

EDYTA M. KUTYŁA-KUPIDURA, MAREK SIKORA, ANNA DOBOSZ,  
MAGDALENA KRYSZYJAN

## WPLYW ZASTĄPIENIA SACHAROZY ALTERNATYWNYMI SUBSTANCJAMI SŁODZĄCYMI NA WŁAŚCIWOŚCI PRODUKTÓW CIASTKARSKICH

### Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań dotyczących wpływu alternatywnych substancji słodzących na właściwości ciasta i wyrobów ciastkarskich, takich jak herbatniki, wafle, a także ciasta o strukturze gąbczastej. Podsumowano dotychczas prowadzone badania w celu wykazania, które alternatywne substancje słodzące pozwalają uzyskać produkty o cechach zbliżonych do ich odpowiedników z sacharozą. Podano grupy zamienników wpływających pozytywnie i negatywnie na tekstualne, reologiczne i sensoryczne właściwości ciast surowych oraz gotowych wyrobów. Stwierdzono, że odpowiedni dobór substancji słodzących lub ich mieszanin pozwalał uzyskać produkty, których cechy nie różniły się w znacznym stopniu od cech ich odpowiedników z sacharozą. Najlepszymi właściwościami charakteryzowały się wyroby, do produkcji których zastosowano poliole lub też mieszaniny dwóch różnych substancji słodzących.

Całkowite zastąpienie sacharozy fruktozą oraz maltitolem, a także częściowe zastąpienie sacharozy fruktożą, sorbitolem, inuliną lub syropem daktylowym nie powodowało istotnych zmian twardości herbatników. Herbatniki, w których sacharozę wymieniono maltitolem, laktitolem, sorbitolem, a także mieszaniną acesulfamu K z fruktozą, maltitolem, laktitolem, sorbitolem oraz ksylitolem, nie różniły się istotnie pod względem sensorycznym. Z kolei zastosowanie maltitolu lub mieszaniny sukralozy i maltodekstryny pozwalało uzyskać produkty o lepszych cechach sensorycznych. Herbatniki, w których sacharozę zastąpiono częściowo syropem daktylowym, fruktooligosacharydami, aspartamem lub acesulfamem, charakteryzowały się cechami sensorycznymi zbliżonymi do produktów kontrolnych. Zastosowanie jako zamiennika sacharozy oligofruktozy, polidekstrozy lub mieszaniny erytrytolu i sukralozy umożliwiło uzyskanie ciasta o strukturze gąbczastej i właściwościach teksturalnych zbliżonych do wyrobów z sacharozą. Całkowite zastąpienie sacharozy ksylitolem, maltitolem oraz laktitolem w tych ciastach okazało się korzystne pod względem sensorycznym.

**Słowa kluczowe:** zamienniki sacharozy, herbatniki bezcukrowe, ciasta o strukturze gąbczastej, wafle, tekstura

---

*Mgr inż. E. M. Kutyla-Kupidura, prof. dr hab. M. Sikora, mgr inż. A. Dobosz, dr inż. M. Krystyjan, Katedra Technologii Węglowodanów, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: kutyla.majka@gmail.com*

## Wprowadzenie

W celu uzyskania produktów specjalnego przeznaczenia żywieniowego konieczne są m.in. modyfikacje receptury. Na przykład produkty przeznaczone dla osób chorych na cukrzycę powinny zawierać substancje słodzące, które nie powodują wzrostu stężenia glukozy we krwi [4, 8]. Modyfikacje receptur należy jednak przeprowadzić w taki sposób, aby dany produkt był jak najbardziej zbliżony swoimi właściwościami do jego tradycyjnego odpowiednika [17]. W tym celu można stosować alternatywne substancje słodzące lub ich mieszaniny. Zamienniki sacharozy można scharakteryzować m.in. ze względu na ich funkcje. W przypadku tej cechy wyróżnia się substancje słodzące wypełniające (ang. *bulk sweeteners*), do których należą np. cukry proste czy poliole oraz intensywnie słodzące (np. aspartam, acesulfam K, sukraloza, glikozydy stewiolowe). W Polsce dopuszczone do stosowania w żywności są wszystkie poliole (zgodnie z zasadą *quantum satis*) oraz 12 substancji intensywnie słodzących [22, 23].

