornej kleików skrobi utlenionej oraz fosforanu diskrobiowego.
4. Dodatek sacharydów nie wpłynął istotnie na zmianę stabilności reologicznej kleików skrobi modyfikowanych, natomiast stabilność reologiczna kleików skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej uległa poprawie w obecności fruktozy lub laktozy.

Literatura

- [1] Abu-Jdayil B., Azzam M.O.J., Al-Malah K.I.M.: Effect of glucose and storage time on the viscosity of wheat starch dispersions. *Carboh. Polym.*, 2001, **46** (3), 207-215.
- [2] Abu-Jdayil B., Mohameed H., Eassa A.: Rheology of starch-milk-sugar systems: effect of heating temperature. *Carboh. Polym.*, 2004, **55** (3), 307-314.
- [3] Abu-Jdayil B., Mohameed H., Eassa A.: Rheology of wheat starch-milk-sugar systems: effect of starch concentration, sugar type and concentration, and milk fat content. *J. Food Eng.*, 2004, **64** (2), 207-212.
- [4] Acquarone V.M., Rao M.A.: Influence of sucrose on the rheology and granule size of cross-linked waxy maize starch dispersions heated at two temperatures. *Carboh. Polym.*, 2003, **51** (4), 451-458.
- [5] Al-Malah K.I., Azzam M.O.J., Abu-Jdayil B.: Effect of glucose concentration on the rheological properties of wheat-starch dispersions. *Food Hydrocoll.*, 2000, **14** (5), 491-496.
- [6] Brzeziński S., Pałka A., Kosicki S.: Badanie właściwości reologicznych skrobi modyfikowanych podchlorynem sodu. *Zesz. Nauk. PŁ. Chemia Spożywcza i Biotechnologia*, 1999, **813** (61), 29-35.
- [7] Eliasson A.-C.: Viscoelastic behaviour during the gelatinization of starch. I. Comparison of wheat, maize, potato and waxy-barley starches. *J. Text. Stud.*, 1986, **17**, 253-265.
- [8] Evans J.D., Haisman D.R.: The effect of solutes on the gelatinization temperature range of potato starch. *Starch/Stärke*, 1982, **34** (7), 224-231.
- [9] Fortuna T., Rożnowski J.: Skrobie modyfikowane chemicznie, ich właściwości i zastosowanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2002, **2** (31), 16-29.

- [10] Genovese D.B., Acquarone V.M., Youn K.-S., Rao M.A.: Influence of fructose and sucrose on small and large deformation rheological behaviour of heated amioca starch dispersions. *Food Sci. Technol. Int.*, 2004, **10** (1), 51-57.
- [11] Gonera A., Cornillon P.: Gelatinization of starch/gum/sugar systems studied by using DSC, NMR, and CSLM. *Starch/Stärke*, 2002, **54** (11), 508-516.
- [12] Gruchała L., Balcerek W., Bąkowska M.: Badania właściwości reologicznych modyfikatorów skrobiowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **4** (25), 99-108.
- [13] Hirashima M., Takahashi R., Nishinari K.: Changes in the viscoelasticity of maize starch pastes by adding sucrose at different stages. *Food Hydrocoll.*, 2005, **19** (4), 777-784.
- [14] Matser A.M., Steeneken P.A.M.: Rheological properties of highly cross-linked waxy maize starch in aqueous suspensions of skim milk components. Effects of the concentration of starch and skim milk components. *Carboh. Polym.*, 1997, **32** (3-4), 297-305.
- [15] Pereira L.B., Menegalli F.C.: Sucrose effect on rheological behaviour of amaranth starch. *Proc. ICEF9-2004 Int. Conf. Engineering and Food, Montpellier 2004*, p. 290.
- [16] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 23 kwietnia 2004 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu. *Dz. U.* 2004. Nr 94, poz. 933. z późn. zm.
- [17] Rutkowski A., Gwiazda S., Dąbrowski K.: *Kompendium dodatków do żywności*. Wyd. Hortimex, Konin 2003.
- [18] Schirmer M.A., Toledo M.C.F., Reyes F.G.R.: Effect of food ingredients on the viscosity of phosphate monoesters of corn starch. *Starch/Stärke*, 1986, **38** (4), 124-128.
- [19] Sikora M., Mazurkiewicz J., Tomasik P., Pielichowski K.: Rheological properties of some starch-water-sugar systems. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 1999, **34** (4), 371-383.
- [20] Yoo D., Yoo B.: Rheology of rice starch-sucrose composites. *Starch/Stärke*, 2005, **57** (6), 254-261.

EFFECT OF SACCHARIDES ADDITION ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF MODIFIED STARCHES

S u m m a r y

The results of investigation of the effect of saccharides (5% w/w) on rheological properties of modified starches were presented in this study. Three commercial modified potato starches, i.e. oxidized starch, distarch phosphate, acetylated distarch adipate, and unmodified potato starch were investigated. Glucose, fructose, sucrose and lactose were used, as well. Study of the rheological properties involved: determination of flow curves and apparent viscosity versus time curves at temperature of 50°C. Experimental flow curves were characterised by Herschel-Bulkley model.

Starch pastes prepared with saccharides and these without saccharides showed shear-thinning flow behaviour with tendency to yield stress. The presence of saccharides in modified starch systems, except for sucrose, resulted in higher values of flow behaviour index (n) and lower values of consistency coefficient (K) compared to values of these parameters obtained in starch-water systems. The opposite effect, i.e. an increase and a decrease of values of n and K, respectively, was observed in the case of unmodified potato starch pastes containing one of saccharides. The 5% addition of saccharides to modified starch-water systems did not influence significantly the rheological stability of obtained pastes.

Key words: modified starches, saccharides, rheological properties 