

DOROTA GAŁKOWSKA, MONIKA POŁUDNIAK, LESŁAW JUSZCZAK

## WPLYW ZASTĄPIENIA SACHAROZY GLIKOZYDAMI STEWIOLOWYMI NA CHARAKTERYSTYKĘ REOLOGICZNĄ DESERÓW NA BAZIE SKROBI

### Streszczenie

W 2011 r. Komisja Europejska (UE) wydała rozporządzenie nr 1131/2011, na mocy którego dopuszcza stosowanie glikozydów stewiolowych pozyskiwanych z liści rośliny *Stevia rebaudiana* Bertoni jako substancji dodatkowej do żywności. Technolodzy żywności zyskali zatem nowe możliwości stosowania naturalnej substancji intensywnie słodzącej w wielu kategoriach produktów spożywczych.

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu częściowego lub całkowitego zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi na charakterystykę reologiczną deserów mleczno-skrobiowych. Materiałem badanym były desery sporządzone ze skrobi ziemniaczanej Superior Standard lub skrobi ziemniaczanej acetylowanej, odtłuszczonego mleka w proszku, sacharozy i/lub glikozydów stewiolowych, z dodatkiem kurkuminy jako barwnika oraz aromatu waniliowego. Ilość sacharozy zastępowana glikozydami stewiolowymi, z uwzględnieniem ich potencjału słodzącego, wynosiła w poszczególnych próbkach [%]: 0, 33,5, 66,5 oraz 100. Ocena właściwości reologicznych deserów przeprowadzono poprzez wyznaczenie charakterystyki kleikowania, krzywych lepkości oraz spektrów mechanicznych. Stwierdzono, że desery na bazie skrobi acetylowanej cechowały się niższymi wartościami lepkości pozornej wyznaczonej w testach kleikowania i płynięcia oraz niższymi wartościami modułów zachowawczego i stratności w porównaniu z deserami sporządzonymi ze skrobi niemodyfikowanej. Wszystkie badane desery wykazywały właściwości płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem. Zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi w recepturach deserów skrobiowych prowadziło do otrzymania kleików i żeli o istotnie zmodyfikowanej charakterystyce reologicznej, przy czym kierunek wywołanych zmian zależał od rodzaju zastosowanej skrobi. W aspekcie właściwości reologicznych deseru na bazie skrobi sacharoza może odgrywać rolę zarówno środka zwiększającego lepkość, jak i czynnika utrudniającego pęcznienie ziaren skrobiowych oraz ograniczającego oddziaływanie pomiędzy polimerami skrobiowymi i innymi składnikami deseru.

**Słowa kluczowe:** desery, glikozydy stewiolowe, skrobia, właściwości reologiczne

### Wprowadzenie

Desery są daniami o słodkim smaku, serwowanymi na zimno lub ciepło, podawanymi zazwyczaj na zakończenie głównych posiłków. Bogaty i różnorodny asortyment

---

*Dr inż. D. Gałkowska, mgr inż. M. Południak, prof. dr hab. inż. L. Juszczyk, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: dorota.galkowska@urk.edu.pl*

deserów obejmuje m.in. galaretki, kremy, kisiele, budynie, musy i lody, a także wyroby ciastkarskie. Ze względu na znaczną zawartość węglowodanów desery zazwyczaj kojarzone są z wysoką wartością energetyczną. Spożywane jednak w umiarze nie wpływają negatywnie na organizm zdrowego człowieka, natomiast dzięki zawartości różnych składników surowcowych mogą dostarczać wielu cennych substancji odżywczych i bioaktywnych [16].

Budynie, jako desery mleczne, przygotowuje się z mleka, składnika zagęszczającego, cukru (najczęściej sacharozy) oraz z dodatku smakowo-zapachowego, np. wanilii, kakao, kawy, bakalii. Uzupełniającymi komponentami budyniu mogą być masło oraz żółtka jaj. Zasadniczym czynnikiem strukturotwórczym w tego typu produktach jest skrobia naturalna (ziemniaczana, pszenna, ryżowa, kukurydziana) lub skrobia modyfikowana [11, 19]. Dodatkowymi substancjami zagęszczającymi mogą być hydrokoloidy nieskrobiowe [11, 22]. Spośród skrobi modyfikowanych, oprócz tzw. mączki budyniowej, którą stanowi skrobia utleniona (E 1404), zastosowanie w produkcji deserów znajduje skrobia acetylowana (E 1420), uzyskiwana w reakcji estryfikacji skrobi natywnej bezwodnikiem kwasu octowego [7]. Skrobia taka odznacza się obniżoną temperaturą kleikowania, a tworzone przez nią kleiki i żele charakteryzują się dużą stabilnością reologiczną i klarownością oraz małą podatnością na retrogradację [7, 30]. Składnikiem decydującym w dużej mierze o smakowości deserów jest sacharoza, będąca najpowszechniejszym środkiem słodzącym stosowanym w przetwórstwie żywności. Z uwagi na to, że nadmierne jej spożycie sprzyja rozwojowi m.in. nadwagi i otyłości, cukrzycy typu 2, a także próchnicy zębów, na przestrzeni ostatnich lat notuje się wzmożone zainteresowanie producentów i konsumentów żywnością o obniżonej zawartości cukru oraz żywnością bez jego dodatku. Tendencja ta dotyczy również deserów, które stanowią istotne źródło sacharozy w diecie człowieka [2, 21]. Jednakże sacharoza nie tylko nadaje produktom słodki smak, lecz także wykazuje właściwości strukturotwórcze, wiążące, wypełniające i konserwujące [2, 18], dlatego też zastąpienie sacharozy innymi substancjami słodzącymi z zachowaniem cech sensorycznych, w tym teksturalnych produktu nie jest zadaniem prostym. Operacja ta często wymaga zastosowania odpowiednich mieszanek substancji słodzących i wypełniających [2, 25]. W roli substytutów sacharozy technolodzy żywności często stosują niskoenergetyczne substancje intensywnie słodzące [2]. W odróżnieniu od sacharozy powyższe związki nie sprzyjają rozwojowi wspomnianych wcześniej chorób dietozależnych. Do substancji intensywnie słodzących dopuszczonych do spożycia na terenie Unii Europejskiej należy wiele związków syntetycznych, np. aspartam, acesulfam K, sukraloza [27], jednak bardzo często zawierające je produkty spożywcze nie znajdują akceptacji wśród konsumentów [32]. W związku z powyższym podejmowane są próby stosowania do produkcji żywności substancji intensywnie słodzących pochodzenia naturalnego. Do takich należą glikozydy stewiolowe (E 960) izolowane z liści rośliny *Stevia rebaudiana*