Grupą produktów, w których stosuje się zamienniki sacharozy, są wyroby ciastkarskie trwale wytwarzane przemysłowo. Zalicza się do niej herbatniki, wafle, biszkopty (ciasta o strukturze gąbczastej), suchary, wyroby z ciasta parzonego (precle, paluszki), pierniki i inne. Jednak nie wszystkie substancje słodzące można stosować do wytwarzania wyrobów ciastkarskich (np. aspartam ulega rozkładowi podczas długotrwałego działania wysokiej temperatury, stosowanej podczas wypieku herbatników czy wafli) [6, 19].

Celem pracy było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat zastosowania alternatywnych substancji słodzących, ich wpływu na właściwości teksturalne i reologiczne ciast oraz właściwości teksturalne i sensoryczne wytworzonych z nich wyrobów ciastkarskich.

## Wpływ udziału alternatywnych substancji słodzących na właściwości ciast surowych oraz herbatników

Właściwości teksturalne i reologiczne ciast surowych [5, 24, 29] oraz właściwości teksturalne i sensoryczne kruchych herbatników [5-7, 9, 12, 14, 24, 27-29], w których sacharozę zastąpiono (całkowicie lub częściowo) innymi substancjami słodzącymi, a także ich mieszaninami, badało wielu autorów. Ciasta surowe zawierające ksylitol lub sacharozę charakteryzowały się najmniejszą twardością, a z mannitolem – największą [29]. Z kolei herbatniki z sacharozą, fruktozą oraz maltitolem odznaczały się zblizoną wielkością siły penetracji. W porównaniu z nimi twardość herbatników, w których sacharozę całkowicie zastąpiono laktitolem i mannitolem była mniejsza. Zoulias i wsp. [29] badali wpływ dodatku acesulfamu K na zmianę twardości herbatników zawierających zamiast sacharozy alternatywne substancje słodzące (fruktozę, maltitol, laktitol, sorbitol, ksylitol, mannitol). Stwierdzili, że dodatek acesulfamu K spowodował

zwiększenie twardości wszystkich wyrobów, za wyjątkiem herbatników zawierających maltitol, w przypadku których zaobserwowano zmniejszenie twardości. Autorzy wykazali, że herbatniki z udziałem maltitolu, laktitolu oraz sorbitolu nie różniły się znacząco pod względem ogólnej jakości sensorycznej od produktów z sacharozą. Najniżej oceniono produkty z fruktozą, ksylitolem oraz mannitolem. Zastosowanie acesulfamu K wpłynęło na poprawę cech sensorycznych wyrobów ciastkarskich. Przy zastosowaniu kombinacji substancji słodzących niżej niż herbatniki z sacharozą oceniono jedynie produkty zawierające mieszaninę mannitolu i acesulfamu K. Najwyższym przyrostem średnicy charakteryzowały się herbatniki, w których jako substancję słodzącą zastosowano laktitol (19,4 %), maltitol (18,0 %) oraz sacharozę (17,24 %). W przypadku herbatników, w których sacharozę zastąpiono całkowicie mannitolem przyrost ten był najmniejszy (1,3 %). Dodatek acesulfamu K spowodował zmniejszenie przyrostu średnicy podczas pieczenia. Wyjątek stanowił produkt zawierający mieszaninę acesulfamu K i maltitolu. W tym przypadku średnica wyrobów nieznacznie się zwiększyła w stosunku do herbatników z udziałem wyłącznie maltitolu [29].

