

TERESA FORTUNA, IZABELA PRZETACZEK

## WPLYW SACHAROZY I JEJ ZAMIENNIKÓW NA WYBRANE REOLOGICZNE WŁAŚCIWOŚCI HANDLOWYCH SKROBI MODYFIKOWANYCH

### Streszczenie

Współczesne technologie produktów niskokalorycznych przewidują wykorzystanie skrobi modyfikowanych do celów spożywczych oraz zastąpienie sacharozy innymi substancjami słodzącymi. W związku z tym wydaje się konieczne prowadzenie badań modelowych preparatów skrobi modyfikowanych z sacharozą i jej zamiennikami.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu sacharozy i jej zamienników na wybrane właściwości reologiczne preparatów skrobiowych.

Materiał badawczy stanowiły handlowe modyfikowane skrobie ziemniaczane: skrobia utleniona żelująca (E 1404), fosforan diskrobiowy (E 1412), acetylowany fosforan diskrobiowy (E 1414) i acetylowany adypinian diskrobiowy (E 1422) produkowane przez Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A. w Luboniu oraz sacharoza, sorbitol, acesulfam K, aspartam.

Wymienione skrobie przebadano pod względem zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w wodzie w temperaturze 25 i 60 °C, wyznaczono również krzywe płynięcia przy użyciu reometru rotacyjnego Rheolab MC1.

Do wyznaczenia krzywych płynięcia przygotowano 5 % kleiki skrobiowe w wodzie, w roztworze sacharozy lub jej zamienników. Stężenie sacharozy było dobrane zgodnie ze stężeniem sugerowanym przez producentów budyniów spożywczych, natomiast pozostałe roztwory słodzików sporządzono tak, by stopień słodkości był porównywalny ze słodkością roztworu sacharozy. Kleiki bezpośrednio po przygotowaniu umieszczono w elemencie pomiarowym reometru rotacyjnego i wykonano pomiar w temperaturach 25 ± 0,5 °C, 40 ± 0,5 °C i 60 ± 0,5 °C. Wykreślono krzywe płynięcia, a do ich opisu zastosowano model Herschela-Bulkley'a.

**Słowa kluczowe:** skrobia modyfikowana, sacharoza, substancje słodzące

### Wprowadzenie

Skrobia stanowi najważniejsze źródło węglowodanów w pożywieniu ludzi i zwierząt. Jednak wykorzystanie tego polimeru w stanie nieprzetworzonym jest niewielkie,

dlatego też coraz powszechniej poddaje się go różnym modyfikacjom chemicznym, enzymatycznym, jak również fizycznym w celu polepszenia wybranych właściwości fizykochemicznych lub osiągnięcia nowych [9,13,18,19].

Ze względu na szerokie wykorzystanie preparatów skrobi w przemyśle spożywczym oraz coraz powszechniejsze stosowanie zamienników sacharozy wydaje się konieczne prowadzenie badań modelowych preparatów skrobi modyfikowanych handlowych z sacharozą i jej zamiennikami. Liczne badania obejmujące zagadnienia wpływu sacharydów w układach skrobia – woda – sacharyd na ich właściwości reologiczne dowodzą, że zarówno rodzaj skrobi, jak i cukru oraz ich stężenia mają decydujący wpływ na zmianę właściwości funkcjonalnych [1, 4, 5, 6, 10, 16]. Poznanie właściwości takich układów może być pomocne w wyznaczeniu nowych kierunków zastosowań tego polimeru z określonym sacharydem w produkcji żywności.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu sacharozy i jej zamienników na wybrane właściwości fizykochemicznych preparatów skrobiowych.

### **Material i metody badań**

Material badawczy stanowiły handlowe preparaty na bazie skrobi ziemniaczanej: skrobia utleniona żelująca (E 1404), fosforan diskrobiowy (E 1412), acetylowany fosforan diskrobiowy (E 1414) oraz acetylowany adypinian diskrobiowy (E 1422) produkowane i dostarczone przez Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A. w Luboniu oraz sacharoza (Chempur, Piekary Śląskie), sorbitol (Dakart, Kielce), acesulfam K (Nutrinova, Niemcy), aspartam (Nutra Sweet, Szwajcaria).

Skrobie wyjściowe przebadano pod względem redukcijności [14], zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w wodzie w temp. 25 i 60 °C [15], wyznaczono również krzywe płynięcia przy użyciu reometru rotacyjnego Rheolab MC1 (Physica Messtechnik GmbH, Niemcy).

Do wyznaczenia krzywych płynięcia sporządzano 5 % kleiki w wodzie oraz w roztworze sacharozy lub jej zamienników. Stężenie sacharozy było dobrane zgodnie ze stężeniem sugerowanym przez producentów budyniów spożywczych (stosunek skrobi do sacharozy wynosił 1:1), natomiast pozostałe roztwory słodzików sporządzano tak, by stopień słodkości był porównywalny ze słodkością roztworu sacharozy (stosunek skrobi do sorbitolu wynosił 1:1,8; do acesulfamu K 1:0,0050, a do aspartamu 1:0,0056).