na Bertoni [20]. Zostały one dopuszczone do stosowania na obszarze Unii Europejskiej rozporządzeniem Komisji (UE) nr 1131/2011 [28] z późniejszymi zmianami [26]. Potencjał słodzący glikozydów stewiolowych w porównaniu z sacharozą wynosi  $(30 \div 450) : 1$  [3]. Dane literaturowe wskazują, że glikozydy stewiolowe mogą wykazywać działanie hipoglikemiczne, hipotensyjne i przeciwpróchnicze, a zatem mogą być rekomendowane osobom chorującym na cukrzycę typu 2 [3, 9, 29]. Ponadto omawiane substancje nie stanowią źródła fenylalaniny, stąd mogą być przyjmowane przez osoby chore na fenylketonurię [4]. Zaletą technologiczną glikozydów stewiolowych jest ich stabilność w warunkach wysokiej temperatury, dzięki czemu mogą być stosowane do produkcji żywności poddawanej pasteryzacji lub sterylizacji bądź też do wypieków [4, 15]. Korzystną ich cechą jest również rozpuszczalność w roztworach o charakterze kwaśnym, co umożliwia użycie tych substancji słodzących do produkcji gazowanych napojów bezalkoholowych [15]. Pomimo tego że ustawodawstwo europejskie już od ponad siedmiu lat zezwala na stosowanie glikozydów stewiolowych w wielu kategoriach artykułów spożywczych [26, 28], to na polskim rynku produktów żywnościowych występują one przede wszystkim w formie słodzików stołowych. Drugą pozycję na rynku produktów słodzonych glikozydami stewiolowymi zajmują napoje bezalkoholowe – gazowane lub niegazowane (np. herbaty mrożone). W 2012 r. firma Danone wprowadziła na polski rynek jogurty słodzone omawianymi słodzikami, przy czym w późniejszym czasie produkty te zostały wycofane ze sprzedaży. Oferta produktów zawierających glikozydy stewiolowe jest też poszerzana o słodycze (czekolady, cukierki), płatki śniadaniowe czy gumy do żucia, przy czym w większości artykuły te nie są wytwarzane przez polskich producentów. Warto dodać, że Kalicka i wsp. [14] przeprowadzili badania nad wpływem częściowego lub całościowego zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi na cechy teksturalne i sensoryczne jogurtów przechowywanych w warunkach chłodniczych. W opinii cytowanych autorów jogurty zawierające stewię charakteryzowały się nieco mniejszą spójnością oraz większą twardością niż jogurt słodzony sacharozą, a przy tym ich słodkość była mniej intensywna, jednak bardziej uporczywa. Stwierdzono, że jogurty, w których maksymalnie 75 % sacharozy zostanie zastąpione glikozydami stewiolowymi będą akceptowalne sensorycznie dla konsumentów.

Z uwagi na istotny udział budyniów w rynku deserów, oferowanych zarówno w formie koncentratów deserów, jak i dań gotowych, oraz na potrzebę sprostania oczekiwaniom konsumentów propozycją rozszerzającą asortyment tego typu deserów może być budyń słodzony glikozydami stewiolowymi.

Zmniejszenie zawartości sacharozy i zastąpienie jej niewielką ilością substancji intensywnie słodzącej może jednak skutkować zmianami w charakterystyce reologicznej żywności, dlatego celem niniejszej pracy była ocena wpływu częściowej lub cał-

kowitej zamiany sacharozy glikozydami stewiolowymi na charakterystykę reologiczną deserów mleczno-skrobiowych.

### Material i metody badań

Material badany stanowiły zarówno desery skrobiowo-mleczne, jak i zawiesiny skrobiowe, z których je otrzymywano, sporządzane na bazie skrobi ziemniaczanej Superior Standard (SZ) lub skrobi ziemniaczanej acetylowanej (SA) (WPPZ S.A. w Luboniu, Polska). Pozostałymi składnikami recepturowymi deserów były: odtłuszczone, granulowane mleko w proszku (S.M. Rovema, Gostyń, Polska), cukier biały (Diamant. Pfeifer & Langen S.A., Polska), glikozydy stewiolowe Pure ReB A 95 % (Stevija, Holandia), barwnik – kurkumina (E 100) (JAR – Jaskulski Aromaty, Warszawa) oraz aromat waniliowy do ciast, kremów i ponczu (Delecta – Rieber Foods S.A., Włocławek, Polska). Zawiesiny skrobiowe do badań przygotowywano w następujący sposób: do 100 ml mleka – przygotowanego z mleka w proszku zgodnie z instrukcją producenta – dodawano 9 g skrobi, 9 g cukru, 5 kropli aromatu i 3 krople barwnika. Całość intensywnie mieszano (uzyskane zawiesiny oznaczono jako SZ/S100 oraz SA/S100). W kolejnych próbkach: 33,5, 66,5 lub 100 % masy cukru stosowanej w wyżej opisanych zawiesinach zastępowano odpowiednią ilością glikozydów stewiolowych, przyjmując potencjał słodzący tych związków jako wynoszący 300 : 1 w stosunku do sacharozy. Powyższe próbki oznaczono odpowiednio w następujący sposób: SZ/S66,5 i SA/S66,5, SZ/S33,5 i SA/S33,5 oraz SZ/S0 i SA/S0. Wszystkie próbki sporządzono w trzech niezależnych powtórzeniach.

Charakterystykę kleikowania skrobi w deserach oznaczano z wykorzystaniem szybkiego analizatora lepkości RVA (Rapid Visco Analyser, TecMaster, Perten Instruments, Warriewood, Australia). Przygotowaną bezpośrednio przed pomiarem zawiesinę skrobiową w ilości 25 g przenoszono do naczynka aluminiowego i umieszczano w aparacie. Próbkę ogrzewano od 50 do 95 °C z szybkością 12 °C/min, przetrzymywano w temp. 95 °C przez 2,5 min, a następnie schładzano do 50 °C z szybkością 12 °C/min i przetrzymywano w tej temperaturze przez 2 min. W trakcie całego procesu próbka była mieszana z szybkością 160 rpm [24]. Na podstawie otrzymanych krzywych wyznaczano następujące parametry charakterystyki kleikowania: temperaturę kleikowania (PT, °C), lepkość maksymalną w fazie ogrzewania (PV, mPa·s), lepkość minimalną po fazie ogrzewania (HPV, mPa·s), zmniejszenie lepkości w fazie ogrzewania (BD = PV – HPV, mPa·s), lepkość końcową (FV, mPa·s) oraz zwiększenie lepkości w fazie chłodzenia (SB = FV – HPV, mPa·s).

Do wyznaczenia krzywych lepkości oraz określenia właściwości lepkością tych próbek deserów przygotowanych uprzednio w analizatorze lepkości RVA używano reometru MARS II (Thermo Haake, Niemcy), z układem pomiarowym płytka – stożek (średnica 35 mm, kąt 2°). Pomiary przeprowadzano w temp. 25 °C. Krzywe

lepkości wyznaczano przy wzrastającej szybkości ścinania w zakresie  $1 \div 100 \text{ s}^{-1}$  i opisywano modelem potęgowym:

$$\eta_{ap} = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$$

gdzie:  $\eta_{ap}$  – lepkość pozorna [ $\text{Pa} \cdot \text{s}$ ],  $\dot{\gamma}$  – szybkość ścinania [ $\text{s}^{-1}$ ],  $K$  – współczynnik konsystencji [ $\text{Pa} \cdot \text{s}^n$ ],  $n$  – wskaźnik płynięcia.