Według innych badań [28] herbatniki, w których sacharozę zastąpiono całkowicie laktitolem lub sorbitolem charakteryzowały się znacznie mniejszą twardością niż te, w których jako substancji słodzącej użyto sacharozy. Natomiast twardość herbatników z udziałem maltitolu była zawsze porównywalna z twardością herbatników kontrolnych (z sacharozą). Herbatniki, w których użyto sorbitolu, charakteryzowały się najgorszymi cechami sensorycznymi. Zastąpienie sacharozy laktitolem nieznacznie zmniejszało ogólną pożądalność wyrobu w stosunku do próbki kontrolnej, natomiast herbatniki z udziałem maltitolu odznaczały się właściwościami sensorycznymi lepszymi niż produkt z sacharozą [28].

Analiza tekstury ciasta oraz wypieczonych z niego herbatników z sacharozą oraz takich, w których sacharozę w 20, 25 i 30 % zastąpiono oligofruktozą pozwoliła stwierdzić, że obecność oligofruktozy spowodowała zmniejszenie twardości ciasta surowego w porównaniu z ciastem z sacharozą [5]. Twardość ciasta zmniejszała się wraz ze wzrostem ilości zamiennika sacharozy. Spośród gotowych wyrobów najtwardsze były herbatniki zawierające wyłącznie sacharozę, a wraz ze wzrostem zawartości oligofruktozy twardość ich zmniejszała się. Po upływie jednego dnia od wypieku, herbatniki z udziałem oligofruktozy miały ciemniejszą barwę powierzchni niż herbatniki z sacharozą. Jednak istotne różnice pomiędzy barwą powierzchni wyrobów kontrolnych (z sacharozą) i herbatników z udziałem oligofruktozy zaobserwowano tylko w przypadku wyrobów z największym udziałem oligofruktozy. Po 8 tygodniach przechowywania barwa powierzchni herbatników z udziałem oligofruktozy była jaśniejsza w porównaniu z barwą herbatników kontrolnych [5].

Całkowite zastąpienie sacharozy mieszaninami sukralozy (0,05 g/100 g mąki) i maltodekstryny (w ilości 10 lub 20 g/100 g mąki) przyczyniło się do zwiększenia

absorpcji wody i skrócenia czasu tworzenia się ciasta w porównaniu z ciastem z sacharozą, natomiast zastosowanie większej ilości maltodekstryny (30 lub 40 g/100 g mąki) spowodowało efekt odwrotny [24]. Po przeprowadzeniu analizy ekstensograficznej stwierdzono, że zastąpienie sacharozy sukralozą z dodatkiem różnych ilości maltodekstryny spowodowało zmniejszenie odporności ciasta na rozciąganie, a tym samym zmniejszenie jego elastyczności, a także zmianę przebiegu charakterystyki kleikowania. Wraz ze wzrostem zawartości maltodekstryny temperatura początku kleikowania i lepkość maksymalna próbek zwiększała się, a lepkość po ochłodzeniu i różnica między lepkością maksymalną i minimalną zmniejszała się. Ponadto, herbatniki z udziałem sukralozy i 30 g maltodekstryny odznaczały się twardością zbliżoną do tych z sacharozą. Udział sukralozy i dodatek maltodekstryny w ilości 10 i 20 g powodował zwiększenie twardości, a dodatek 40 g – zmniejszenie tego parametru. Pod względem sensorycznym produkt z dodatkiem sukralozy i 30 g maltodekstryny oceniono wyżej niż z sacharozą. Natomiast dodatek 10, 20 i 40 g maltodekstryny wpłynął na obniżenie jakości sensorycznej herbatników. Ponadto, wraz ze wzrostem ilości maltodekstryny zwiększały się wartości współczynnika rozprzestrzeniania, czyli proporcji średnicy badanych herbatników do ich grubości [24].