Próbki mieszano przy użyciu mieszadła mechanicznego z szybkością 300 obr./min przez 5 min w temp. pokojowej, a następnie ogrzewano w łaźni wodnej w temp.  $95 \pm 2$  °C przez 30 min przy ciągłym mieszaniu z szybkością 300 obr./min. Kleiki bezpośrednio po przygotowaniu umieszczano w elemencie pomiarowym reometru rotacyjnego, z układem współosiowych cylindrów jako systemu pomiarowego (średnica szczeliny – 2,12 mm) i termostatowano do temp. pomiaru wynoszącej  $25 \pm 0,5$  °C,  $40 \pm 0,5$  °C,  $60 \pm 0,5$  °C w ciągu 15 min. Wykreślono krzywe płynięcia przy

wzrastającej prędkości ścinania w zakresie 1- 100 s<sup>-1</sup> w ciągu 10 min. Do opisu krzywych płynięcia zastosowano model Herschela-Bulkley'a:

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

gdzie:

$\tau$  - naprężenie ścinające [Pa],

$\tau_0$  - granica płynięcia [Pa],

$\dot{\gamma}$  - prędkość ścinania [s<sup>-1</sup>],

$K$  - współczynnik konsystencji [Pa·s<sup>n</sup>],

$n$  - wskaźnik płynięcia, bezwymiarowy.

### Wyniki i dyskusja

Skrobie, w zależności od pochodzenia botanicznego, wykazują różną zdolność wiązania wody. Wg Leszczyńskiego [11, 12] oraz Fortuny i Juszcza [8] skrobia ziemniaczana charakteryzuje się wyższą wodochłonnością w porównaniu ze skrobiami zbożowymi, w których występują kompleksy lipidowo-białkowe utrudniające wiązanie wody. Na zdolność wiązania wody ma również wpływ struktura form krystalicznych ziarenek [12].

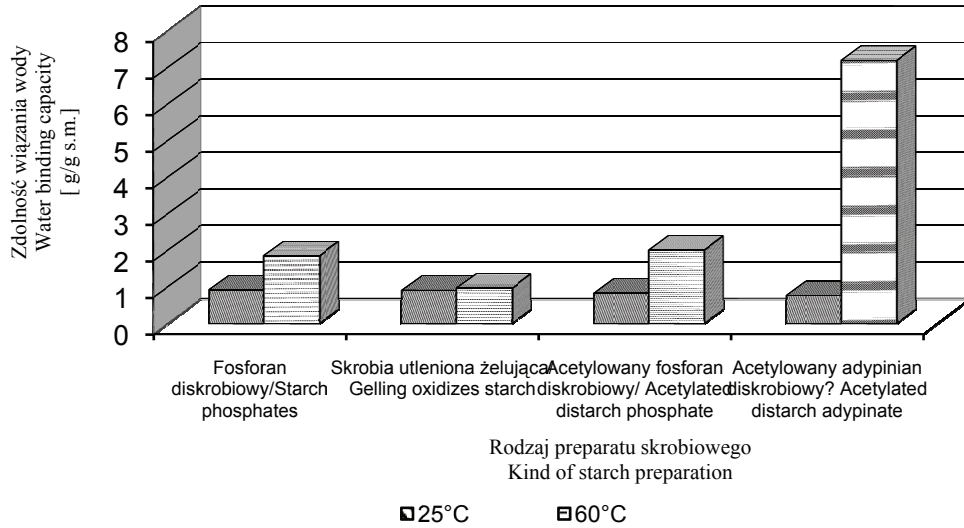
Średnie wartości zdolności wiązania wody skrobi handlowych w temp. 25 °C nie wykazały statystycznie istotnych różnic. Natomiast w przypadku fosforanu diskrobiowego, acetylowanego adypinianu diskrobiowego oraz acetylowanego fosforanu diskrobiowego zaobserwowano w 60 °C znaczny wzrost wartości tego parametru w stosunku do wartości oznaczonych w temp. 25 °C. Jedynie skrobia żelująca nie wykazała wzrostu zdolności wiązania wody wraz z podwyższeniem temperatury pomiaru (rys. 1).

Również rozpuszczalność wszystkich badanych skrobi nie wykazała statystycznie istotnych różnic w temp. 25 °C. Zaobserwowano natomiast znaczący wzrost wartości tego parametru wraz z podwyższeniem temperatury (rys. 2).

Zgodnie z danymi literaturowymi zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w wodzie skrobi rośnie wraz ze wzrostem temperatury [17].