Spektra mechaniczne wyznaczano w zakresie prędkości kątowej  $1 \div 100 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ , przy stałym odkształceniu wynoszącym 0,03, w zakresie liniowej lepkośćprężystości. Otrzymane krzywe opisywano równaniami potęgowymi [12]:

$$G' = K' \cdot \omega^{n'}$$

$$G'' = K'' \cdot \omega^{n''}$$

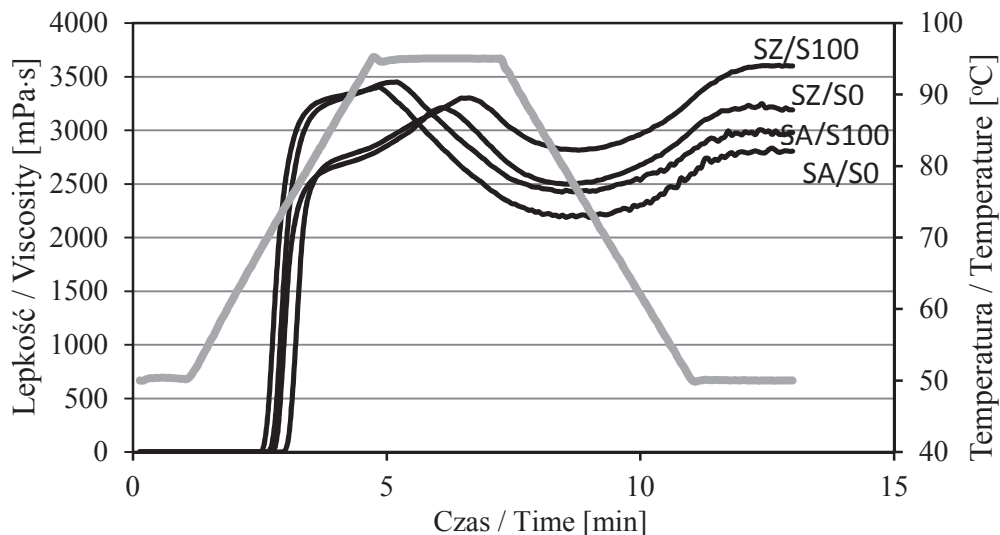
gdzie:  $G'$  – moduł zachowawczy [ $\text{Pa}$ ],  $G''$  – moduł stratności [ $\text{Pa}$ ],  $\omega$  – prędkość kątowa [ $\text{rad/s}$ ],  $K'$  [ $\text{Pa} \cdot \text{s}^{n'}$ ],  $K''$  [ $\text{Pa} \cdot \text{s}^{n''}$ ],  $n'$ ,  $n''$  – stałe.

Wyniki badań opracowano statystycznie. W celu oceny istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi oznaczanych parametrów przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji oraz test Fischera przy  $p = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Lepkośćprężysta struktura deseru na bazie skrobi powstaje w rezultacie ogrzewania i chłodzenia mieszanki składników i/lub dodatków wchodzących w jego skład. Do decydujących czynników wpływających na strukturę finalną wyrobu oraz na postrzeganą przez konsumentów teksturę deseru należą: rodzaj i ilość skrobi w układzie, wzajemne oddziaływania pomiędzy skrobią a pozostałymi składnikami lub dodatkami, a także warunki obróbki termicznej. Jak wykazano, temperatura i czas ogrzewania zawiesin skrobiowych mają istotne znaczenie w kształtowaniu charakterystyki reologicznej kleików skrobiowych [13]. Krzywe kleikowania wybranych czterech deserów przedstawiono na rys. 1., natomiast wyznaczone wartości parametrów charakterystyki kleikowania wszystkich próbek zestawiono w tab. 1.

Kleikowanie skrobi w obecności nieskrobiowych składników badanych deserów obejmowało etapy: gwałtownie wzrastającej lepkości po przekroczeniu temperatury kleikowania, zmniejszającej się lepkości w okresie przetrzymywania próbki w temp.  $95 \text{ }^\circ\text{C}$  oraz ponownego jej wzrostu na etapie schładzania kleiku do  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Cechą odróżniającą krzywe kleikowania badanych skrobi od typowych krzywych kleikowania skrobi niemodyfikowanych w wodzie [10, 24] jest intensywny wzrost lepkości układu w początkowej fazie ogrzewania z następującym po nim łagodnym zwiększaniem się lepkości aż do osiągnięcia jej maksymalnej wartości. Lepkość maksymalna układu skrobiowego o danym stężeniu odzwierciedla zdolność ziaren skrobiowych do swobodnego pęcznienia przed ich fizyczną dezintegracją [31]. Biorąc pod uwagę wysokie



Rys. 1. Krzywe kleikowania deserów na bazie skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej (SZ) i deserów na bazie skrobi ziemniaczanej acetylowanej (SA) słodzonych sacharozą (odpowiednio SZ/S100 i SA/S100) oraz słodzonych tylko glikozydami stewiolowymi (odpowiednio SZ/S0 i SA/S0)

Fig. 1. Pasting curves of native potato starch-based desserts (SZ) and acetylated potato starch-based desserts (SA), sweetened with sucrose (respectively, SZ/S100 and SA/S100) and with steviol glycosides only (respectively, SZ/S0 and SA/S0)

stężenie skrobi w analizowanych próbkach, można uznać, że zarejestrowane wartości lepkości maksymalnej (PV) były stosunkowo niskie [24]. Niniejsze obserwacje mogą zatem wskazywać na zaistniałe w układzie ograniczenia w pęcznieniu ziaren skrobiowych. Przyczyny tego zjawiska można upatrywać w stosunkowo dużym stężeniu skrobi, uwarunkowanym zazwyczaj stosowaną ilością tego polisacharydu w deserach mleczno-skrobiowych, a przez to w mniejszej ilości wody dostępnej dla pęczniejących ziaren. Można też przypuszczać, że obecność w badanych układach komponentów nieskrobiowych, przede wszystkim sacharozy i białek pochodzących z mleka, wpłynęła na ograniczenie dezintegracji spęczniałych ziaren skrobi zachodzącej w warunkach wysokiej temperatury i działania sił mechanicznych, czego objawem był omawiany wyżej kształt krzywej kleikowania. Wzajemne oddziaływania pomiędzy białkami mleka a skrobią mają istotny wpływ na charakterystykę reologiczną gotowego produktu. Wpływ ten jest zależny od wielu czynników, takich jak: stężenie białka, pH próbki, czas i warunki obróbki termicznej oraz obecność innych substancji w układzie [17]. Interesujące jest to, że białka kazeinowe oraz białka serwatkowe w odmienny sposób wpływają na właściwości reologiczne układów skrobiowych, a mianowicie cząsteczki kazeiny zdolne do tworzenia większych agregatów wykazują tendencję do fizycznej adsorpcji na powierzchni ziaren skrobiowych, natomiast białka serwatkowe lokują się głównie w fazie rozpraszającej [17].