Zastąpienie sacharozy tagatozą, w przedziale odpowiadającym  $25 \div 100$  % sacharozy, spowodowało zwiększenie twardości herbatników. Było ono tym większe, im większy był jej udział. Natomiast zastąpienie sacharozy taką samą ilością fruktozy spowodowało zmniejszenie twardości herbatników [27]. Wyjątek stanowiły herbatniki, w których sacharozę zastąpiono fruktozą w 25 %. Odznaczały się one nieznacznie większą twardością niż te z sacharozą. Zastosowanie jako zamiennika sacharozy, zarówno fruktozy, jak i tagatozy, spowodowało również zmniejszenie średnicy wypieczonych herbatników w porównaniu z próbą kontrolną. Zastąpienie sacharozy tagatozą spowodowało zwiększenie wysokości herbatników (tym większe, im większy był udział tagatozy), a fruktozą – zmniejszenie grubości ciastek. Wyjątek stanowiły herbatniki, w których fruktozą zastąpiono 75 % sacharozy. Miały one większą wysokość niż herbatniki kontrolne. Udział alternatywnych substancji słodzących wpływał także na jaśniejszą barwę powierzchni herbatników [27].

Wraz ze wzrostem udziału inuliny oraz syropu daktylowego zmniejszała się zawartość suchej masy wypieczonych herbatników, a udział sorbitolu powodował jej zwiększenie [9]. Zastąpienie sacharozy tymi substancjami miało także wpływ na twardość (siłę łamania) herbatników. Największą siłą łamania cechowały się herbatniki z udziałem syropu daktylowego. Ponadto stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału substancji słodzących siła łamania produktów nieznacznie się zmniejszała. Zastosowanie syropu daktylowego pozwoliło uzyskać produkt o pożądanych cechach sensorycznych. Najwyżej oceniono produkty z 80- i 100-procentowym udziałem syropu dakty-

lowego (równie wysoko, jak produkt kontrolny). Zastosowanie inuliny i sorbitolu wpłynęło na znaczne obniżenie jakości sensorycznej herbatników [9].

Z analizy porównawczej siły łamania (twardości) herbatników, zawierających inulinę, sorbitol lub syrop daktylowy, wypieczonych zarówno z ciasta świeżego, jak i mrożonego wynika, że produkty zawierające inulinę oraz syrop daktylowy, wypieczone z ciasta mrożonego, charakteryzowały się większą twardością niż te, które wypieczono z ciasta świeżego. Z kolei proces mrożenia nie miał wpływu na twardość herbatników z udziałem sorbitolu [10].

Zastąpienie sacharozy erytrytolem w ilości 25, 50, 75 i 100 % nie wpłynęło znacząco na zmianę twardości kruchych herbatników [14]. Wraz ze wzrostem stężenia erytrytolu niekorzystnym zmianom ulegała barwa oraz odczucie słodkiego smaku, choć dodatek substancji słodzącej nie wpływał na wilgotność oraz twardość produktu. W przypadku 50, 75 oraz 100 % substytucji sacharozy erytrytolem wyczuwalny był efekt chłodzący po spożyciu produktu, którego intensywność wzrastała wraz ze wzrostem udziału polioliu. W ocenie pożądalności konsumenckiej stwierdzono, że udział erytrytolu na poziomie 75 oraz 100 % sacharozy niekorzystnie wpłynął na wszystkie cechy produktu poza twardością. Wraz ze wzrostem udziału erytrytolu w herbatnikach zwiększała się jasność powierzchni produktu [14].

Według Laguna i wsp. [12], udział erytrytolu powodował zwiększenie twardości kruchych herbatników. Z kolei zastąpienie sacharozy inuliną spowodowało efekt odwrotny. Zastąpienie 50 % sacharozy erytrytolem wpłynęło na zwiększenie wilgotności herbatników w porównaniu z produktem z sacharozą czy inuliną [12].

Jako częściowy zamiennik sacharozy stosowano również fruktooligosacharydy (FOS) na poziomie 40, 60 oraz 80 % [7]. Największą twardością charakteryzowały się herbatniki z sacharozą oraz 40-procentowym udziałem FOS. Herbatniki, w których udział substancji słodzącej był większy, wyróżniały się istotnie mniejszą twardością. Przeprowadzono także badania przechowalnicze trwające 8 miesięcy. Stwierdzono, że twardość herbatników z udziałem FOS malała wraz z wydłużaniem czasu przechowywania w porównaniu z wyrobami z sacharozą. Pod względem sensorycznym jedynie udział 80 % alternatywnej substancji słodzącej w istotnym stopniu wpływał na smak oraz pożądalność konsumencką. Z kolei w badaniach geometrycznych herbatników wykazano, że zwiększenie udziału FOS w produkcie wpłynęło na zwiększenie jego średnicy i obniżenie wysokości. Wskaźnik rozprzestrzenienia był największy w odniesieniu do herbatników z 80-procentowym udziałem FOS, a najmniejszy w przypadku produktu z sacharozą [7].

