

DOROTA GAŁKOWSKA, MONIKA POŁUDNIAK, LESŁAW JUSZCZAK

**WPLYW POLIDEKSTROZY NA CHARAKTERYSTYKĘ REOLOGICZNĄ  
ORAZ WŁAŚCIWOŚCI SENSORYCZNE DESERÓW SKROBIOWO-  
-MLECZNYCH O OBNIŻONEJ ZAWARTOŚCI SACHAROZY**

Streszczenie

**Wprowadzenie.** Celem pracy była ocena wpływu zastąpienia sacharozy polidekstrozą (E 1200) na charakterystykę reologiczną oraz właściwości sensoryczne deserów mleczno-skrobiowych słodzonych glikozydami stewiolowymi. Materiał badany stanowiły desery wytworzone ze skrobi ziemniaczanej utlenionej (E 1404), odtłuszczonego mleka w proszku, kurkuminy, aromatu waniliowego oraz sacharozy i/lub mieszaniny polidekstrozy (E 1200) z glikozydami stewiolowymi (E 960). Analizy reologiczne deserów obejmowały wyznaczenie charakterystyki kleikowania, krzywych lepkości oraz spektrów mechanicznych. W ramach analizy sensorycznej deserów dokonano oceny ich smakowitości oraz tekstury metodą ilościowej analizy opisowej, a także zbadano ogólną akceptowalność.

**Wyniki i dyskusja.** Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że częściowe lub całkowite wyeliminowanie sacharozy ze składu deserów i zastąpienie jej mieszaniną polidekstrozy z glikozydami stewiolowymi doprowadziło do zmniejszenia ich lepkości maksymalnej wyznaczanej na etapie ogrzewania w teście kleikowania, natomiast nie wpłynęło na zmianę temperatury kleikowania skrobi. Analizowane desery wykazywały właściwości płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, a modyfikacja receptury skutkowałą zmniejszeniem wartości współczynnika konsystencji oraz ograniczeniem udziału cech sprężystych bez istotnego wpływu na cechy lepkie układu. Desery, w których w większym stopniu lub całkowicie zastąpiono sacharozę polidekstrozą i glikozydami stewiolowymi w ocenie sensorycznej wywoływały efekt chłodzący i charakteryzowały się posmakiem lukrecji, przy czym zachowały słodkość zbliżoną do słodkości deseru słodzonego tylko sacharozą. Modyfikacja receptury deserów nie wpłynęła na adhezyjność oraz rozplywalność w ustach gotowych wyrobów, natomiast przyczyniła się do zmniejszenia ich lepkości i ciągliwości ocenianych metodą analizy sensorycznej. Zarówno tekstura, jak i smakowitość deserów sporządzonych wg receptury, w której 2/3 ilości sacharozy lub całkowitą jej ilość zastąpiono polidekstrozą i glikozydami stewiolowymi okazały się mniej akceptowalne sensorycznie niż deser niezawierający polidekstrozy.

**Słowa kluczowe:** desery, skrobia utleniona, polidekstroza, glikozydy stewiolowe, właściwości reologiczne, jakość sensoryczna

---

*Dr hab. inż., prof. URK D. Gałkowska ORCID: 0000-0001-8917-4610, mgr inż. M. Południak, prof. dr hab. inż. L. Juszczyk ORCID: 0000-0001-7933-1889, Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Wydział Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: dorota.galkowska@urk.edu.pl*

## Wprowadzenie

Desery są słodkimi daniami, serwowanymi na zimno lub ciepło, zazwyczaj po głównym posiłku. Ze względu na wysoką zawartość zarówno węglowodanów, szczególnie sacharozy i cukrów prostych, jak i tłuszczu charakteryzują się one wysoką wartością energetyczną. Istnieje możliwość obniżenia jej poprzez redukcję zawartości cukrów i tłuszczu, z jednoczesnym zastąpieniem ich odpowiednimi substancjami o charakterze substancji dodatkowych lub zamienników, bez znacznego wpływu na zmianę cech sensorycznych i fizykochemicznych deserów, a w konsekwencji na zmianę akceptowalności konsumenckiej [5, 27, 29]. Odpowiednio skomponowane desery mogą być również źródłem cennych substancji odżywczych i bioaktywnych [21].

Budynie (kisiele mleczne) przygotowuje się z mleka, substancji zagęszczających, sacharozy oraz innych składników, np. żółtek jaj, masła, kakao, wanilii lub kawy. Podstawowym składnikiem strukturotwórczym w tego typu deserach jest zazwyczaj skrobia – naturalna lub modyfikowana chemicznie. Rolę substancji strukturotwórczych i zagęszczających w deserach mogą również pełnić inne hydrokoloidy polisacharydowe lub białka [12, 13, 23, 32]. Najczęściej stosowanymi substancjami w takich układach są: karageny, pektyny, mączka chleba świętojańskiego, żelatyna lub ich mieszaniny, np. karagenu z mączką chleba świętojańskiego, karagenu ze skrobią lub karagenu z białkami mleka [8].

Substancją zagęszczającą powszechnie stosowaną w produkcji deserów mlecznych jest skrobia utleniona. Skrobia taka, przeznaczona do celów spożywczych, charakteryzuje się obecnością w strukturze grup karboksylowych, w ilości nie większej niż 1,1% [12]. Grupy te wpływają na właściwości fizykochemiczne skrobi, m.in. na zdolność pęcznienia, rozpuszczalność i temperaturę kleikowania oraz na charakterystykę reologiczną wytworzonych z niej kleików i żeli [24, 28]. Skrobia utleniona kleikuje w niższej temperaturze niż skrobia niemodyfikowana, tworzy kleiki i żele o mniejszej lepkości, lecz bardziej stabilne oraz wykazuje mniejszą tendencję do retrogradacji i synerazy niż skrobia natywna [12, 28].

Składnikiem decydującym o smakowości deserów jest sacharoza będąca najpopularniejszym środkiem słodzącym stosowanym w przetwórstwie żywności. Ponadto, wykazuje ona właściwości strukturotwórcze, wiążące, wypełniające i konserwujące. Zatem częściowe zredukowanie zawartości sacharozy w produkcie lub całkowite jej wyeliminowanie z niego wiąże się z koniecznością zastosowania odpowiednich mieszanin substancji słodzących – alkoholi wielowodorotlenowych lub substancji intensywnie słodzących – i wypełniających w celu zachowania właściwej słodkości i pożądanых cech teksturalnych produktu [5]. Do substancji słodzących należą związki otrzymywane syntetycznie oraz substancje pochodzenia naturalnego. Te pierwsze, mimo statusu substancji bezpiecznych do stosowania, nierzadko bywają nieakceptowane przez konsumentów. Substancjami intensywnie słodzącymi naturalnego pocho-

dzenia są glikozydy stewiolowe (E 960), izolowane z liści rośliny *Stevia rebaudiana* Bert. Zostały one dopuszczone do stosowania na obszarze Unii Europejskiej rozporządzeniem Komisji (UE) nr 1131/2011 [31]. Glikozydy stewiolowe są ok. 300 razy słodsze od sacharozy i są bezkaloryczne. Zastąpienie nimi sacharozy pozwala na zachowanie porównywalnego słodkiego smaku żywności. Ponadto, wykazują one stabilność termiczną w szerokim spektrum pH, co sprawia, że mogą być stosowane w produkcji żywności poddawanej obróbce wysokotemperaturowej [3, 20, 34]. Omawiane substancje mogą być przyjmowane przez osoby chorujące na fenyloketonurię. Spożycie glikozydów stewiolowych nie powoduje wzrostu stężenia glukozy we krwi [34].