Tabela 1. Parametry charakterystyki kleikowania deserów na bazie skrobi

Table 1. Parameters of pasting characteristic of starch-based desserts

Rodzaj próbki Type of sample	PT [°C]	PV [mPa·s]	HPV [mPa·s]	BD [mPa·s]	FV [mPa·s]	SB [mPa·s]
SZ/S100	73,4 ± 0,0	3389 ± 42	2815 ± 49	480 ± 38	3601 ± 72	786 ± 26
SZ/S66,5	73,2 ± 0,5	3305 ± 37	2771 ± 52	618 ± 11	3525 ± 61	754 ± 12
SZ/S33,5	72,4 ± 0,5	3310 ± 26	2628 ± 19	682 ± 24	3357 ± 45	729 ± 25
SZ/S0	70,8 ± 0,5	3215 ± 23	2498 ± 17	718 ± 12	3191 ± 32	694 ± 15
SA/S100	69,7 ± 0,4	3455 ± 28	2420 ± 31	1036 ± 8	2979 ± 53	559 ± 47
SA/S66,5	69,4 ± 0,1	3464 ± 23	2353 ± 6	1111 ± 22	2889 ± 24	536 ± 19
SA/S33,5	68,9 ± 0,5	3440 ± 6	2257 ± 25	1183 ± 29	2819 ± 21	561 ± 44
SA/S0	68,4 ± 0,6	3402 ± 21	2173 ± 13	1230 ± 28	2805 ± 42	632 ± 54
NIR <sub>0,05</sub> / LSD <sub>0,05</sub>	0,7	48	53	41	81	58

Objaśnienia / Explanatory notes:

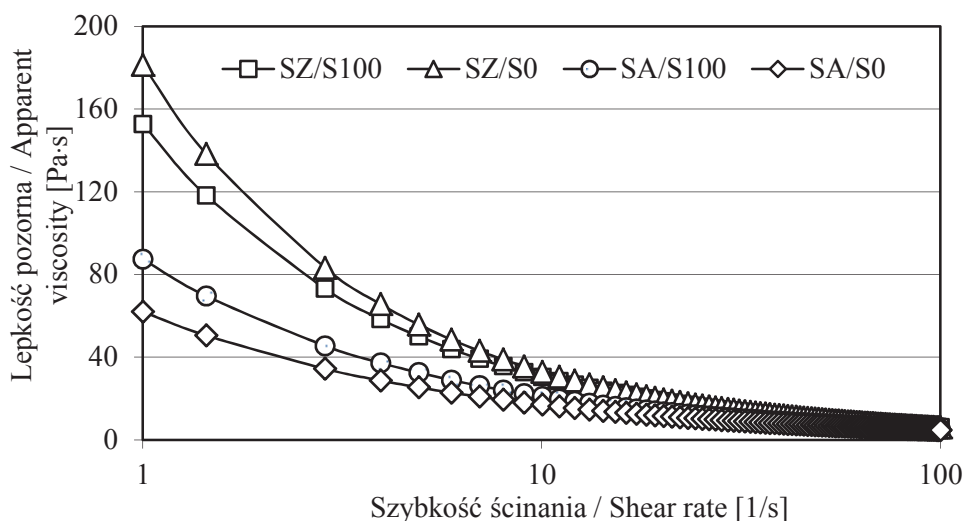
SZ/S100, SZ/S66,5, SZ/S33,5, SZ/S0 – próbki ze skrobią ziemniaczaną, w których odpowiednio 0, 33,5, 66,5 i 100 % sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi / samples with potato starch where, respectively, 0, 33.5, 66.5 and 100 % of sucrose were substituted with steviol glycosides; SA/S100, SA/S66,5, SA/S33,5, SA/S0 – próbki ze skrobią ziemniaczaną acetylowaną, w których odpowiednio 0, 33,5, 66,5 i 100 % sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi / samples with acetylated potato starch where, respectively, 0, 33.5, 66.5 and 100 % of sucrose were substituted with steviol glycosides;

PT – temperatura kleikowania / pasting temperature; PV – lepkość maksymalna w fazie ogrzewania / peak viscosity while heating; HPV – lepkość minimalna po fazie ogrzewania / hot paste viscosity; BD – obniżenie lepkości w fazie ogrzewania / breakdown in viscosity while heating; FV – lepkość końcowa / final viscosity; SB – zwiększenie lepkości w fazie chłodzenia / setback in viscosity while cooling; NIR<sub>0,05</sub> – najmniejsza istotna różnica / LSD<sub>0,05</sub> – least significant difference. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviations.

Odmienne właściwości fizykochemiczne skrobi zastosowanych w badanych zawiesinach znalazły odzwierciedlenie w charakterystyce kleikowania tych polisacharydów w obecności składników nieskrobiowych. Skrobia ziemniaczana natywna w każdym z badanych układów kleikowała w wyższej temperaturze i osiągnęła mniejszą lepkość maksymalną, jak również tworzyła kleiki bardziej lepkie po ochłodzeniu do 50 °C niż skrobia ziemniaczana acetylowana w odpowiednich układach. Obecne w skrobi acetylowanej grupy funkcyjne stabilizują jej strukturę. Stanowiąc przeszkodę steryczną oraz osłabiając wewnątrzcząsteczkowe wiązania wodorowe, ograniczają oddziaływanie pomiędzy łańcuchami polimerów skrobiowych, co skutkuje m.in. mniejszą lepkością tworzonych kleików w porównaniu ze skrobią niemodyfikowaną [7, 8]. Powyższe zjawisko mogło również wynikać z częściowej depolimeryzacji polimerów skrobiowych zachodzącej podczas modyfikacji [7].

Jak wynika z danych przedstawionych w tab. 1., zmniejszenie ilości sacharozy w badanych zawiesinach skrobiowych wpłynęło na obniżenie temperatury kleikowania skrobi, czego przyczynę można upatrywać w zwiększonej ilości wody dostępnej dla skrobi, a przez to w szybszym pęcznieniu ziaren skrobiowych. Całkowite usunięcie

sacharozy z próbek spowodowało, że wartości lepkości maksymalnej (PV) oraz końcowej (FV) kleików obydwu badanych skrobi były zredukowane w porównaniu z wyznaczonymi dla próbek zawierających sacharozę (tab. 1). Powyższe obserwacje są zgodne z wynikami podawanymi przez innych autorów [1, 10], w pracach których stwierdzono podwyższenie temperatury kleikowania skrobi oraz zwiększenie lepkości kleików w obecności sacharozy. Wielkość obniżenia lepkości kleiku mleczno-skrobiowego w trakcie ogrzewania (BD) wzrastała wraz ze zwiększaniem ilości sacharozy eliminowanej z układu (tab. 1). Oznacza to, że struktura kleików stawała się mniej odporna na działanie sił ścinających oraz wysokiej temperatury. Warto zauważyć, że procentowa wielkość przyrostu lepkości układu po ochłodzeniu do 50 °C wyznaczana względem lepkości minimalnej pozostawała na niezmiennym poziomie w próbkach zawierających skrobię ziemniaczaną niemodyfikowaną, natomiast wartość tego parametru zwiększyła się w przypadku próbek ze skrobią ziemniaczaną acetylowaną, z których usunięto 66,5 i 100 % wyjściowej ilości sacharozy.