Przeprowadzono również konsumencką ocenę pożądalności kruchych herbatników, w których sacharozę częściowo lub całkowicie zastąpiono aspartamem (50 i 100 %) i acesulfamem K (50 i 100 %), a także mieszaniną acesulfamu K (50 %) – aspartamu (50 %) [6]. Próbę kontrolną stanowiły produkty z sacharozą. Ciastka kruche

z udziałem 50 % aspartamu, 50 % acesulfamu K, jak również wyroby, w których sacharozę zastąpiono mieszaniną acesulfamu K i aspartamu oceniono wysoko. Najniższe noty uzyskały wyroby, w których zastosowano jako zamiennik sacharozy jedynie acesulfam K albo aspartam [6].

W tab. 1. zestawiono wyniki przedstawiające efekty wpływu dodatków zamienników sacharozy na właściwości herbatników.

Tabela 1. Wpływ zamienników sacharozy na właściwości herbatników

Table 1. Effect of sucrose substitutes on properties of biscuits

Rodzaj zamienników sacharozy Type of sucrose substitutes	Wpływ substytucji sacharozy alternatywnymi substancjami słodzącymi Effect of substituting sucrose with alternative sweeteners	
	Ciasto surowe Raw dough	Wyrób wypieczony Baked product
Ksylitol Xylitol	Twardość zbliżona do ciasta z sacharozą [29]	Zmniejszenie twardości, obniżenie jakości sensorycznej [29]
Mannitol Mannitol	Zwiększenie twardości [29]	Zmniejszenie twardości, zmniejszenie średnicy, obniżenie jakości sensorycznej [29]
Laktitol Lactitol	Zmniejszenie twardości [29]	Zmniejszenie twardości [28, 29], zwiększenie średnicy, obniżenie jakości sensorycznej [29]
Maltitol Maltitol	Nieznaczne zwiększenie twardości [29]	Nieznaczne zwiększenie twardości [29], zwiększenie średnicy [28, 29], podwyższenie jakości sensorycznej [28]
Sorbitol Sorbitol	Zmniejszenie twardości [29]	Zmniejszenie twardości [28, 29], obniżenie jakości sensorycznej [9, 28, 29]
Fruktoza Fructose	Nieznaczne zwiększenie twardości [29]	Twardość zbliżona do produktu z sacharozą [29], zmniejszenie twardości [27], zmniejszenie średnicy, jaśniejsza barwa [24]
Acesulfam K Acesulfame K	-	Obniżenie ocen konsumenckich, zmniejszenie wartości energetycznej o około 20 % [6]
Aspartam Aspartame	-	Obniżenie ocen konsumenckich [6]
Acesulfam K jako składnik mieszaniny (z fruktozą, maltitolem, mannitolem, laktitolem, ksylitolem lub sorbitolem) Acesulfame-K as a blend ingredient (with fructose, maltitol, mannitol, lactitol, xylitol or sorbitol)	-	Poprawa jakości sensorycznej produktów (w odniesieniu do tych zawierających wyłącznie fruktozę, maltitol, mannitol, laktitol, ksylitol lub sorbitol) [29]
Oligofruktoza Oligofructose	Zmniejszenie twardości [5]	Zmniejszenie twardości, ciemniejsze zabarwienie (jaśniejące w trakcie przechowywania) [5].