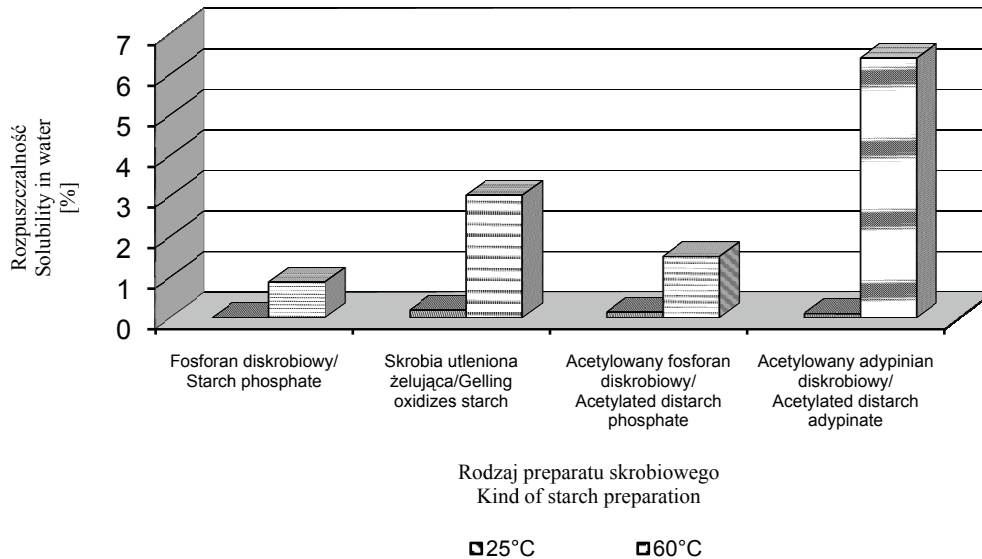
Na podstawie wyznaczonych krzywych płynięcia stwierdzono, że wszystkie kleiki charakteryzowały się nienewtonowskim przepływem, były rozrzedzane ścinaniem z tendencją do granicy płynięcia. Stwierdzono również, że kleiki wszystkich badanych skrobi wraz z dodatkiem sorbitolu wykazywały wyższe wartości naprężenia ścinającego zarówno w temp. 25 °C, jak również w 40 i 60 °C w porównaniu z układami skrobiowymi bez dodatku substancji słodzącej. Również obecność sacharozy w badanych układach wpłynęła na podwyższenie mierzonych wartości naprężenia ścinającego analizowanych kleików we wszystkich trzech zakresach temperatury. Zależność naprężenia ścinającego od prędkości ścinania przedstawiono na przykładzie

krzywych płynięcia uzyskanych z kleików fosforanu diskrobiowego z dodatkiem substancji słodzących oraz bez ich udziału (rys. 3, 4 i 5).



Rys. 1. Zdolność wiązania wody handlowych skrobi modyfikowanych w temp. 25 i 60°C.

Fig. 1. Water binding capacity for starches in temp. 25 °C and 60 °C.



Rys. 2. Rozpuszczalność handlowych skrobi modyfikowanych w temp. 25 i 60 °C.

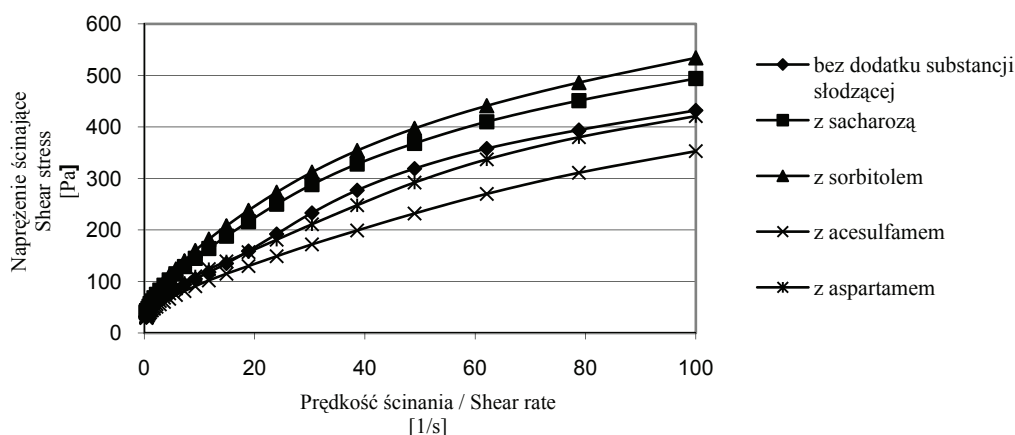
Fig. 2. Starch solubility at 25 °C and 60 °C.

Analiza kleików skrobiowych wraz z acesulfamu K wykazała, że krzywe wszystkich badanych skrobi charakteryzowały się niższą wartością naprężenia ścinającego w porównaniu z preparatami niezawierającymi zamienników sacharozy (rys. 3, 4 i 5).

Dodatek aspartamu do kleików skrobi żelującej spowodował podwyższenie wartości naprężenia ścinającego (rys. 6, 7 i 8) i obniżenie wartości tego parametru w kleikach otrzymanych z fosforanu diskrobiowego, acetylowanego adypinianu diskrobiowego oraz acetylowanego fosforanu diskrobiowego (rys. 3, 4 i 5).

We właściwościach reologicznych preparatów skrobiowych znaczącą rolę odgrywał proces penetrowania cząsteczek sacharozy i jej zamienników do wnętrza granул skrobiowych, co wpływa na dezorganizację ich struktur [5]. Zatem budowa strukturalna skrobi, sacharozy i jej zamienników determinują właściwości reologiczne otrzymanych preparatów.

W tab. 1., 2., 3. i 4. przedstawiono parametry do opisu krzywych płynięcia modelu Herschela-Bulkley'a. Wysokie wartości współczynnika determinacji  $R^2$  świadczą o tym, że powyższy model dobrze opisywał eksperymentalne krzywe płynięcia.