Rys. 2. Krzywe lepkości deserów na bazie skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej (SZ) i deserów na bazie skrobi ziemniaczanej acetylowanej (SA) słodzonych sacharozą (odpowiednio SZ/S100 i SA/S100) oraz słodzonych tylko glikozydami stewiolowymi (odpowiednio SZ/S0 i SA/S0)

Fig. 2. Viscosity curves of native potato starch-based desserts (SZ) and acetylated potato starch-based desserts (SA) sweetened with sucrose (respectively, SZ/S100 and SA/S100) and with steviol glycosides only (respectively, SZ/S0 and SA/S0)

Przedstawione na rys. 2. przykładowe krzywe lepkości analizowanych deserów mleczno-skrobiowych i opisujące je parametry modelu potęgowego (tab. 2) świadczą o istnieniu różnic między próbkami pod względem właściwości reologicznych związa-



nych z płynięciem. Wszystkie badane desery wykazywały właściwości płynów nietonowskich rozrzedzanych ścinaniem, co oznacza, że ich lepkość pozorna malała wraz ze wzrostem szybkości ścinania. Taki charakter reologiczny wieloskładnikowych układów skrobiowych potwierdza wcześniejsze doniesienia literaturowe [23, 34]. Zjawisko rozrzedzania ścinaniem kleików skrobiowych spowodowane jest procesem rozpadu sieci łączącej cząsteczki poliglukanów oraz ich orientacją zgodnie z kierunkiem przepływu. Prowadzi to w konsekwencji do obniżania odporności na odkształcenia i objawia się zmniejszaniem lepkości pozornej wraz ze wzrostem szybkości ścinania [5, 33].

Istotnie wyższymi wartościami lepkości pozornej w całym zakresie szybkości ścinania charakteryzowały się desery na bazie skrobi ziemniaczanej natywnej, co jest zgodne z wynikami pomiarów lepkości końcowej deserów badanych w analizatorze lepkości RVA (tab. 1). Wyeliminowanie sacharozy z deserów w odmienny sposób wpłynęło na ich lepkość pozorną: zwiększenie wartości tego parametru przy danej szybkości ścinania stwierdzono w przypadku próbek ze skrobią natywną, a zmniejszenie – w przypadku skrobi acetylowanej (rys. 2). Zjawiska te znajdują odzwierciedlenie w zmianach wartości współczynników konsystencji, które ulegały podwyższeniu lub obniżeniu, odpowiednio w próbkach ze skrobią SZ lub skrobią SA, wraz ze wzrastającą ilością sacharozy zastępowanej w deserach glikozydami stewiolowymi (tab. 2). Niniejsze obserwacje mogą oznaczać, że sacharoza pełniła funkcję czynnika ograniczającego pęcznienie ziaren skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej i w konsekwencji utrudniającego tworzenie się odpowiedniej struktury gotowego deseru, natomiast w układach ze skrobią modyfikowaną istotną rolę sacharozy było działanie zagęszczające, a przez to zwiększające ich lepkość. To ostatnie przypuszczenie jest zbieżne z wynikami badań Pietrzyka i wsp. [23], świadczących o zmniejszeniu lepkości pozornej żelu skrobi modyfikowanej na skutek zastąpienia zawartej w nim sacharozy sukralozą. Podobnie Abu-Jdayil i wsp. [1] stwierdzili, że obecność sacharozy w układach skrobia – mleko powoduje zwiększenie lepkości pozornej. Z kolei Yoo i Yoo [33] wykazali, że obecność sacharozy w ilości 10 ÷ 30 % w istotny sposób obniża lepkość pozorną 5-procentowych kleików skrobi ryżowej. Odmiennosc wpływu sacharydów na charakterystykę reologiczną kleików skrobi natywnej i preparatów modyfikowanych stwierdziły Fortuna i Gałkowska [5]. Wymienione autorki wskazywały, że dodatek sacharydów do skrobi niemodyfikowanej powoduje istotne zwiększenie lepkości pozornej, a tym samym wartości współczynnika konsystencji, zaś w przypadku skrobi modyfikowanych (utlenionej i sieciowanej) następuje zmniejszenie lepkości pozornej kleiku.

Biorąc pod uwagę wyznaczone w niniejszych badaniach wartości wskaźnika płynięcia modelu opisującego krzywe lepkości należy zauważyć, że desery, w których część lub całą ilość sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi były mniej pseu-

doplastyczne niż desery słodzone cukrem (tab. 2). Zjawisko takie zostało również zaobserwowane przez Pietrzyka i wsp. [23], którzy zastępowali sacharozę w żelu skrobiowym trehalozą. Z kolei odmienne wyniki badań przedstawiły Rodriguez Furlán i Campderrós [25], które wykazały brak istotnych różnic pod względem wartości wskaźnika płynięcia ( $0,20 < n < 0,27$ ) określonych dla deserów mlecznych na bazie skrobi zawierających stewię oraz sukralozę w porównaniu z deserem zawierającym sacharozę. Podobnie Yoo i Yoo [33] stwierdzili, że wartości parametru  $n$  krzywych płynięcia kleików skrobi ryżowej zwiększały się wraz ze wzrostem stężenia sacharozy w próbce.