Mieszanina sukralozy i maltodekstryny Blend of sucralose and maltodextrin	Zmniejszenie elastyczności [24]	Zmniejszenie twardości oraz zwiększenie średnicy wraz ze wzrostem dodatku maltodekstryny, jaśniejsza barwa, obniżenie jakości sensorycznej [24]
Tagatoza Tagatose	-	Zwiększenie twardości wraz ze wzrostem dodatku tagatozy, zmniejszenie średnicy, jaśniejsza barwa [27]
Syrop daktylowy Date syrup	-	Zwiększenie twardości, podwyższenie jakości sensorycznej [9]
Inulina Inulin	-	Zmniejszenie twardości [12], obniżenie jakości sensorycznej [9]
Erytrytol Erythritol	-	Zwiększenie twardości [12, 14], jaśniejsza barwa oraz obniżenie jakości sensorycznej wraz ze wzrostem zawartości erytrytolu [14]
Fruktooligosacharydy (FOS) Fructooligosaccharides (FOS)	-	Zmniejszenie twardości oraz zwiększenie średnicy wraz ze wzrostem zawartości, zmniejszenie pożądanłości konsumenckiej przy zawartości powyżej 60 % [7]

### Wpływ substytucji sacharozy substancjami słodzącymi na właściwości ciast o strukturze gąbczastej

Prowadzono badania właściwości ciast o strukturze gąbczastej, w których sacharozę całkowicie lub częściowo zastępowano innymi substancjami słodzącymi.

Substytucja sacharozy w recepturze ciast typu gąbczastego takimi substancjami, jak: maltitol, mannitol, sorbitol, ksylitol, izomalt, oligofruktoza oraz polidekstroza, pozwoliła stwierdzić, że zastosowanie ksylitolu oraz sorbitolu powoduje obniżenie twardości ciasta biszkoptowego. Największą twardością odznaczały się ciasta biszkoptowe z udziałem mannitolu, natomiast twardość najbardziej zbliżoną do próby kontrolnej (z sacharozą) miały produkty z oligofruktozą i polidekstrozą [21]. Zastąpienie sacharozy oligofruktozą oraz polidekstrozą bardzo niekorzystnie wpłynęło na smak wyrobów. Zastąpienie sacharozy maltitolem znacznie zmniejszyło pożądanłość pod względem tekstury i wyglądu zewnętrznego produktu. Wszystkie wyróżniki jakościowe ciast biszkoptowych, zawierających maltitol oraz ksylitol, oceniono wyżej w stosunku do pozostałych próbek. W ocenie ogólnej najwyższą notę, zbliżoną do ciasta z sacharozą, przyznano próbkom z udziałem ksylitolu. Wysoko oceniono także ciasto, w którym sacharozę zastąpiono maltitolem. Z kolei noty wyrobów z udziałem mannitolu oraz oligofruktozy były znacznie niższe w odniesieniu do próby kontrolnej. Przeprowadzono także analizę spektrofotometryczną barwy skórki oraz miękkiszu ciasta biszkoptowego. Skupiono się na zmianach jasności produktu (parametr L). Wykazano, że najciemniejszą skórka charakteryzowało się ciasto z udziałem oligofruktozy, natomiast najjaśniejszą – produkt z maltitolem. Barwą skórki najbardziej zbliżoną do próby kontrolnej (z sacharozą) odznaczało się ciasto z polidekstrozą. Stwierdzono ponadto,

że zmiany barwy miękiszu nie były zróżnicowane. Znacząco jaśniejszą barwę miał jedynie miękisz ciasta z polidekstrozą [21].

Wyniki badań reologicznych ciast, w których sacharozę zastąpiono częściowo lub całkowicie syropem izomaltooligosacharydowym (IMO) pozwoliły stwierdzić, że dodatek syropu IMO powodował wzrost lepkości pozornej surowego ciasta, tym większy, im większy był jego udział [13]. Zaobserwowano również, że ciasta wypieczone z syropem IMO charakteryzowały się mniejszą twardością w porównaniu z ciastem kontrolnym (z sacharozą). Ponadto twardość ciast, w których 50, 75 i 100 % sacharozy zastąpiono IMO była zbliżona. Obecność syropu IMO wpłynęła korzystnie na barwę skórki i kruchość ciast, natomiast spowodowała niekorzystne zmiany barwy miękiszu i zmniejszenie odczucia słodkiego smaku. Ogólna ocena ciast była jednak tym wyższa, im większy był udział syropu. Wyjątek stanowiło ciasto zawierające wyłącznie syrop IMO, które oceniono niżej niż ciasto z 75-procentowym udziałem tego syropu. Udział syropu IMO przyczynił się do powstania ciemniejszego zabarwienia zarówno skórki, jak i miękiszu. Nie stwierdzono istotnych różnic pod względem wilgotności, aktywności wody i masy poszczególnych próbek [13].