Jak wspomniano wcześniej, w celu zachowania odpowiedniej charakterystyki reologicznej produktu, w którym sacharozę zastąpiono niewielką ilością substancji słodzącej, należy w jego recepturze uwzględnić substancję wypełniającą. W tej kwestii interesującym rozwiązaniem jest wykorzystanie substancji tekstotwórczej i jednocześnie wykazującej właściwości prebiotyczne. Przykładem takiej substancji jest polidekstroza (E 1200). Jest ona syntetycznym, rozgałęzionym polimerem, otrzymywanym w drodze polikondensacji glukozy. Produkt ten stanowią przypadkowo połączone nisko- i wysokocząsteczkowe polimery glukozy, zawierające wiązania glikozydowe różnego typu. Polidekstroza cechuje się dobrą rozpuszczalnością w wodzie oraz stabilnością reologiczną w czasie przetwarzania [6, 35]. Stanowi błonnik rozpuszczalny, nie trawiony przez enzymy endogenne organizmu. Metabolizowana jest częściowo dopiero przez mikroflorę jelita grubego, w wyniku czego powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, wchłaniane w jelicie cienkim [6]. Polidekstroza stosowana jest jako zamiennik cukru w produktach dietetycznych, niskokalorycznych oraz w żywności dla diabetyków, pełniąc również funkcje wypełniacza, nośnika, stabilizatora i zagęstnika. Jak podają Srisuvor i wsp. [33], wprowadzenie polidekstrozy do jogurtu o obniżonej zawartości tłuszczu powoduje wytworzenie bardziej stabilnej i odpornej na synerezę struktury żelowej. Polidekstroza znajduje zastosowanie w gumach do żucia, słodyczach, sosach do sałatek, mrożonych deserach, wypiekach i mieszankach do pieczenia, nadzieniu do ciast, polewach, napojach gazowanych i niegazowanych, fermentowanych napojach mlecznych [35].

Celem niniejszej pracy była ocena wpływu zastąpienia sacharozy polidekstrozą na charakterystykę reologiczną i jakość sensoryczną deserów mleczno-skrobiowych o obniżonej zawartości cukru.

## **Material i metody badań**

### *Składniki recepturowe deserów*

Do sporządzenia deserów mlecznych stanowiących materiał badany wykorzystano następujące surowce: skrobię ziemniaczaną utlenioną, tzw. mączkę budyniową

(E 1404) (WPPZ S.A., Polska), odtłuszczone mleko w proszku (S.M. Rovema, Polska), cukier biały (Diamant. Pfeifer & Langen S.A., Polska), glikozydy stewiolowe Pure ReB A 95% (Stevija, Holandia), polidekstrozę (E 1200) (Danisco A/S, Dania), barwnik kurkuminę (E 100) (JAR Aromaty, Polska) oraz płynny aromat waniliowy (Delecta – Rieber Foods S.A., Polska).

#### *Receptura deserów*

Podstawowy skład recepturowy deserów obejmował: 100 cm<sup>3</sup> mleka przygotowanego zgodnie z instrukcją producenta, 9 g skrobi utlenionej, 9 gramów cukru, 5 kropli aromatu i 3 krople barwnika. Deser o powyższym składzie recepturowym stanowił próbę kontrolną, niezawierającą glikozydów stewiolowych i polidekstrozy. W kolejnych deserach część cukru – w ilości 1/3 lub 2/3 zawartości ustalonej w próbie kontrolnej – lub jego całość zastępowano odpowiednią ilością glikozydów stewiolowych, przyjmując stosunek masowy zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi wynoszący 300:1. Całość uzupełniano odpowiednią ilością polidekstrozy, przyjmując stosunek zastąpienia masy sacharozy masą polidekstrozy wynoszący 1:1. Sporządzone próbki oznakowano symbolami: 3S/0P (próba kontrolna); 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P, w których 3S-0S oznaczało desery zawierające odpowiednio od 3 do 0 części sacharozy (z trzech możliwych), a 0P-3P oznaczało desery zawierające odpowiednio od 0 do 3 części polidekstrozy zastępującej sacharozę.

#### *Sporządzanie deserów*

Desery mleczne przygotowano według następującej procedury. 80 cm<sup>3</sup> mleka ogrzano na płycie grzewczej do temperatury 90 ± 5 °C. Następnie mleko podgrzano w łaźni wodnej do temperatury 100 ± 2 °C. Mieszaninę deserową, tj. skrobię utlenioną, sacharozę i/lub glikozydy stewiolowe i/lub polidekstrozę, aromat oraz barwnik wymieszano z pozostałą częścią mleka (20 cm<sup>3</sup>). Otrzymaną zawiesinę dodano do gorącego mleka i mieszano przez 10 min. Gotowe desery schłodzono do temperatury pokojowej (~25 °C).

#### *Badanie właściwości reologicznych*

Charakterystykę kleikowania skrobi utlenionej w obecności pozostałych składników recepturowych poszczególnych deserów wyznaczono, stosując wiskozymetr RVA (ang. rapid visco analyser; TecMaster, Perten Instruments, Szwecja). Zawiesiny mieszanin deserowych w mleku przetrzymywano w 50 °C przez 1 min, następnie ogrzewano do 95 °C z szybkością 12 °C/min, przetrzymywano w temperaturze 95 °C przez 2,5 min, chłodzono do 50 °C z szybkością 12 °C/min i przytrzymywano w temperaturze 50 °C przez 2 min. Przez cały cykl pomiarowy próbkę mieszano z szybkością 160 rpm. Na podstawie otrzymanych krzywych lepkości wyznaczono: temperaturę

kleikowania (PT, °C), lepkość maksymalną w fazie ogrzewania (PV, mPa·s), lepkość w temperaturze 95 °C w szóstej minucie pomiaru (HP, mPa·s) oraz lepkość końcową (FV, mPa·s) [10]. Uzyskane w niniejszym teście próbki przeznaczono do dalszych pomiarów reologicznych. Badania przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

Wyznaczono krzywe lepkości oraz spektra mechaniczne próbek deserów w temperaturze 25 °C przy użyciu reometru MARS II z układem płytka-stożek (średnica 35 mm, kąt 2°), sterowanym programem RheoWin (Thermo Fisher Scientific Inc., USA). Pomiarów lepkości dokonano przy wzrastającej szybkości ścinania w zakresie 1-100 1/s. Otrzymane krzywe lepkości opisano równaniem potęgowym [10]:

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

gdzie:  $\eta_{ap}$  – lepkość pozorna (Pa·s),  $\dot{\gamma}$  – szybkość ścinania (1/s),  $K$  – współczynnik konsystencji (Pa·s<sup>n</sup>),  $n$  – wskaźnik płynięcia.

Spektra mechaniczne wyznaczono w zakresie liniowej lepkosprężystości i przy prędkości kątowej z zakresu 1-100 rad/s, przy stałym odkształceniu 0,02. Otrzymane krzywe opisano równaniami potęgowymi [10]:

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

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

gdzie:  $G'$  – moduł zachowawczy (Pa),  $G''$  – moduł stratności (Pa),  $\omega$  – prędkość kątowa (rad/s),  $K'$ ,  $K''$ ,  $n'$ ,  $n''$  – stałe.

Pomiary przeprowadzono w trzech powtórzeniach.

W celu oceny istotności różnicy pomiędzy wartościami średnimi parametrów reologicznych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji oraz test Fischera przy poziomie istotności 0,05.