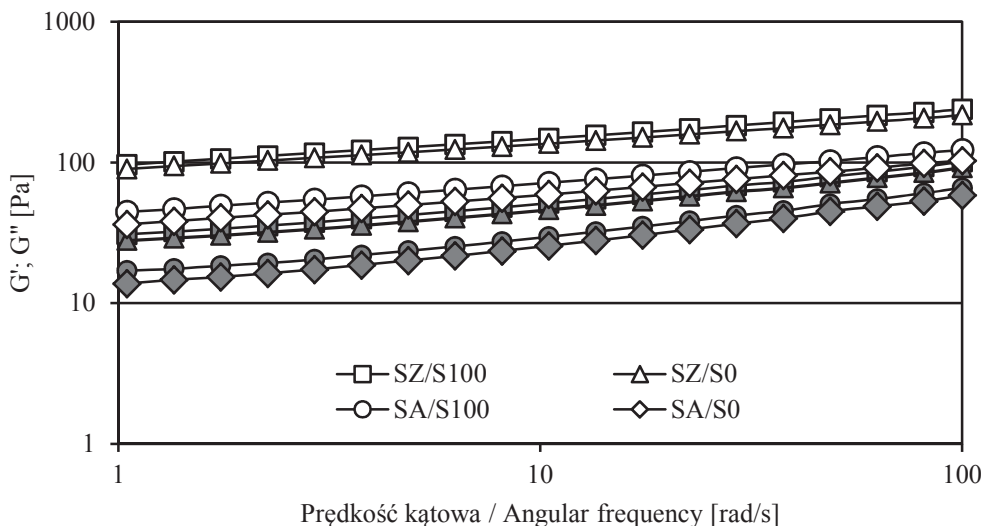
Tabela 2. Parametry modelu potęgowego opisującego krzywe płynięcia deserów skrobiowych  
Table 2. Parameters of power law model describing the flow curves of starch desserts

Rodzaj próbki Type of sample	$K$ [Pa·s <sup>n</sup> ]	$n$ [-]	$R^2$
SZ/S100	152,7 ± 6,9	0,20 ± 0,01	0,9781
SZ/S66,5	163,9 ± 6,0	0,29 ± 0,02	0,9767
SZ/S33,5	175,5 ± 8,3	0,27 ± 0,01	0,9835
SZ/S0	181,3 ± 1,1	0,26 ± 0,02	0,9781
SA/S100	87,3 ± 6,0	0,38 ± 0,02	0,9404
SA/S66,5	80,8 ± 1,9	0,39 ± 0,00	0,9462
SA/S33,5	73,6 ± 3,2	0,41 ± 0,00	0,9444
SA/S0	62,0 ± 7,1	0,44 ± 0,03	0,9450
NIR <sub>0,05</sub> / LSD <sub>0,05</sub>	7,73	0,03	-

Objaśnienia / Explanatory notes:

Objaśnienia symboli próbek jak pod tab. 1 / Meanings of samples symbols as in Tab. 1;  $K$  – współczynnik konsystencji / consistency coefficient;  $n$  – wskaźnik płynięcia / flow behaviour index. W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values ± standard deviation. NIR<sub>0,05</sub> – najmniejsza istotna różnica / LSD<sub>0,05</sub> – least significant difference.

Przy odpowiednim stężeniu skleikowana skrobia po ochłodzeniu tworzy gęsto upakowaną strukturę żelową z zamkniętymi w jej wnętrzu cząsteczkami wody. W przypadku bardziej złożonych układów, takich jak desery na bazie skrobi, w tworzeniu struktury żelowej, obok skrobi, biorą udział pozostałe składniki lub dodatki recepturowe, np. białka mleka i sacharoza. Spekttra mechaniczne, tj. zależności modułu zachowawczego ( $G'$ ) oraz modułu stratności ( $G''$ ) od prędkości kątowej badanych deserów wytworzonych ze skrobi ziemniaczanej natywnej lub acetylowanej przedstawiono na rys. 3. Wykreślone krzywe są charakterystyczne dla słabych żeli, z dominacją cech sprężystych nad lepkiemi i wartościami tangensa kąta przesunięcia fazowego



Rys. 3. Spektre mechaniczne deserów na bazie skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej (SZ) i deserów na bazie skrobi ziemniaczanej acetylowanej (SA) słodzonych sacharozą (odpowiednio SZ/S100 i SA/S100) oraz słodzonych tylko glikozydami stewiolowymi (odpowiednio SZ/S0 i SA/S0);  $G'$  – markery puste;  $G''$  – markery wypełnione

Fig. 3. Mechanical spectra of native potato starch-based desserts (SZ) and acetylated potato starch-based desserts (SA) sweetened with sucrose (respectively, SZ/S100 and SA/S100) and with steviol glycosides only (respectively, SZ/S0 and SA/S0);  $G'$  – empty markers;  $G''$  – filled markers

( $\tan \delta = G''/G'$ ) większymi od 0,1 [33]. Porównując wartości modułów zachowawczego i stratności w całym zakresie prędkości kątowej, wyznaczonych dla wszystkich deserów, można stwierdzić, że układy ze skrobią natywną wykazywały wyższe ich wartości w porównaniu z wynikami pomiarów próbek na bazie skrobi acetylowanej. Obserwacje te potwierdzają wcześniej sformułowane wnioski dotyczące lepkości pozornej układów mierzonych testem RVA oraz w reometrze testem płynięcia.

Zamieszczone na rys. 3. krzywe eksperymentalne opisano równaniami potęgowymi, a wartości parametrów tych równań zestawiono w tab. 3. Wartości stałych  $K'$  i  $K''$  odzwierciedlają wartości odpowiednio modułu  $G'$  i modułu  $G''$  przy prędkości kątowej wynoszącej 1 rad/s. Desery otrzymane ze skrobi ziemniaczanej natywnej charakteryzowały się znacznie większymi wartościami stałych  $K'$  i  $K''$  niż odpowiednie desery zawierające skrobię acetylowaną. Częściowe lub całkowite usunięcie sacharozy z układu w różny sposób wpłynęło na charakterystykę lepko-sprężystą deserów. W przypadku próbek na bazie skrobi niemodyfikowanej stwierdzono zwiększenie wartości modułów  $G'$  i  $G''$  oraz wartości stałych  $K'$  i  $K''$  modeli opisujących spektra mechaniczne układów SZ/S66,5 i SZ/S33,5 oraz brak ich zmian, gdy próbka nie zawierała

Tabela 3. Parametry modeli potęgowych opisujących właściwości lepkosprężyste deserów skrobiowych  
 Table 3. Parameters of power law models describing the viscoelastic properties of starch desserts

Rodzaj próbki Type of sample	$K'$ [Pa·s <sup>n'</sup> ]	$n'$ [-]	R <sup>2</sup>	$K''$ [Pa·s <sup>n''</sup> ]	$n''$ [-]	R <sup>2</sup>
SZ/S100	94,47 ± 3,12	0,20 ± 0,00	0,9991	28,75 ± 0,98	0,26 ± 0,01	0,9943
SZ/S66,5	117,20 ± 5,01	0,18 ± 0,00	0,9992	33,16 ± 1,65	0,24 ± 0,01	0,9914
SZ/S33,5	122,39 ± 10,16	0,18 ± 0,01	0,9989	32,76 ± 1,64	0,24 ± 0,01	0,9908
SZ/S0	87,98 ± 3,27	0,19 ± 0,00	0,9988	25,69 ± 0,89	0,26 ± 0,01	0,9931
SA/S100	43,11 ± 1,15	0,22 ± 0,00	0,9986	15,15 ± 0,33	0,30 ± 0,01	0,9896
SA/S66,5	39,51 ± 1,11	0,23 ± 0,00	0,9981	13,78 ± 0,26	0,32 ± 0,01	0,9927
SA/S33,5	37,56 ± 1,59	0,23 ± 0,01	0,9990	12,93 ± 0,24	0,30 ± 0,00	0,9929
SA/S0	35,12 ± 2,10	0,23 ± 0,01	0,9984	12,55 ± 0,53	0,32 ± 0,00	0,9930
NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	7,73	0,01	-	1,70	0,01	-