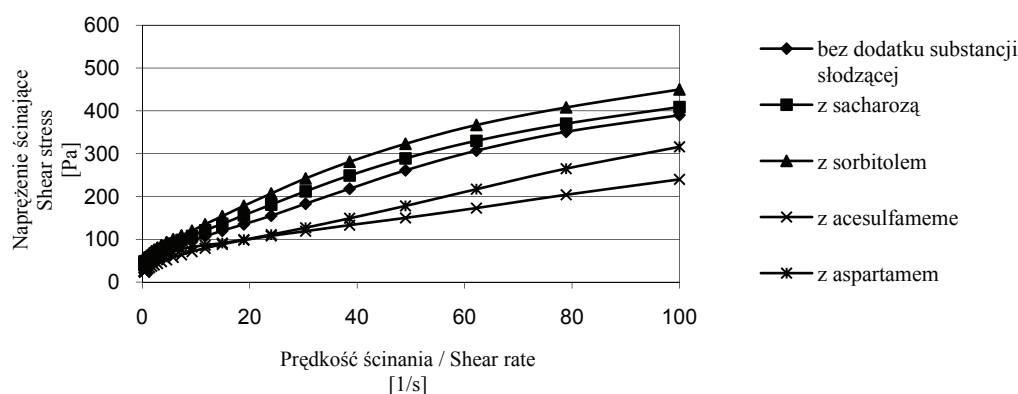


Rys. 3. Krzywe płynięcia 5 % kleików fosforanu diskrobiowego (E 1412) w temp. 25 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 3. Flow curves of 5 % distarch phosphate gels (E 1412) at 25 °C, without and with saccharose and its substitutes added.

Z porównania wartości granicy płynięcia ( $\tau_0$ ) badanych kleików skrobiowych wynika, że dodatek acesulfamu K do układów skrobi handlowych wpłynął na obniżenie wartości granicy płynięcia w stosunku do wartości tego parametru uzyskanego w kleikach bez dodatku substancji słodzącej. Zależność taką wykazały wszystkie skrobie będące materiałem badawczym w niniejszej pracy, we wszystkich zakresach temperatury (tab. 1, 2, 3 i 4). Sporządzone kleiki z fosforanu diskrobiowego, acetylowanego fosforanu diskrobiowego i acetylowanego adypinianu diskrobiowego z dodatkiem

aspartamu wykazywały we wszystkich trzech zakresach temperatury obniżenie wartości granicy płynięcia w porównaniu z układami skrobiowymi otrzymanymi z samej skrobi. Natomiast dodatek tego zamiennika do kleików ze skrobi żelującej wpłynął na wzrost wartości granicy płynięcia  $\tau_0$  w każdej z badanych temperatur (tab. 1, 2, 3 i 4). Wprowadzenie do układów skrobiowych sorbitolu, jako substancji słodzącej, wpłynęło na uzyskanie wyższych wartości granicy płynięcia we wszystkich preparatach w porównaniu z wartościami tego parametru, uzyskanymi w kleikach bez dodatku zamiennika sacharozy.

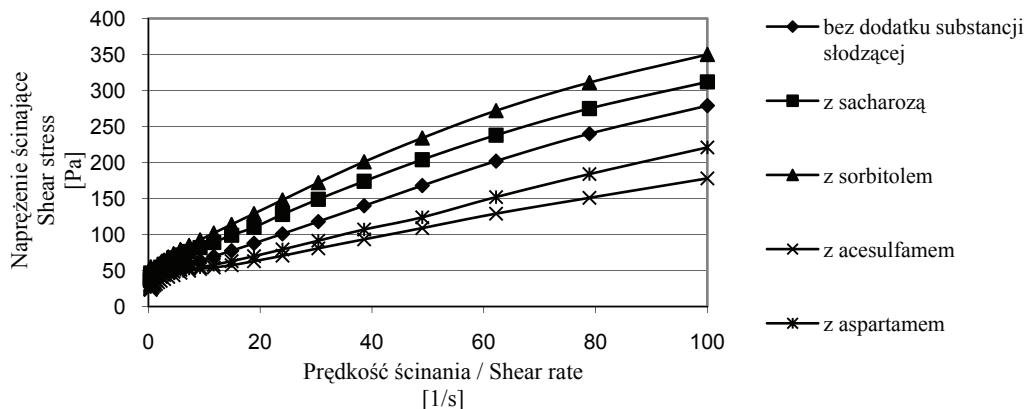


Rys. 4. Krzywe płynięcia 5 % kleików fosforanu diskrobiowego (E 1412) w temp. 40 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 4. Flow curves of 5 % distarch phosphate gels (E 1412) at 40 °C, without and with saccharose and its substitutes added.