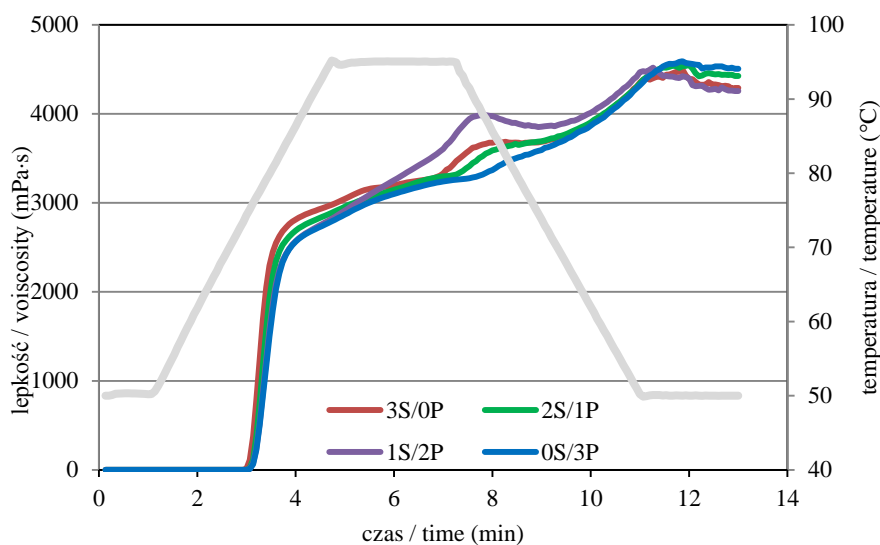
#### *Ocena cech sensorycznych*

Analiza sensoryczna sporządzonych deserów mlecznych została przeprowadzona przez 15-osobowy zespół oceniający, sprawdzony pod względem wrażliwości sensorycznej i odpowiednio przeszkolony. Ocena poszczególnych wyróżników smakowości oraz tekstury przeprowadzono metodą profilowania stosując 5-stopniową skalę intensywności wrażenia. W ocenie smakowości próbek uwzględniono: słodkość, efekt chłodzący, posmak metaliczny oraz posmak lukrecjowy. Właściwości teksturalne poddane ocenie obejmowały: lepkość, ciągliwość, adhezyjność oraz rozplywalność w ustach. Akceptowalność sensoryczną deserów oceniono w 7-stopniowej skali hedonicznej, w której stopień 1 oznaczał „wybitnie nie lubię”, a stopień 7 – „wybitnie lubię”.

## Wyniki i dyskusja

### Charakterystyka reologiczna

Struktura deserów mleczno-skrobiowych o charakterze lepkosprężystym powstaje w rezultacie ogrzewania i następnie chłodzenia mieszaniny składników i substancji dodatkowych wchodzących w jego skład. Decydującymi czynnikami mającymi wpływ na strukturę produktu gotowego oraz na postrzeganą przez konsumentów charakterystykę teksturalną są rodzaj i ilość skrobi, wzajemne oddziaływania pomiędzy skrobią a pozostałymi składnikami lub dodatkami, a także warunki obróbki termicznej [8, 13]. Krzywe kleikowania skrobi w mieszaninach deserowych przedstawiono na rycinie 1, natomiast wyznaczone na ich podstawie wartości parametrów charakterystyki kleikowania zestawiono w tabeli 1. Kleikowanie skrobi w obecności nieskrobiowych składników zawartych w recepturze deserów obejmowało gwałtowny wzrost lepkości układu po przekroczeniu temperatury kleikowania i uzyskaniu jej maksimum w temperaturze 95 °C, po czym, podczas etapu chłodzenia, następował dalszy wzrost lepkości, aż do uzyskania wartości maksymalnej w temperaturze 50 °C.



Ryc. 1. Krzywe kleikowania skrobi w mieszaninach deserowych

Fig. 1. Curves of starch pasting in the dessert mixtures

Cechą odróżniającą krzywe kleikowania skrobi utlenionej w badanych układach od typowych krzywych kleikowania skrobi w wodzie jest intensywny wzrost lepkości układu w początkowej fazie ogrzewania z następującym po nim łagodniejszym zwiększaniem się lepkości, aż do osiągnięcia wartości maksymalnej po ochłodzeniu próbki do 50 °C. Osiągnięcie lepkości maksymalnej (PV) podczas ogrzewania zawiesiny skro-

biowej związane jest ze zdolnością ziaren skrobi do swobodnego pęcznienia, które poprzedza ich hydrotermiczną dezintegrację [16]. Biorąc pod uwagę stosunkowo wysokie stężenie skrobi w analizowanych próbkach (9%, m/v), można uznać, że obserwowane wartości lepkości maksymalnej są niższe od wartości osiągniętych w przypadku kleikowania niemodyfikowanej skrobi ziemniaczanej [30]. Wskazuje to na zaistniałe w układzie ograniczenia w pęcznieniu ziaren skrobiowych wynikające z mniejszej ilości wody dostępnej dla ziaren skrobi, co wynikało z obecności składników nieskrobiowych w układzie, tj. sacharozy i/lub polidekstrozy, a także składników suchej masy mleka. Efektem tego jest brak wyraźnego maksimum lepkości na krzywej kleikowania – lepkość układów stale wzrastała, choć w różnym tempie, aż do ich schłodzenia do temperatury 50 °C, tworząc odmienny obraz krzywych kleikowania niż ma to miejsce w przypadku ogrzewania zawiesin skrobiowych w środowisku wodnym [9, 30]. Wzajemne oddziaływania pomiędzy białkami mleka oraz sacharozą a skrobią mają istotny wpływ na charakterystykę reologiczną gotowego produktu [13, 36]. Wpływ ten jest zależny od takich czynników jak: stężenie i pochodzenie białka, czas i warunki obróbki termicznej oraz obecność innych substancji, np. sacharozy, w układzie [2, 9]. Jak pokazały wcześniejsze badania [26], wpływ białek mleka na charakterystykę reologiczną skrobi podczas kleikowania może być związany z ograniczoną możliwością pęcznienia i/lub aktywnością powierzchniowo czynną samych białek. Według Kumara i wsp. [22] poszczególne frakcje białek mleka w odmienny sposób wpływają na właściwości reologiczne skrobi podczas kleikowania – cząsteczki kazeiny zdolne do tworzenia większych agregatów adsorbują się na powierzchni ziaren skrobiowych, ograniczając ich zdolność pęcznienia, natomiast białka serwatkowe lokując się głównie w fazie rozpraszającej zagęszczają środowisko wodne. Do podobnych wniosków doszli Kett i wsp. [18], którzy wykazali, że kazeiniany w odróżnieniu od białek serwatkowych wzmacniają strukturę ziaren skrobiowych, zwiększając ich odporność na pęcznienie, co powoduje opóźnienie początku wzrostu lepkości podczas ogrzewania, a więc podwyższenie temperatury kleikowania. Z kolei Gałkowska i wsp. [11] wykazali, że równie ważnym czynnikiem determinującym charakterystykę reologiczną układów skrobi z białkiem jest zawartość amylozy w skrobi. W niniejszej pracy zastąpienie części sacharozy lub jej całkowitej ilości polidekstrozą i glikozydami stewiolowymi w mieszaninach deserowych miało również wpływ na wybrane parametry charakterystyki kleikowania (Tab. 1). Zmiany w recepturze deserów skrobiowych mające na celu eliminację sacharozy nie miały istotnego ( $p > 0.05$ ) wpływu na temperaturę kleikowania skrobi, która wyniosła około 74 °C. Pycia i wsp. [30] podają, że początek kleikowania naturalnej skrobi ziemniaczanej w wodzie zawiera się w przedziale od 69 do 72 °C. Z kolei Pietrzyk i wsp. [28] wskazują, że w zależności od stopnia modyfikacji skrobi ziemniaczanej utlenionej jej temperatura kleikowania przyjmuje wartości z zakresu od 67,0 do 70,9 °C i jest tym niższa, im większy jest stopień utlenienia skrobi.

Niższa temperatura kleikowania skrobi utlenionej w porównaniu ze skrobią naturalną wynika głównie z jej luźniejszej struktury i częściowej depolimeryzacji będącej skutkiem modyfikacji skrobi. Przyczynę stosunkowo wysokiej temperatury kleikowania skrobi utlenionej, wyznaczonej w niniejszych badaniach, można zatem upatrywać w obecności w układzie składników nieskrobiowych, szczególnie białek mleka i sacharozy, które redukują ilość dostępnej dla skrobi wody, a przez to ograniczają pęcznienie ziaren skrobiowych. Gałkowska i wsp. [13] zaobserwowali, że zmniejszenie ilości sacharozy w zawiesinach skrobiowych wpływa na obniżenie temperatury kleikowania skrobi ze względu na zwiększoną dostępność wody dla skrobi.