Całkowite zastąpienie sacharozy wodnym ekstraktem z liści stewii spowodowało zwiększenie jędrności i twardości ciasta jogurtowego w porównaniu z ciastem zawierającym sacharozę [1].

Ciasta biszkoptowe, w których sacharozę zastąpiono mieszaniną stewiozydów i różnej ilości roztworu sorbitolu charakteryzowały się mniejszą twardością niż ciasto kontrolne (z sacharozą), przy czym im większy był udział sorbitolu, tym mniejsza była twardość ciasta. Wraz ze wzrostem udziału sorbitolu zmniejszała się kohezynność ciast, co uznano za cechę niepożądaną [16].

Otrzymywano także ciasta szyfonowe (ang. *chiffon cake*) o zmniejszonej zawartości tłuszczu, w których 25, 50, 75 i 100 % sacharozy zastąpiono mieszaniną erytrytoli i sukralozy (preparat D-et<sup>®</sup>, wyprodukowany przez U-Sing Co. Ltd., Tajlandia) [2]. Ciasto zawierające 50 % D-et<sup>®</sup> charakteryzowało się właściwościami teksturalnymi najbardziej zbliżonymi do ciasta kontrolnego (z sacharozą). Natomiast w pozostałych wyrobach zaobserwowano zwiększenie kohezynności oraz zmniejszenie adhezyjności i sprężystości ciasta. Na podstawie spektrofotometrycznych pomiarów stwierdzono, że obecność D-et<sup>®</sup> przyczyniła się do powstania ciemniejszej barwy miękiszu ciasta. Barwa ta była tym ciemniejsza, im większy był udział preparatu D-et<sup>®</sup>. Zastąpienie sacharozy mieszaniną D-et<sup>®</sup> wpłynęło na zmniejszenie twardości ciasta i zwiększenie jego wilgotności. Stwierdzono także, że wraz ze wzrostem udziału zamiennika sacharozy zmniejszał się stopień odczucia słodkiego smaku ciasta. Największą wilgotnością i najmniejszą zawartością węglowodanów charakteryzowało się ciasto, w którym sacharozę zastąpiono mieszaniną erytrytoli i sukralozy na poziomie 50 %. Ponadto wszystkie wyroby zawierały o ponad 50 % więcej białka i co najmniej o ok. 35 %



mniej tłuszczu w porównaniu z ciastem szyfonowym wypieczonym według tradycyjnej receptury (z dodatkiem sacharozy i normalnej zawartości tłuszczu) [2].