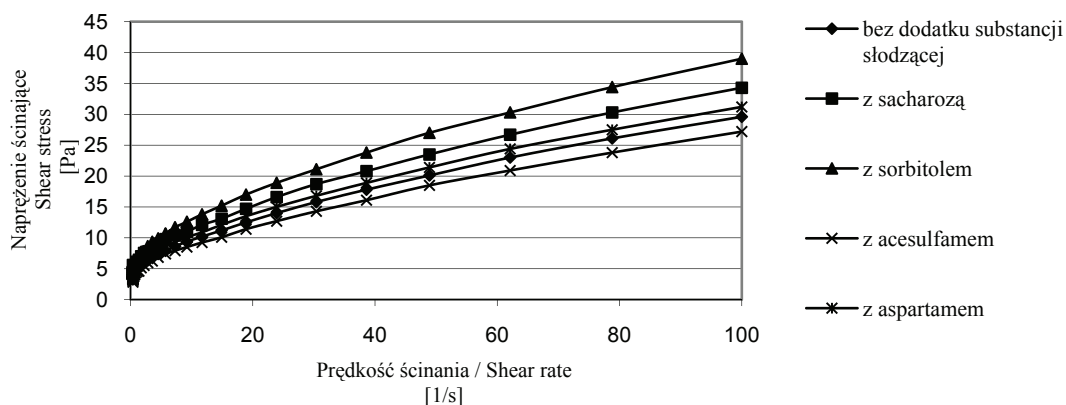
Zjawisko rozrzedzania ścinaniem kleików skrobiowych następuje na skutek niszczenia sieci cząsteczek polisacharydu. Szybkość rozrywania istniejących połączeń międzycząsteczkowych w trakcie ścinania próbki z coraz większą prędkością przewyższa tempo ich ponownego tworzenia, czego efektem jest zmniejszenie odporności skrobi na ścinanie i w rezultacie powoduje obniżenie wartości lepkości pozornej [20].

Sporządzenie kleików skrobi żelującej, acetylowanego adypinianu diksrobiowego i fosforanu diskrobiowego z pięcioprocentowym dodatkiem sacharozy powodowało zwiększenie stopnia rozrzedzania ścinaniem uzyskanych układów (tab. 1, 2, 3 i 4). Spostrzeżenie to potwierdzają także inni autorzy [3, 7, 10]. Równocześnie zaobserwowano, że obecność tego sacharydu spowodowała zmniejszenie stopnia rozrzedzania ścinaniem kleików uzyskanych z acetylowanego fosforanu diskrobiowego (tab. 1, 2, 3 i 4). Efekt taki, lecz dotyczący skrobi ryżowej, również wykazali w swoich badaniach Yoo i Yoo [20].



Rys. 5. Krzywe płynięcia 5 % kleików fosforanu diskrobiowego (E 1412) w temp. 60 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 5. Flow curves of 5 % starch distarch phosphate gels (E 1412) at 60 °C, without and with saccharose and its substitutes added.

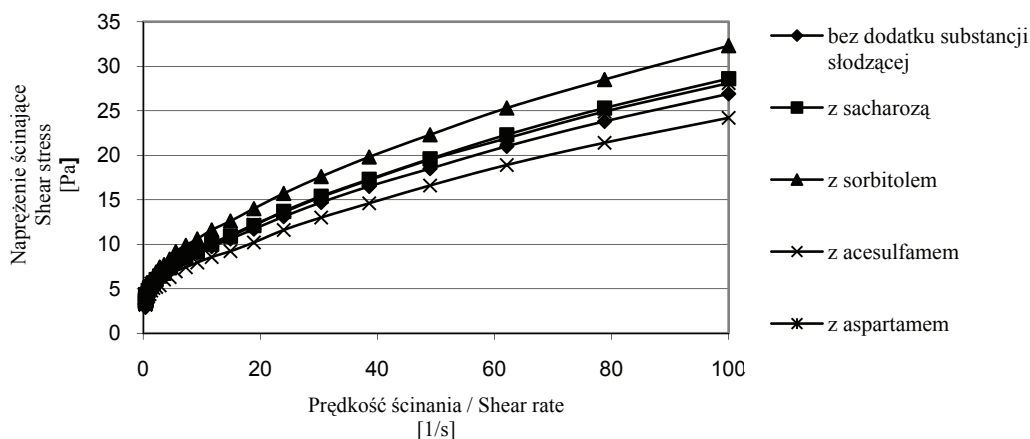


Rys. 6. Krzywe płynięcia 5 % kleików skrobi żelującej (E 1404) w temp. 25 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 6. Flow curves of 5 % gelating starch gels (E 1404) at 25 °C, without and with saccharose and its substitutes added.