Tabela 1. Parametry charakterystyki kleikowania skrobi utlenionej w mieszaninach deserowych  
Table 1. Parameters of pasting characteristics of oxidized starch in the dessert mixtures

Próba / Sample	Parametr / Parameter			
	PT [°C]	PV [mPa·s]	HPV [mPa·s]	FV [mPa·s]
3S/0P	74,1 <sup>a</sup> ± 0,6	3053 <sup>c</sup> ± 7	3314 <sup>a</sup> ± 26	4260 <sup>ab</sup> ± 59
2S/1P	74,4 <sup>a</sup> ± 0,3	2961 <sup>b</sup> ± 30	3306 <sup>a</sup> ± 59	4386 <sup>b</sup> ± 87
1S/2P	74,6 <sup>a</sup> ± 0,5	2927 <sup>ab</sup> ± 24	3626 <sup>b</sup> ± 77	4250 <sup>a</sup> ± 23
0S/3P	74,3 <sup>a</sup> ± 0,6	2868 <sup>a</sup> ± 49	3234 <sup>a</sup> ± 25	4506 <sup>c</sup> ± 44

Objaśnienia / Explanations:

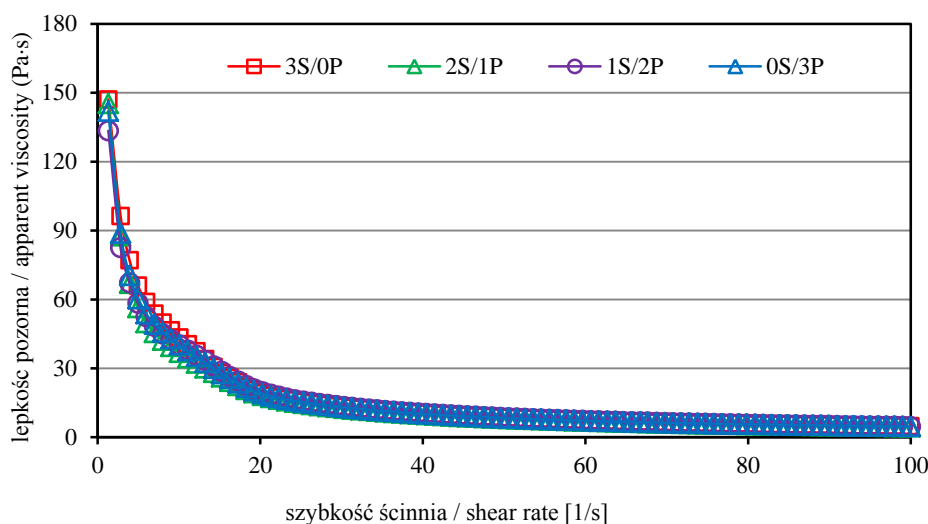
3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desery zawierające odpowiednio od 3 do 0 części sacharozy oraz od 0 do 3 części polidekstrozy / 3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desserts containing from 3 to 0 parts of sucrose and from 0 to 3 parts of polydextrose, respectively; wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) / mean values in columns marked with different letters differ statistically significantly ( $p < 0,05$ )

Najwyższą wartością lepkości maksymalnej w fazie ogrzewania (PV) odznaczał się deser słodzony wyłącznie sacharozą. Zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą skutkowało istotnym ( $p < 0,05$ ) zmniejszeniem PV powstałych deserów (Tab. 1). W przeciwieństwie do tendencji zmian lepkości obserwowanych w przypadku charakterystyki kleikowania natywnej skrobi ziemniaczanej [30], lepkość badanych układów nie zmniejszała się w trakcie przetrzymywania w temperaturze 95 °C, lecz stale się zwiększała (Ryc. 1, Tab. 1), przy czym nie zaobserwowano wyraźnego trendu obrazującego wpływ eliminacji sacharozy z układu na wzrost lepkości deseru. Niejednakowy wpływ obecności polidekstrozy lub inuliny na wartości lepkości HPV natywnej skrobi ziemniaczanej stwierdzili również Gałkowska i wsp. [14]. Różnicowane wartości lepkości końcowej (FV) deserów mlecznych nie umożliwiły wskazania jednego kierunku zmian wartości tego parametru wskutek zmniejszania ilości sacharozy i zwiększania ilości polidekstrozy w układzie – zaobserwowano jednak, iż



deser zawierający największą ilość polidekstrozy (0S/3P) charakteryzował się najwyższą lepkością końcową. Gałkowska i wsp. [13], badając desery skrobiowe o obniżonej zawartości cukru stwierdzili, że próbki na bazie natywnej skrobi ziemniaczanej odznaczały się niższą lepkością maksymalną i wyższą lepkością końcową w porównaniu z deserami na bazie skrobi acetylowanej, a eliminacja sacharozy z układu powodowała zmniejszenie ich lepkości.

Na rycinie 2 pokazano krzywe lepkości analizowanych deserów mleczno-skrobiowych, natomiast parametry modelu potęgowego opisującego krzywe eksperymentalne zestawiono w tabeli 2.



Ryc. 2. Krzywe lepkości deserów

Fig. 2. Viscosity curves of the desserts

Wyniki pomiarów świadczą o istnieniu różnic pomiędzy próbkami we właściwościach reologicznych związanych z ich płynięciem. Analizowane desery wykazywały właściwości płynów nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, co oznacza, że ich lepkość pozorna malała wraz ze wzrostem szybkości ścinania. Taki charakter reologiczny wieloskładnikowych układów zawierających skrobię jest zgodny z danymi literaturowymi [2, 14, 15, 32, 36, 37]. Zjawisko rozrzedzania ścinaniem kleików skrobiowych spowodowane jest procesem rozpadu połączeń cząsteczek biopolimerów oraz ich orientacją zgodnie z kierunkiem przepływu, czego skutkiem jest zmniejszanie się odporności układu na przykładane naprężenie ścinające [14, 37].

Tabela 2. Parametry równania potęgowego opisującego krzywą lepkości deserów na bazie skrobi z polidekstrozą  
 Table 2. Parameters of the power law equation describing viscosity curves of the starch-based desserts with polydextrose

Próba / Sample	Parametr / Parameter		
	$K$ (Pa·s <sup>n</sup> )	$n$ (-)	$R^2$
3S/0P	194,0 <sup>a</sup> ± 9,6	0,26 <sup>b</sup> ± 0,01	0,9891
2S/1P	193,1 <sup>a</sup> ± 8,0	0,23 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9961
1S/2P	179,8 <sup>a</sup> ± 9,7	0,27 <sup>b</sup> ± 0,02	0,9908
0S/3P	185,1 <sup>a</sup> ± 13,8	0,21 <sup>a</sup> ± 0,02	0,9954