Objaśnienia jak pod tab. 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

sacharozy – w porównaniu z wartościami tych parametrów próbki słodzonej tylko sacharozą. Odjęcie części sacharozy z układu skrobiowego może, z jednej strony, skutkować zwiększeniem dostępności wody do ziaren skrobi, ułatwiając przez to pęcznienie i stwarzając możliwość tworzenia przez kleik skrobiowy odpowiedniej struktury żelu, a z drugiej strony, wiązać się z wystąpieniem słabszego efektu zagęszczającego układ wywołwanego przez roztwór sacharozy. O tej pierwszej roli sacharozy w kształtowaniu właściwości reologicznych żeli skrobiowych mogą świadczyć wyniki badań przeprowadzonych przez Yoo i Yoo [33]. Cytowani autorzy stwierdzili zmniejszenie się wartości modułów  $G'$  i  $G''$  wraz ze wzrastającym stężeniem sacharozy w żelach ze skrobi ryżowej. Właściwości lepkosprężyste deseru sporządzonego ze skrobi acetylowanej również zmieniły się w wyniku zastąpienia w jego recepturze sacharozy glikozydami stewiolowymi. Wartości modułów  $G'$  i  $G''$  w całym zakresie prędkości kątowej malały wraz ze wzrostem ilości usuniętej z deseru sacharozy, przy czym statystycznie istotne zmniejszenie wartości stałych  $K'$  i  $K''$  w porównaniu z próbką SA/S100 stwierdzono w przypadku próbki SA/S0. W literaturze przedmiotu przedstawiane są wyniki badań nad wpływem zastąpienia sacharozy w układach skrobiowych innymi substancjami słodzącymi na charakterystykę reologiczną i teksturalną tworzonych kleików i żeli, przy czym nie prowadzą one do jednoznacznych wniosków ze względu na różnorodność rodzajową i ilościową materiałów. Przykładowo, Pietrzyk i wsp. [23] zaobserwowali zmniejszenie twardości żeli skrobiowych w rezultacie zastąpienia w nich sacharozy sukralozą lub trehalozą, natomiast jej zwiększenie w przypadku użycia maltitolu. Z kolei Gustaw i wsp. [11] stwierdzili, że zastąpienie sacharo-

zy aspartamem w deserach na bazie skrobi woskowej i białek serwatkowych korzystnie wpłynęło na ich właściwości teksturalne – desery charakteryzowały się bowiem większą lepkością. Brak istotnych różnic pod względem wartości twardości oraz adhezyjności deserów mleczno-skrobiowych, w których sacharozę zastąpiono stewią i/lub sukralozą wykazały Rodriguez Furlán i Campderrós [25]. Podobnie w pracach traktujących o roli dodatku sacharozy w kształtowaniu cech reologicznych i teksturalnych żeli skrobiowych przedstawiane są zróżnicowane wyniki. Gałkowska i Fortuna [6] stwierdziły zmniejszenie twardości żeli na bazie skrobi ziemniaczanych modyfikowanych pod wpływem dodanej sacharozy, zaś zwiększenie wartości tego parametru w przypadku skrobi ziemniaczanej niemodyfikowanej. Jak wynika z wartości parametrów  $n'$  i  $n''$  modeli reologicznych opisujących spektra mechaniczne badanych deserów mleczno-skrobiowych (tab. 3), różnice w zależnościach modułu  $G'$  i modułu  $G''$  od prędkości kątowej określone pomiędzy próbkami były niewielkie. Podobne rezultaty badań opublikowali Nastaj i wsp. [21].

### Wnioski

1. Zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi skutkowało modyfikacją charakterystyki reologicznej deserów mleczno-skrobiowych, a kierunek wywołanych zmian zależał od rodzaju zastosowanej skrobi.
2. Desery na bazie skrobi ziemniaczanej acetylowanej odznaczały się niższymi wartościami lepkości pozornej wyznaczonej w testach kleikowania i płynięcia oraz niższymi wartościami modułów  $G'$  i  $G''$  związanymi z lepkością żeli w porównaniu z deserami na bazie skrobi ziemniaczanej natywnej.
3. W deserach na bazie skrobi sacharozę może pełnić funkcję zarówno czynnika zagęszczającego, jak i utrudniającego pęcznienie ziaren skrobiowych oraz ograniczającego zachodzenie interakcji pomiędzy polimerami skrobiowymi i innymi składnikami deseru.
4. Sporządzanie deserów mleczno-skrobiowych o obniżonej zawartości sacharozy wymaga doboru odpowiedniej skrobi w aspekcie jej wpływu na charakterystykę lepkościową tego typu produktów.

*Badania zostały sfinansowane z projektu badawczego nr 5334/B/P01/2011/40 oraz z dotacji przyznanej przez MNiSW na działalność statutową.*

### Literatura

- [1] Abu-Jdayil B., Mohameed H.A., 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, 207-212.