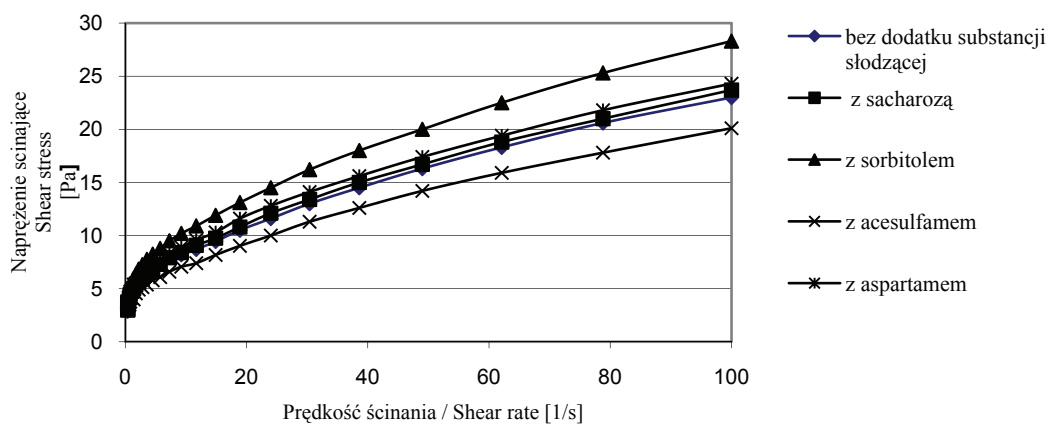
Dodatek acesulfamu K do kleików uzyskanych ze skrobi żelującej i acetylowanego fosforanu diskrobiowego skutkowało zwiększeniem stopnia rozrzedzenia ścinaniem, natomiast acetylowany adypinian diskrobiowy wykazywał znacznie mniejszy stopień rozrzedzenia ścinaniem w obecności tego zamiennika sacharozy w porównaniu z wartością tego parametru uzyskanego w kleikach bez dodatku substancji słodzących. Wszystkie uzyskane i przebadane kleiki z dodatkiem aspartamu K wykazały znacznie

większy stopień rozrzedzania ścinaniem w porównaniu z preparatami bez zamiennika sacharozy (tab. 1, 2, 3 i 4).



Rys. 7. Krzywe płynięcia 5 % kleików skrobi żelującej (E 1404) w temp. 40 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 7. Flow curves of 5 % gelating starch gels (E 1404) at 40 °C, without and with saccharose and its substitutes added.



Rys. 8. Krzywe płynięcia 5 % kleików skrobi żelującej (E 1404) w temp. 60 °C, bez i z dodatkiem sacharozy i jej zamienników.

Fig. 8. Flow curves of 5 % gelating starch gels (E 1404) at 60 °C, without and with saccharose and its substitutes added.



Tabela 1

Wartości parametrów modelu Herschela-Bulkley'a 5 % kleików skrobi żelującej (E 1404).  
Parameter values of the Herschel-Bulkley model for 5 % starch gels (E 1404).

Kleiki skrobi żelującej Gelating starch gels	25 °C				40 °C				60 °C			
	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>
Skrobia żelująca Gelating oxidized starch	2,27	0,51	3,01	0,9964	4,19	0,50	3,86	0,9981	6,38	0,45	3,72	0,9959
z sacharozą with saccharose	1,67	0,50	4,20	0,9974	6,42	0,49	3,86	0,9961	4,21	0,34	7,97	0,9933
z sorbitolem with sorbitol	3,39	0,48	5,12	0,9972	4,92	0,50	4,87	0,9978	8,42	0,50	3,38	0,9968
z acesulfamem K with acesulfame K	1,22	0,41	5,68	0,9974	2,76	0,44	3,86	0,9968	5,07	0,33	5,83	0,9941
z aspartamem with aspartame	4,33	0,51	4,03	0,9950	4,20	0,34	8,59	0,9876	7,33	0,38	6,40	0,9926

Tabela 2

Wartości parametrów modelu Herschela-Bulkley'a 5 % kleików fosforanu diskrobiowego (E1412).  
Parameter values of the Herschel-Bulkley model for 5 % distarch phosphate gels (E 1412).

Kleiki fosforanu diskrobiowy Starch phosphate	25 °C				40 °C				60 °C			
	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>
Fosforan diskro- biowy Distarch phosphate	31,69	0,62	42,16	0,9954	39,02	0,66	17,94	0,9985	31,98	0,74	8,59	0,9989
z sacharozą with saccharose	27,65	0,57	40,47	0,9981	29,22	0,63	23,23	0,9986	59,95	0,74	10,31	0,9980
z sorbitolem with sorbitol	21,29	0,57	46,12	0,9977	34,03	0,57	36,63	0,9983	49,89	0,59	25,25	0,9992
z acesulfamem K with acesulfame K	18,28	0,61	21,28	0,9994	19,84	0,59	15,82	0,9968	30,57	0,81	3,88	0,9943
z aspartamem with aspartame	23,92	0,60	29,36	0,9977	25,27	0,64	18,07	0,9991	31,31	0,70	9,71	0,9970

Tabela 3

Wartości parametrów modelu Herschela-Bulkley'a 5 % kleików acetylowanego fosforanu diskrobiowego (E1414).

Parameter values of the Herschel-Bulkley model for 5 % acetylated distarch phosphate gels (E 1414).

Kleik acetylowanego fosforanu diskrobiowego Acetylated distarch phosphate gel	25 °C				40 °C				60 °C			
	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>
Acetylowany fosforan diskrobiowy Acetylated distarch phosphate	17,06	0,65	13,21	0,9974	16,45	0,60	12,95	0,9963	17,18	0,63	8,35	0,9949
z sacharozą with saccharose	18,96	0,70	10,87	0,9984	17,84	0,61	12,41	0,9947	10,19	0,65	8,11	0,9955
z sorbitolem with sorbitol	19,71	0,60	20,03	0,9990	21,06	0,64	13,02	0,9977	21,96	0,60	11,69	0,9947
z acesulfamem K with acesulfame K	13,65	0,59	10,51	0,9945	12,79	0,53	10,96	0,9904	14,22	0,62	5,86	0,9919
z aspartamem with aspartame	13,86	0,60	14,41	0,9961	16,44	0,60	9,69	0,9915	16,77	0,63	7,37	0,9933

Tabela 4

Wartości parametrów modelu Herschela-Bulkley'a 5 % kleików acetylowanego adypinianu diskrobiowego (E 1422).