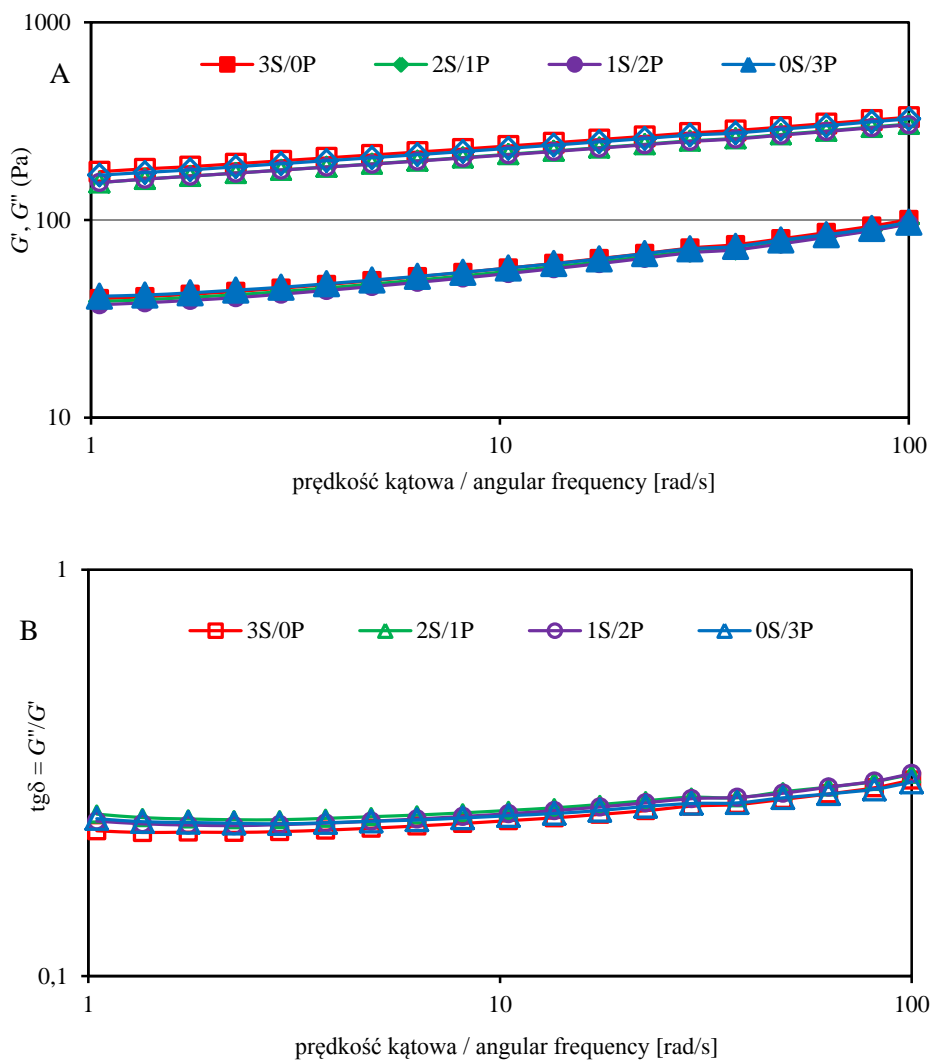
Objaśnienia / Explanations:

3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desery zawierające odpowiednio od 3 do 0 części sacharozy oraz od 0 do 3 części polidekstrozy / 3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desserts containing 3 to 0 parts of sucrose and 0 to 3 parts of polydextrose, respectively;

wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) / mean values in columns marked with different letters differ statistically significantly ( $p < 0,05$ )

Wartości współczynnika konsystencji odzwierciedlającego początkową lepkość pozorną układu wyznaczone z modelu potęgowego opisującego eksperymentalne krzywe płynięcia deserów nie różniły się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) między sobą (Tab. 2). Odmienną zależność stwierdzili Gałkowska i wsp. [14] w przypadku układów na bazie natywnej skrobi ziemniaczanej, w których obecność polidekstrozy powodowała istotny wzrost wartości współczynnika konsystencji, bez istotnego ( $p > 0,05$ ) wpływu na wartości wskaźnika płynięcia. Wyeliminowanie sacharozy z deserów skrobiowych może wpływać w różny sposób, zależny od rodzaju skrobi i substancji zastępującej cukier, na ich lepkość pozorną podczas przepływu [13]. Zmienność wartości wskaźnika płynięcia ( $n$ ) badanych deserów była niewielka, aczkolwiek istotnie ( $p < 0,05$ ) większą pseudoplastycznością cechowały się desery, w których 1/3 ilości sacharozy lub cała jej ilość została zastąpiona polidekstrozą. Również Furlán i Campderrós [7] stwierdziły brak istotnych różnic w wartościach wskaźnika płynięcia wyznaczonych z krzywych płynięcia deserów mlecznych na bazie skrobi zawierających stęwię oraz sukralozę i z krzywej płynięcia deseru słodzonego wyłącznie sacharozą. Natomiast Basu i wsp. [4] wykazali, że zastąpienie danej ilości sacharozy w dżemach znacznie mniejszą ilością substancji intensywnie słodzącej (sukralozy lub glikozydów stewiolowych) oznacza redukcję zawartości ekstraktu, co w konsekwencji powoduje zmniejszenie wartości współczynnika konsystencji oraz granicy płynięcia tych produktów. Z kolei Srisuvor i wsp. [33] podali, że jogurty o obniżonej zawartości tłuszczu wzbogacane polidekstrozą charakteryzowały się większą lepkością pozorną w trakcie

przepływu niż odpowiednie jogurty z inuliną. Natomiast Martínez-Cervera i wsp. [25] zaobserwowali zmniejszenie lepkości pozornej ciasta na muffiny o obniżonej zawartości sacharozy na skutek zamiany sacharozy mieszaniną sukralozy z polidekstrozą.



Ryc. 3. Spekttra mechaniczne deserów jako zależności: modułu zachowawczego –  $G'$  (puste markery) i modułu stratności –  $G''$  (pełne markery) (A) oraz tangensa kąta przesunięcia fazowego ( $\text{tg}\delta = G''/G'$ ) (B) od prędkości kątowej

Fig. 3. Mechanical spectra of the desserts as dependencies of the storage modulus –  $G'$  (empty markers) and the loss modulus –  $G''$  (full markers) (A) and the tangent of the phase shift angle ( $\text{tg}\delta = G''/G'$ ) (B) on the angular frequency

Na rycinie 3A pokazano spektra mechaniczne jako zależność modułu zachowawczego ( $G'$ ) i modułu stratności ( $G''$ ) od prędkości kątowej ( $\omega$ ) dla deseru kontrolnego oraz próbek, w których sacharozę zastąpiono glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą. We wszystkich przypadkach moduł zachowawczy przyjmował większe wartości niż moduł stratności ( $G' > G''$ ), wskazując na przewagę cech sprężystych nad lepкими, przy jednocześnie istotnej zależności obydwu modułów od prędkości kątowej. Obserwacje te znajdują potwierdzenie w wartościach tangensa kąta przesunięcia fazowego ( $\text{tg}\delta$ ), które zawierały się w przedziale od 0.1 do 1.0 (Ryc. 3B). Wskazuje to, iż badane desery odznaczały się cechami typowymi dla słabych żeli, co jest charakterystyczne dla wielu układów żywnościowych. O omówionych właściwościach reologicznych badanych deserów świadczą również wartości parametrów równań potęgowych opisujących krzywe eksperymentalne (Tab. 3).

Tabela 3. Parametry równań potęgowych opisujących spektra mechaniczne deserów na bazie skrobi z polidekstrozą

Table 3. Parameters of the power law equations describing mechanical spectra of the starch-based desserts with polydextrose

Próba / Sample	Parametr / Parameter					
	$K'$ (Pa·s <sup>n'</sup> )	$n'$ (-)	R <sup>2</sup>	$K''$ (Pa·s <sup>n''</sup> )	$n''$ (-)	R <sup>2</sup>
3S/0P	172,1 <sup>b</sup> ± 5,2	0,14 <sup>a</sup> ± 0,00	0,9984	36,9 <sup>a</sup> ± 2,6	0,20 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9860
2S/1P	152,8 <sup>a</sup> ± 3,8	0,15 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9961	35,6 <sup>a</sup> ± 2,9	0,20 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9854
1S/2P	152,9 <sup>a</sup> ± 1,2	0,13 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9990	34,3 <sup>a</sup> ± 0,6	0,21 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9860
0S/3P	165,5 <sup>b</sup> ± 5,4	0,14 <sup>a</sup> ± 0,00	0,9987	37,8 <sup>a</sup> ± 1,1	0,19 <sup>a</sup> ± 0,01	0,9848

Objaśnienia / Explanations:

3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desery zawierające odpowiednio od 3 do 0 części sacharozy oraz od 0 do 3 części polidekstrozy / 3S/0P; 2S/1P; 1S/2P; 0S/3P – desserts containing 3 to 0 parts of sucrose and 0 to 3 parts of polydextrose, respectively;

wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p < 0,05$ ) / mean values in columns marked with different letters differ statistically significantly ( $p < 0,05$ )