- [2] Błasińska I., Jeżewska M., Kulczak M.: Koncentraty deserów instant z zamiennymi środkami słodzącymi. *Przem. Spoż.*, 2010, 64 (6), 28-31.
- [3] Bugaj B., Leszczyńska T., Pysz M., Kopeć A., Pacholarz J., Pysz-Izdebska K.: Charakterystyka i prozdrowotne właściwości *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2013, 3 (88), 27-38.
- [4] Carakostas M.C., Curry L.L., Boileau A.C., Brusick D.J.: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, 46, S1-S10.
- [5] Fortuna T., Gałkowska D.: Wpływ dodatku sacharydów na właściwości reologiczne skrobi modyfikowanych. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2006, 4 (49), 5-18.
- [6] Gałkowska D., Fortuna T.: Charakterystyka żeli sporządzonych ze skrobi ziemniaczanej z udziałem wybranych sacharydów. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2008, 1 (56), 41-51.
- [7] Golachowski A., Zięba T., Kapelko-Żeberska M., Drożdż W., Gryszkin A., Grzechac M.: Current research addressing starch acetylation. *Food Chem.*, 2015, 176, 350-356.
- [8] González Z., Pérez E.: Effect of acetylation on some properties of rice starch. *Starch/Stärke*, 2002, 54 (3-4), 148-154.
- [9] Gregersen S., Jeppesen P.B., Holst J.J., Hermansen K.: Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects. *Metabol.*, 2004, 53 (1), 73-76.
- [10] Gunaratne A., Ranaweera S., Corke H.: Thermal, pasting, and gelling properties of wheat and potato starches in the presence of sucrose, glucose, glycerol, and hydroxypropyl-cyclodextrin. *Carbohydr. Polym.*, 2007, 70, 112-122.
- [11] Gustaw W., Sołowiej B., Mleko S.: Otrzymywanie deserów mlecznych z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2005, 4 (45) Supl., 100-108.
- [12] Juszczyk L., Oczadły Z., Gałkowska D.: Effect of modified starches on rheological properties of ketchup. *Food Bioprocess Technol.*, 2013, 6 (5), 1251-1260.
- [13] Juszczyk L., Witczak M., Zięba T., Fortuna T.: Rheological behaviour of heated potato starch dispersions. *Int. Agrophys.*, 2012, 26, 381-386.
- [14] Kalicka D., Znamirska A., Buniowska M., Esteve Más M.J., Frigola Canoves A.: Effect of stevia addition on selected properties of yoghurt during refrigerated storage. *Pol. J. Natur. Sci.*, 2017, 32 (2), 323-334.
- [15] Kobus-Moryson M., Gramza-Michałowska A.: Directions on the use of stevia leaves (*Stevia bauidiana*) as an additive in food products. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2015, 14 (1), 5-13.
- [16] Kowalik J.: Desery mleczne – innowacje produktowe. *Przem. Spoż.*, 2013, 67 (10), 2-6.
- [17] Kumar L., Brennan M.A., Mason S.L., Zheng H., Brennan C.S.: Rheological, pasting and microstructural studies of dairy protein–starch interactions and their application in extrusion-based products: A review. *Starch/Stärke*, 2016, 68, 1-11.
- [18] Kwemakhem M., Attia H., Ayadi M.A.: The effect of pH, sucrose, salt and hydrocolloid gums on the gelling properties and water holding capacity of egg white gel. *Food Hydrocoll.*, 2019, 87, 11-19.
- [19] Lewandowicz G., Wronkowska M., Sadowska J., Soral-Smietana M., Błaszczak W., Walkowski A.: Influence of potato starch oxidation on texture and rheological behaviour of some sweet desserts. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 2003, 12/53, 2, 31-36.
- [20] Mishra P.K., Singh R., Kumar U., Prakash V.: *Stevia rebaudiana* – a magical sweetener. *Global J. Biotechnol. Biochem.*, 2010, 5, 62-74.
- [21] Nastaj M., Gustaw W., Sołowiej B.: Właściwości reologiczne deserów otrzymanych z białek serwatkowych z dodatkiem różnych substancji słodzących. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość*, 2007, 5 (54), 283-291.
- [22] Nunes M.C., Batista P., Raymundo A., Alves M.M., Sousa I.: Vegetable proteins and milk puddings. *Colloid Surface B*, 2003, 31 (1-4), 21-29.



- [23] Pietrzyk S., Fortuna T., Bojdo-Tomasiak I., Płaczek D.: Wpływ zamienników sacharozy na właściwości fizyczno-chemiczne i sensoryczne wiśni w żelu skrobiowym. *Nauka – Przyroda -Technologie*, 2013, 7 (4), #64.
- [24] Pycia K., Juszczak L., Gałkowska D., Witczak M.: Physicochemical properties of starches obtained from Polish potato cultivars. *Starch/Stärke*, 2012, 64 (2), 105-114.
- [25] Rodriguez Furlán L.T., Campderrós M.E.: The combined effects of Stevia and sucralose as sugar substitute and inulin as fat mimetic on the physicochemical properties of sugar-free reduced-fat dairy dessert. *Int. J. Gastron. Food Sci.*, 2017, 10, 16-23.
- [26] Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/335 z dnia 27 lutego 2017 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania glikozydów stewiolowych (E 960) jako substancji słodzącej w niektórych wyrobach cukierniczych o obniżonej wartości energetycznej. *Dz. U. L 50*, ss. 15-17, z 28.02.2017.
- [27] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1129/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 poprzez ustanowienie unijnego wykazu dodatków do żywności. *Dz. U. L 295*, ss. 1-177, z 12.11.2011.
- [28] Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1131/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do glikozydów stewiolowych. *Dz. U. L 295*, ss. 205-211, z 12.11.2011.
- [29] Savita S.M., Sheela K., Sunanda S., Shankar A.G., Ramakrishna P.: *Stevia rebaudiana* – a functional component for food industry. *J. Hum. Ecol.*, 2004, 15, 261-264.
- [30] Singh J., Kaur L., Singh N.: Effect of acetylation on some properties of corn and potato starches. *Starch/Stärke*, 2004, 56, 586-601.
- [31] Singh N., Singh J., Kaur L., Sodhi N.S., Gill B.S.: Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chem.*, 2007, 81, 219-231.
- [32] Staniewska K., Jakubowska D., Radzymińska M.: Wybrane socjodemograficzne determinanty postaw konsumentów wobec żywności o obniżonej zawartości cukru. *Zesz. Nauk. SGGW. Ekon. Org. Gosp. Żyw.*, 2016, 113, 145-157.
- [33] Yoo D., Yoo B.: Rheology of rice starch-sucrose composites. *Starch/Stärke*, 2005, 7 (6), 254-261.
- [34] Zander L., Zander Z., Haponiuk E.: Charakterystyki płynięcia deserów skrobiowych. *Inż. Apar. Chem.*, 2009, 1, 76-77.

#### EFFECT OF SUBSTITUTING SUCROSE WITH STEVIOL GLYCOSIDES ON RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STARCH-BASED DESSERTS

##### S u m m a r y

In 2011 the European Commission (EU) issued Regulation No 1131/2011 whereby it was allowed to use steviol glycosides obtained from leaves of a *Stevia rebaudiana* Bertoni plant that is a food additive. Therefore food technologists have gained new opportunities to use this sweetener in food products of many categories. The objective of the research study was to assess the effect of partially or completely substituting sucrose with steviol glycosides on rheological characteristics of milk- and starch-based desserts. The research materials were desserts made from a Superior Standard potato starch or from an acetylated potato starch, skimmed milk powder, sucrose and/or steviol glycosides, with the addition of curcumin as a colour additive and vanilla flavour. In the individual samples 0 %, 33.5 %, 66.5 % and 100 % of the sucrose amount were substituted with steviol glycosides the sweetening potential of which was taken into account. In order to assess rheological properties of the desserts, gelatinization characteristics, viscosity curves and mechanical spectra were determined. It was found that the desserts made from the acetylated

starch were characterized by lower values of apparent viscosity determined in the gelatinization and flow tests and by lower values of storage and loss moduli as compared to the desserts made from the unmodified starch. All the desserts exhibited properties of non-Newtonian, shear thinned fluids. Substituting sucrose with steviol glycosides in the recipes of starch desserts, pastes and gels were produced with significantly modified rheological characteristics, and the direction of the induced changes depended on the type of starch used. In terms of the rheological properties of starch-based dessert, sucrose may act as a viscosity enhancing agent as well as a factor to hinder swelling of starch granules and to limit interactions between starch polymers and other ingredients of the dessert.

**Key words:** desserts, steviol glycosides, starch, rheological properties ✦