Parameter values of the Herschel-Bulkley model for 5 % acetylated distarch adipate gels (E 1422).

Kleik acetylowanego adypinianu diskrobiowego Acetylated distarch adipate gel	25 °C				40 °C				60 °C			
	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>	$\tau_0$ [Pa]	N [-]	K [Pa·s <sup>n</sup> ]	R <sup>2</sup>
Acetylowany adypinian diskrobiowy Acetylated distarch adipate	6,36	0,52	24,69	0,9999	8,08	0,53	18,58	0,9999	10,07	0,53	15,12	0,9998
z sacharozą with saccharose	4,90	0,51	28,54	0,9999	8,50	0,53	22,58	0,9999	10,75	0,52	16,57	0,9999
z sorbitolem with sorbitol	5,12	0,51	32,51	0,9999	9,61	0,53	23,98	0,9999	10,68	0,53	16,01	0,9999
z acesulfamem K with acesulfame K	5,76	0,55	17,17	0,9999	7,43	0,55	13,52	0,9999	8,00	0,55	10,03	0,9999
z aspartamem with aspartame	4,25	0,51	28,75	0,9999	7,03	0,53	20,25	0,9999	9,73	0,53	15,00	0,9999

Z porównania wartości współczynnika konsystencji  $K$ , będącego miarą lepkości płynów, można wnioskować, że dodatek sacharozy do układów skrobi żelującej, acetylowanego adypinianu diskrobiowego oraz fosforanu diskrobiowego spowodował wzrost wartości współczynnika konsystencji otrzymanych kleików. Podobne zależności uzyskali Abu-Jdayil i wsp. [1] oraz Fortuna i Gałkowska [7]. Spowodowane to prawdopodobnie mogło być przez zwiększenie średnicy granул skrobiowych [2].

Wprowadzenie sorbitolu oraz aspartamu  $K$  do układów skrobi powodował na ogół wzrost wartości współczynnika  $K$  w porównaniu z kleikami bez dodatku zamienników sacharozy. Obecność acesulfamu w układach skrobi żelującej wpłynęła na podwyższenie wartości lepkości pozornej, natomiast w kleikach otrzymanych z pozostałych skrobi, przyczyniła się do obniżenia wartości współczynnika konsystencji.

### Wnioski

1. Na podstawie wyznaczonych krzywych płynięcia stwierdzono, że wszystkie kleiki charakteryzowały się nienewtonowskim przepływem, były rozrzedzane ścinaniem z tendencją do granicy płynięcia.
2. Dodatek sacharozy do kleików otrzymanych z fosforanu diskrobiowego, skrobi żelującej i acetylowanego adypinianu diskrobiowego nadał im charakter bardziej rozrzedzanych ścinaniem niż układy otrzymane bez dodatku sacharydu.
3. Kleiki z dodatkiem aspartamu wykazywały we wszystkich trzech zakresach temperatur mniejszy stopień rozrzedzenia ścinaniem w porównaniu z układami skrobiowymi sporządzonymi bez dodatku substancji słodzących.
4. Obecność każdej z badanych substancji słodzących w kleikach skrobi żelującej spowodowała podwyższenie wartości lepkości pozornej w porównaniu z układami bez dodatku substancji słodzącej.
5. Dodatek sorbitolu wpłynął na podwyższenie wartości granicy płynięcia wszystkich preparatów skrobiowych. Natomiast obecność acesulfamu  $K$  obniżyła wartość tego parametru.
6. Wartości zdolności wiązania wody i rozpuszczalności w wodzie w temperaturze 25 °C badanych skrobi nie wykazały różnic statystycznie istotnych. Natomiast fosforan diskrobiowy, acetylowany adypinian diskrobiowy oraz acetylowany fosforan diskrobiowy charakteryzowały się w temperaturze 60 °C znaczącym wzrostem wartości tego parametru w stosunku do pomiarów wykonanych w temperaturze 25 °C. Jedynie skrobia żelująca nie wykazała znaczącego wzrostu zdolności wiązania wody wraz ze wzrostem temperatury pomiaru.
7. Największą zdolność wiązania wody i rozpuszczalność w temperaturze 60°C wykazał acetylowany adypinian diskrobiowy, natomiast najmniejszą zdolnością wiązania wody w tej temperaturze charakteryzowała się skrobia żelująca. Najmniejszą wartość rozpuszczalności w tej temperaturze wykazał fosforan diskrobiowy.

8. Obecność sacharozy w kleikach skrobiowych wpłynęła na podwyższenie wartości naprężenia ścinającego w porównaniu z wartościami tych parametrów uzyskanych w kleikach bez dodatku substancji słodzących. Naprężenia ścinające kleików z udziałem sacharozy uzyskały wartości niższe w porównaniu z kleikami z dodatkiem sorbitolu i znacznie wyższe od tych z udziałem acesulfamu K lub aspartamu.