Eliminacja sacharozy z receptury miała istotny ( $p < 0,05$ ) wpływ na wartości parametru  $K'$ , a więc na cechy sprężyste. Wartości tego parametru dla próbek, w których 1/3 lub 2/3 ilości sacharozy zostało zastąpione polidekstrozą i glikozydami stewiolowymi były istotnie ( $p < 0,05$ ) niższe niż wartości  $K'$  wyznaczone dla próby kontrolnej oraz deseru, z którego receptury wyeliminowano całą sacharozę. Podobnie Martinez-Cervera i wsp. [25] zaobserwowali zmniejszenie udziału cech lepkościowych w charakterystyce reologicznej niskocukrowego ciasta muffinowego na skutek zastąpienia w nim sacharozy sukralozą z polidekstrozą. Z kolei wpływ modyfikacji receptu-

ry na wartości parametru  $n'$ , odzwierciedlającej zależność modułu  $G'$  od prędkości kątowej nie był statystycznie istotny ( $p > 0.05$ ). Również parametry opisujące zmiany modułu stratności ( $G''$ ) deserów na bazie zmodyfikowanej receptury nie różniły się istotnie ( $p > 0.05$ ) od tych charakteryzujących zmiany tego modułu w próbie kontrolnej. Wynika z tego, że zastąpienie sacharozy polidekstrozą nie miało istotnego wpływu na cechy lepkie deserów analizowane w zakresie małych odkształceń. Gałkowska i wsp. [13], badając desery skrobiowe o obniżonej zawartości cukru stwierdzili, że eliminacja sacharozy z układu powoduje znaczne zmiany w wartościach modułów w zależności od rodzaju zastosowanej skrobi. Jednym z kluczowych czynników mających wpływ na charakterystykę lepkości żywności na bazie wielkocząsteczkowych polimerów jest ich stopień polimeryzacji oraz struktura związana z liniowością łańcuchów lub stopniem ich rozgałęzienia [14].

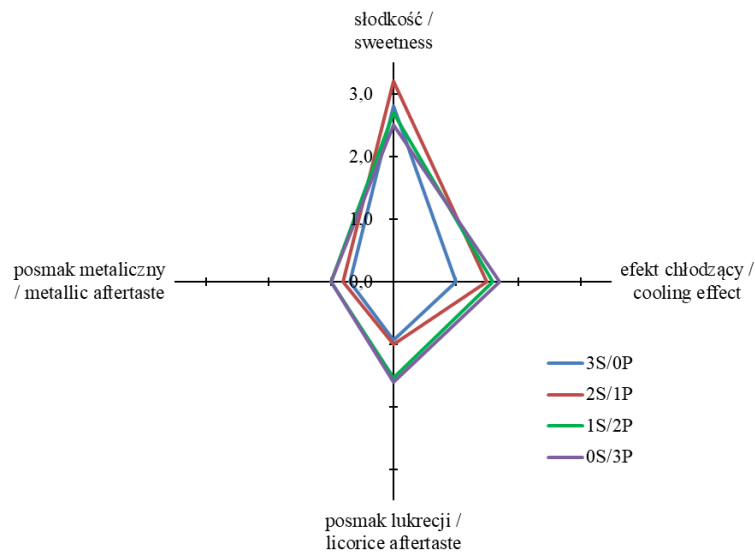
#### *Cechy sensoryczne*

Zastąpienie sacharozy substancją intensywnie słodzącą, pomimo zachowania zbliżonej intensywności smaku słodkiego produktu, niesie ze sobą zmiany w całkowitej percepcji smakowości produktu przez konsumenta. Substancje intensywnie słodzące często modyfikują smak słodki, np. poprzez wywoływanie posmaku metalicznego lub lukrecjowego. Maskowanie tych modyfikacji może być osiągnięte w drodze stosowania mieszanin różnych substancji intensywnie słodzących lub mieszanin substancji intensywnie słodzącej z poliolami albo z substancjami wypełniającymi. Na rycinie 4A przedstawiono wyniki oceny smakowości badanych deserów. Zbliżoną intensywnością słodkości charakteryzowały się próbki słodzone wyłącznie sacharozą (3S/0P) oraz częściowo glikozydami stewiolowymi (1S/2P). Większą intensywność słodkości stwierdzono dla próbki, w której jedną część sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą (2S/1P), co może wynikać z synergii pomiędzy zastosowanymi składnikami słodzącymi. Natomiast najmniejszą intensywność słodkości wykazywała próbka słodzona wyłącznie glikozydami stewiolowymi. Wywoływanie efektu chłodzącego w ustach jest charakterystyczne dla produktów słodzonych substancjami intensywnie słodzącymi. Efekt ten był również odczuwalny w przypadku deserów, które w swoim składzie zawierały glikozydy stewiolowe. Wraz ze zwiększającym się udziałem tych substancji słodzących w deserach, intensywność odbieranego wrażenia efektu chłodzącego wzrastała (Ryc. 4A).

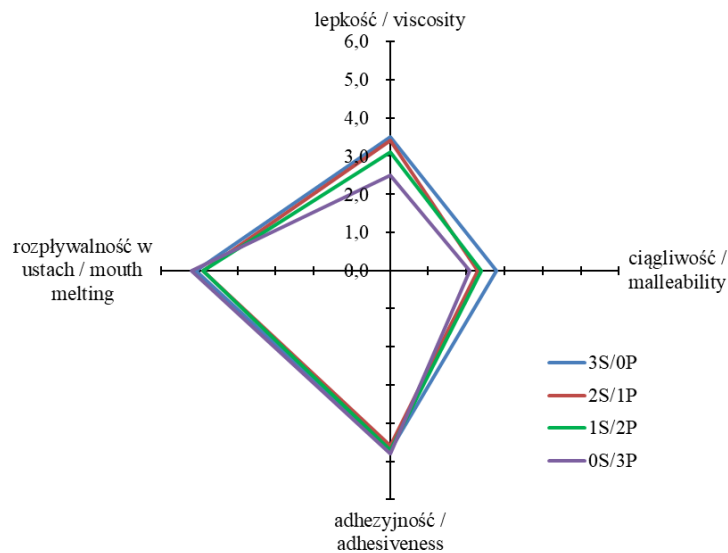
Obecność niektórych substancji intensywnie słodzących w produkcie spożywczym skutkuje nadaniem mu charakterystycznego posmaku metalicznego lub lukrecjowego (glicyryzyny). W przypadku badanych deserów malejący udział sacharozy w recepturze powodował zwiększenie intensywności zarówno posmaku lukrecji, jak i posmaku metalicznego, przy czym wrażenia te były szczególnie mocno odczuwalne podczas konsumpcji próbek, w których 2/3 ilości sacharozy lub jej całość zastąpiono

mieszanią glikozydów stewiolowych i polidekstrozy (odpowiednio próbki 1S/2P i 0S/3P).