*Badania były finansowane z grantu Ministra Nauki i Informatyzacji nr 2PO6T 087 27, a praca była prezentowana podczas VI Konferencji Naukowej nt. „Nowoczesne metody analityczne w zapewnieniu jakości i bezpieczeństwa żywności”, Warszawa, 6 - 7 grudnia 2007 r.*

### 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**, 207-215.
- [2] Abu-Jdayil B., Mohameed H., Eassa A.: Rheology of starch-milk-sugar systems: effect of starch concentration, sugar type and concentration, and milk fat content. *J. Food Eng.*, 2004, **64** (2), 207-212.
- [3] 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.
- [4] 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**, 491-496.
- [5] Beak M.H., Yoo B., Lim S.-T.: Effects of sugars and sugar alcohols on thermal transition and cold stability of corn starch gel. *Food Hydrocoll.*, 2004, **18**, 133-142.
- [6] Chiotelli E., Rolée A., Le Maste M.: Effect of sucrose on the thermomechanical behavior of concentrated wheat and waxy corn starch-water preparations. *J. Agric. Food Chem.*, 2000, **48**, 1327-1339.
- [7] Fortuna T., Gałkowska D.: Wpływ dodatków sacharydów na właściwości reologiczne skrobi modyfikowanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **4** (49), 5-17.
- [8] Fortuna T., Juszczyk L.: Wybrane właściwości skrobi różnego pochodzenia. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 2000, **367**, 39-50.
- [9] Fortuna T., Juszczyk L., Pałasinski M.: Fosforylacja skrobi ziemniaczanej rozsegregowanej pod względem wielkości ziaren. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2000, **4** (25), 91-98.
- [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**, 51-57.
- [11] Leszczyński W.: Zróżnicowane właściwości skrobi. *Przem. Spoż.*, 2001, **3** (55), 38-39.
- [12] Leszczyński W.: Zmiany właściwości skrobi wywołane działaniem czynników fizycznych. *Mat. IV Szkoły Skrobiowej, Zawoja* 1992, s. 63-74.
- [13] Nadison J.: Skrobia modyfikowana. Rodzaje, właściwości, zastosowanie produktu. *Przem. Spoż.*, 1995, **49**, 209-212.
- [14] PN 78/A-74701. Hydrolizaty skrobiowe (krochmalowe). *Metodyka badań*
- [15] Richter M., Augustat S., Schierbaum F.: *Ausgewählte Methoden der Stärkechemie*. VFB Fachbuchverlag, Leipzig 1968.
- [16] Sikora M.: Properties of starch-sugar-water systems studies by dynamic rheological measurements. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2000, **10/51**, 1, 9-15.

- [17] Swinkles J.J.M.: Composition and properties of commercial native starches. *Starch / Stärke*, 1985, **37**, 1-5.
- [18] Walkowski A., Lewandowicz G.: Właściwości użytkowe krajowych, spożywczych skrobi modyfikowanych. *Przem. Spoż.*, 1993, **5**, 127-129
- [19] Wurzburg O.B.: *Modified starches: properties and uses*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, 1988.
- [20] Yoo D., Yoo B.: Rheology of rice starch –sucrose composites. *Starch/Stärke*, 2005, **57 (6)**, 254-261.

### EFFECT OF SACCHAROSE AND ARTIFICIAL SWEETENERS ON THE SELECTED RHEOLOGICAL PROPERTIES OF COMMERCIAL MODIFIED STARCHES

#### Summary

Under the contemporary technologies, modified starches will be used in food products, and saccharose will be replaced with other sweeteners. Thus, it seems indispensable to conduct model studies on preparations of modified starches containing saccharose and its substitutes.

The objective of this paper was to assess the effect of saccharose and its substitutes on some selected rheological properties of starch preparations.

The investigation materials were commercial, modified potato starches: oxidized gelating starch (E 1404), distarch phosphate (E1412), acetylated distarch phosphate (E1414), and acetylated distarch adipate (E1422) produced by the 'Wielkopolskie Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A.' Joint Stock Co. in Luboń, as well as saccharose, sorbitol, acesulfame K, and aspartame.

The above indicated starches were analyzed with regard to the water binding capacity and water solubility at 25 °C and 60 °C. Furthermore, flow curves were determined using a Rheolab MC1 rheometer. For the purpose of determining those flow curves, 5 % starch gels were prepared in water, saccharose solution, or in solutions of the saccharose substitutes. The saccharose concentration was chosen so as to comply with the concentration suggested by manufacturers of blancmanges, and the other solutions of sweeteners were prepared to make their sweetness comparable to the sweetness of the saccharose solution. The ready made gels were immediately placed in the measuring element of rotational rheometer and the measurements were taken at a temperature of  $25 \pm 0.5$  °C,  $40 \pm 0.5$  °C, and  $60 \pm 0.5$  °C. Flow curves were drawn up and described using a Herschel-Bulkley model.

**Key words:** modified starch, saccharose, sweeteners ☒