A



B

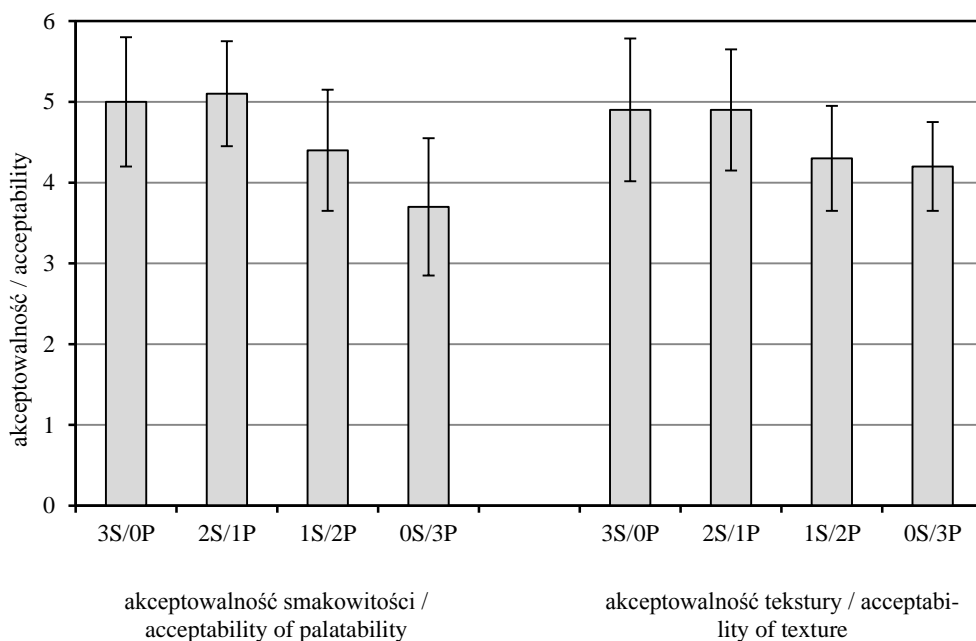


Ryc. 4. Wyniki oceny intensywności wrażeń smakowych (A) i teksturalnych (B) odbieranych podczas analizy sensorycznej deserów

Fig. 4. Results of sensory assessment of the intensity of palatability (A) and textural (B) sensations received during sensory analysis of the desserts

Wpływ zastosowanych modyfikacji receptury deserów mlecznych na ich teksturę zobrazowano na rycinie 4B. Istotnym skutkiem zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą było zmniejszenie zarówno lepkości, jak i ciągliwości deserów. Zmniejszenie ciągliwości było odczuwalne już w przypadku próbki, w której zredukowano ilość sacharozy tylko o jedną część (2S/1P), natomiast efekt zmniejszenia lepkości był odbierany w przypadku próbek, w których pozostawiono tylko jedną część sacharozy lub wyeliminowano ją całkowicie. Nie stwierdzono istotnych zmian adhezyjności deserów i ich rozpląwalności w ustach na skutek zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą.

Wyniki oceny akceptowalności zarówno smakowitości, jak i tekstury deserów mlecznych pokazano na rycinie 5. Pomimo braku statystycznie istotnych różnic pomiędzy uśrednionymi wynikami ocen, zauważalny jest następujący trend kształtowania się tych ocen: deser, w którym jedną część sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi i polidekstrozą (2S/1P) był akceptowalny pod względem smakowitości i tekstury w takim samym stopniu jak próba kontrolna, słodzona wyłącznie sacharozą. Dopiero desery o bardziej zredukowanej ilości sacharozy (1S/2P i 0S/3P) okazały się mniej akceptowalne przez oceniających. Przyczyną tego zjawiska było, z jednej strony, odbieranie posmaków lukrecjowego i metalicznego podczas konsumpcji tych deserów (Ryc. 4A), a z drugiej – mniejsza ich lepkość w porównaniu z deserami słodzonymi tylko sacharozą (Ryc. 4B).



Ryc. 5. Akceptowalność smakowitości i tekstury deserów

Fig. 5. Acceptability of the palatability and texture of the desserts

Usunięcie sacharozy z receptury produktu i zastąpienie jej znacznie mniejszą ilością substancji intensywnie słodzącej skutkuje również spadkiem zawartości suchej masy, co w konsekwencji obniża akceptowalność produktu. Martínez-Cervera i wsp. [25] stwierdzili, że całkowite zastąpienie sacharozy sukralozą w muffinach powodowało zmniejszenie akceptowalności wszystkich ocenianych wyróżników sensorycznych, natomiast usunięcie jedynie połowy ilości sacharozy i zastąpienie jej mieszaniną sukralozy z polidekstrozą nie miało istotnego wpływu na charakterystykę sensoryczną produktów. Z kolei Khan i wsp. [19] zaobserwowali, że zastąpienie sacharozy mieszaniną gumy guar z polidekstrozą w recepturze muffin skutkowało zmniejszeniem wysokości gotowych wyrobów, większą ich twardością i większą kruchością, a także mniejszą sprężystością i mniejszą adhezyjnością, natomiast nie wpłynęło istotnie na spójność i sprężystość ocenianych wyrobów. W innych badaniach, Abdou i wsp. [1] uznali, że wprowadzenie polidekstrozy do niskotłuszczowych lodów słodzonych sukralozą lub glikozydami stewiolowymi korzystnie wpływa na ich kremistość i gładkość. Z kolei Srisuvor i wsp. [33] analizując wpływ inuliny lub polidekstrozy na charakterystykę jakościową jogurtów o obniżonej zawartości tłuszczu stwierdzili, że próbki zawierające polidekstrozę wykazywały lepsze cechy sensoryczne w porównaniu z tymi zawierającymi inulinę. Kalicka i wsp. [17] wykazały, że zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi w jogurcie powoduje zmniejszenie intensywności słodkiego smaku oraz obniżenie jego ogólnej akceptowalności.

## Wnioski

1. Zastąpienie sacharozy mieszaniną polidekstrozy z glikozydami stewiolowymi w recepturze deserów mleczno-skrobiowych nie miało istotnego wpływu na temperaturę kleikowania skrobi w układzie wieloskładnikowym, natomiast przyczyniło się do zmniejszenia lepkości maksymalnej układu podczas ogrzewania.
2. Zastąpienie sacharozy kombinacją glikozydy stewiolowe-polidekstroza w niewielkim stopniu modyfikowało charakterystykę reologiczną deserów mleczno-skrobiowych. Desery wykazywały przepływ nienewtonowski, rozrzedzany ścinaniem oraz właściwości lepkosprężyste, a modyfikacja receptury skutkowała obniżeniem wartości współczynnika konsystencji oraz zmniejszeniem udziału cech sprężystych.
3. Desery mleczno-skrobiowe, w których w większym stopniu lub całkowicie zastąpiono sacharozę polidekstrożą i glikozydami stewiolowymi w ocenie sensorycznej wywoływały efekt chłodzący i charakteryzowały się posmakiem lukrecji, przy czym wykazywały one słodkość zbliżoną do słodkości deseru słodzonego tylko sacharozą. Modyfikacja receptury deserów nie wpłynęła na adhezyjność oraz rozptylność w ustach gotowych wyrobów, natomiast przyczyniła się do zmniejszenia ich lepkości i ciągliwości ocenianych metodą analizy sensorycznej.



4. Pomimo braku zróżnicowania statystycznego stwierdzono zmniejszenie akceptowalności zarówno tekstury, jak i smakowości próbek, w których 2/3 recepturowej ilości sacharozy lub całkowitą jej ilość zastąpiono polidekstrozą i glikozydami stewiolowymi.

### Literatura

- [1] Abdou S. M., Shenana M. E., ElNagar G. F., Abd Elatif R. G. Production of low-fat free-sugar ice cream using intensive sweeteners (sucralose and stevia). *Egyptian J. Dairy Sci.* 2022, 69-87.
- [2] 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.
- [3] Ahmad J., Khan I., Blundell R., Azzopardi J., Mahomoodally M. F. *Stevia rebaudiana* Bertoni.: an updated review of its health benefits, industrial applications and safety. *Trends Food Sc. Technol.*, 2020, 100, 177-189.
- [4] Basu S., Shivhare U. S., Singh T. V. Effect of substitution of stevioside and sucralose on rheological, spectral, color and microstructural characteristics of mango jam. *J. Food Eng.* 2013, 114, 465-476.
- [5] Błaśńska I., Jeżewska M., Kulczak M. Koncentraty deserów instant z zamiennymi środkami słodzącymi. *Przem. Spoż.*, 2010, 64 (6), 28-31.
- [6] Do Carmo M. M. R., Walker J. C. L., Novello D., Caselato V. M., Sgarbieri V. C., Ouwehand A. C., Andreollo N. A., Hiane P. A., Dos Santos E. F. Polydextrose: physiological function and effects on health. *Nutrients*, 2016, 8, 553.
- [7] Furlán R. 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.
- [8] Gustaw W., Sołowiej B., Mleko S. Otrzymywanie deserów mlecznych z białek serwatkowych z dodatkiem skrobi i karagenu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2005, 4(45), 100-108.
- [9] Gałkowska D., Długosz M., Juszcak L. Effect of high methoxy pectin and sucrose on pasting, rheological, and textural properties of modified starch systems. *Starch/Stärke*, 2013, 65, 5-6, 499-508.
- [10] Gałkowska D., Juszcak L. Effects of amino acids on gelatinization, pasting and rheological properties of modified potato starches. *Food Hydrocoll.*, 2019, 92, 143-154.
- [11] Gałkowska D., Dudycz A., Juszcak L. Effect of potato protein on thermal and rheological characteristics of maize starches with different amylose contents. *Starch-Stärke*, 2021, 73, #2000216.
- [12] Gałkowska D., Kapuśniak K., Juszcak L. Chemically Modified Starches as Food Additives. *Molecules*, 2023, 28, #7543
- [13] Gałkowska D., Południak M., Juszcak L. Wpływ zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi na charakterystykę reologiczną deserów na bazie skrobi. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2018, 25, 4 (117), 111-126.
- [14] Gałkowska D., Południak M., Witczak M., Juszcak L. Effect of prebiotic polysaccharides on the rheological properties of reduced sugar potato starch based desserts. *Polymers*, 2020, 12, #2224.
- [15] González-Tomás L., Bayarri S., Coll-Marqués J., Costell E. Flow behaviour of inulin-enriched dairy desserts: influence of inulin average chain length. *Int. J. Food Sci. and Technol.*, 2009, 44, 1214-1222.

- [16] Juszcak L., Witczak M., Zięba T., Fortuna T. Rheological behaviour of heated potato starch dispersions. *Int. Agrophys.*, 2012, 26, 381-386.
- [17] Kalicka D., Znamirowska A., Buniowska M., Esteve Más M. J., Frigola Canoves A. Effect of stevia addition on selected properties of yoghurt during refrigerated storage. *Pol. J. Nat. Sci.*, 2017, 32(2), 323-334.
- [18] Kett A. P., Chaurin V., Fitzsimons S. M., Morris E. R., O'Mahony J. A., Fenelon M. A. Influence of milk proteins on the pasting behaviour and microstructural characteristics of waxy maize starch. *Food Hydrocoll.*, 2013, 30, 661-671.
- [19] Khan S., Rustagi S., Singh A. Optimization of composite flour-based sugar-free muffins. *Emergent Life Sci. Res.*, 2022, 8, 2, 31-40.
- [20] Kotebagilu N. P., Umralkar S., Shivanna L. M., Dasappa I., Urooj A. Impact of *Stevia rebaudiana* substitution on physico-chemical characteristics, sensory profile and microstructure in selected Indian desserts. *J. Food Sci. Technol.*, 2022, 59(8), 2992-3001.
- [21] Kowalik J. 2013. Desery mleczne – innowacje produktowe. *Przem. Spoż.*, 67, 10, 2-6.
- [22] 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.
- [23] Lewandowicz G., Wronkowska M., Sadowska J., Soral-Śmietana 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.
- [24] Łabanowska M., Bidzińska E., Pietrzyk S., Juszcak L., Fortuna T., Błoniarczyk K. Influence of copper catalyst on the mechanism of carbohydrate radicals generation in oxidized potato starch. *Carbohydr. Polym.*, 2011, 85, 4, 775-785.
- [25] Martínez-Cervera S., Sanz T., Salvador A., Fiszman S. M. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2012, 45, 213-220.
- [26] Matignon A., Neveu A., Ducept F., Chantoiseau E., Barey P., Mauduit S., Michon C. Influence of thermo-mechanical treatment and skim milk components on the swelling behavior and rheological properties of starch suspensions. *J. Food Eng.*, 2015, 150, 1-8.
- [27] 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.
- [28] Pietrzyk S., Juszcak L., Fortuna T., Ciemniowska A. Effect of the oxidation level of corn starch on its acetylation and physicochemical and rheological properties. *J. Food Eng.*, 2014, 120, 50-56.
- [29] Przybylski W., Sionek B., Jaworska D., Spychalska A., Rupińska M. Wpływ dodatku inuliny na jakość sorbetów owocowych i warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2020, 27, 3(124), 66-76.
- [30] Pycia K., Juszcak L., Gałkowska D., Witczak M. Physicochemical properties of starches obtained from Polish potato cultivars. *Starch- Stärke*, 2012, 64, 2, 105-114.
- [31] 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. *Dziennik Urzędowy UE L 295/205*.
- [32] Sikora M., Juszcak L., Sady M., Krawontka J. Use of starch/xanthan gum combinations as thickeners of cocoa syrups *Food/Nahrung*, 2003, 47, 2, 106-113.
- [33] Srisuvor N., Chinprahast N., Prakitchaiwattana C., Subhimaros S. Effects of inulin and polydextrose on physicochemical and sensory properties of low-fat set yoghurt with probiotic-cultured banana purée. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2013, 51, 30-36.

- [34] Sisó I. P. S., Quintana S. E., Zapateiro L. A. G. Stevia (*Stevia rebaudiana*) as a common sugar substitute and its application in food matrices: an updated review. *J. Food Sci. Technol.*, 2023, 60(5), 1483-1492.
- [35] Veena N., Surendra Nath B., Sumit A. Polydextrose as a functional ingredient and its food applications: A review. *Indian J. Dairy. Sci.*, 2016, 69(3), 239-251.
- [36] Yoo D., Yoo B. Rheology of rice starch-sucrose composites. *Starch/Stärke*, 2005, 57(6), 254-261.
- [37] Zander L., Zander Z., Haponiuk E. 2009. Charakterystyki płynięcia deserów skrobiowych. *Inżynieria i Aparatura Chemiczna*, 2009, 1, 76-77.

### THE EFFECT OF POLYDEXTROSE ON RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND SENSORY PROPERTIES OF REDUCED SUCROSE STARCH-MILK DESSERTS

#### S u m m a r y

**Introduction.** The aim of the study was to assess the impact of replacing sucrose with polydextrose (E 1200) on the rheological characteristics and sensory properties of starch-milk desserts sweetened with steviol glycosides (E 960). The study materials were desserts made of oxidized potato starch (E 1404), skimmed milk powder, curcumin, vanilla flavorsucrose and/or a mixture of polydextrose (E 1200) and steviol glycosides (E 960). As part of the rheological analyses, the pasting characteristics, viscosity curves and mechanical spectra of the desserts were determined. As part of the sensory analysis, palatability and texture were assessed using a quantitative descriptive analysis. The acceptability of the desserts was also assessed.

**Results and discussion.** Based on the results, it was found that the partial or complete elimination of sucrose from the composition of desserts and replacing it with a mixture of polydextrose and steviol glycosides led to a reduction in their maximum viscosity determined at the heating stage in the pasting test, but did not change the starch pasting temperature. The desserts showed shear-thinning non-Newtonian fluid properties, and the modification of the recipe resulted in a reduction of the consistency coefficient and a reduction in the share of elastic properties without a significant impact on the viscous properties of the system. The desserts in which sucrose was completely, or in a greater degree, replaced with polydextrose and steviol glycosides had a cooling effect and had a licorice aftertaste in the sensory assessment, while retaining sweetness similar to the sweetness of the dessert sweetened with sucrose only. The modification of the dessert recipe did not affect the adhesiveness and mouth melting of the finished products, but contributed to a reduction in their viscosity and malleability assessed by the sensory analysis. Both the texture and palatability of the desserts prepared to the recipe, in which two-third of the amount of sucrose or its total amount was replaced with polydextrose and steviol glycosides, turned out to be less sensorily acceptable than the dessert which did not contain polydextrose.

**Key words:** desserts, oxidized starch, polydextrose, steviol glycosides, rheological properties, sensory quality ☒