Badania właściwości reologicznych ciasta surowego przeprowadzone przez Psimouli i Oreopoulou [20] wykazały, że miały one charakter cieczy nienewtonowskich, rozrzedzanych ścinaniem. Jako zamienniki sacharozy autorzy zastosowali takie substancje słodzące jak: fruktoza, maltitol, mannitol, sorbitol, oligofruktoza, laktitol lub polidekstroza. Ciasta z udziałem sorbitolu lub oligofruktozy charakteryzowały się niższymi wartościami współczynnika konsystencji  $k$  w porównaniu z ciastem kontrolnym, a zastosowanie pozostałych substancji słodzących – zwiększenie wartości  $k$ . Zaobserwowano także, że ciasto z udziałem polidekstrozy charakteryzowało się zbliżoną wartością wskaźnika płynięcia do ciasta kontrolnego. Wyższą, w porównaniu z ciastem zawierającym sacharozę, wartością  $n$  odznaczało się ciasto z oligofruktozą. Natomiast obecność innych zamienników sacharozy przyczyniła się do zmniejszenia wartości wskaźnika płynięcia. Ciasto z udziałem mannitolu wyróżniało się większą jędrnością i mniejszą sprężystością, w porównaniu z ciastem zawierającym sacharozę. Poszczególne ciasta różniły się kohezynnością. Zastąpienie sacharozy różnymi zamiennikami nie wpłynęło na wartości pozostałych mierzonych parametrów tekstury. Pod względem cech sensorycznych najwyżej oceniono ciasta z maltitolem oraz laktitolem, przy wymianie cukru na poziomie 100 %. Noty były zbliżone do ocen ciasta z sacharozą. Najniżej natomiast oceniono ciasta z udziałem mannitolu i fruktozy. Ciasto z maltitolem miało zbliżoną objętość do ciasta kontrolnego, natomiast objętość ciasta z mannitolem była większa. Zastosowanie jako substancji słodzącej sorbitolu, oligofruktozy, polidekstrozy lub fruktozy powodowało zmniejszenie objętości ciasta. Na podstawie wyników analizy barwy wykazano, że zastosowanie jako zamiennika sacharozy mannitolu i polidekstrozy powodowało powstanie jaśniejszej skórki ciasta, a fruktozy i oligofruktozy – ciemniejszej. Obecność mannitolu przyczyniła się do wytworzenia ciasta o jaśniejszej barwie miękiszu, natomiast fruktozy, oligofruktozy i polidekstrozy – o ciemniejszej [20].

Jak dowiedli Martinez-Cervera i wsp. [18], ciasto surowe przeznaczone do wypieku babeczek (ang. *muffin*) ma charakter cieczy nienewtonowskich, rozrzedzanych ścinaniem. W celu zastąpienia sacharozy autorzy zastosowali mieszaniny polidekstrozy (substancji teksturotwórczej) i sukralozy (substancji słodzącej) w stosunku 1012 : 1 w ilości odpowiadającej 25, 50, 75 i 100 % sacharozy do produkcji babeczek (ang. *muffins*). Zastąpienie sacharozy w ilości większej niż 50 % spowodowało zmniejszenie współczynnika konsystencji  $k$ , czyli zmniejszenie lepkości ciasta. Wraz ze wzrostem udziału mieszaniny polidekstrozy i sukralozy zwiększała się wartość wskaźnika płynięcia  $n$  (do wartości 1). Zaobserwowano także różnice we właściwościach lepko-sprężystych poszczególnych rodzajów ciast – zmniejszenie wartości modułów  $G'$  i  $G''$  na początku ogrzewania (tym większe, im większy był udział mieszaniny sukraloza –

polidekstroza), stabilizację, a potem ich wzrost w miarę ogrzewania. Wzrost wartości modułów  $G'$  i  $G''$  w ciastach z udziałem mieszaniny zastępującej sacharozę następował w niższej temperaturze niż w cieście zawierającym wyłącznie sacharozę. Obecność mieszanin sukralozy i polidekstrozy wpłynęła na zmniejszenie twardości wyrobów w porównaniu z próbką kontrolną. Wraz ze wzrostem udziału mieszaniny zmniejszała się sprężystość, kohezynność, żujność i elastyczność babeczek. Wysokość babeczek była tym mniejsza, im większy był udział zamienników sacharozy. Zmiany wysokości babeczek były jednak nieznaczne. Zwiększający się udział mieszaniny sukraloza – polidekstroza na ciemnienie barwy skórki i miększu nie był statystycznie istotny [18].

Ciasta szyfonowe, w których 25, 50, 75 i 100 % sacharozy zastąpiono erytrytolem charakteryzowały się z kolei niekorzystną barwą skórki, większą twardością i mniejszym stopniem odczucia smaku słodkiego [15]. Obecność erytrytolu nie miała znaczącego wpływu na barwę miększu, wilgotność oraz kruchość ciasta. Zastąpienie sacharozy w 50 % przez erytrytol spowodowało wystąpienie efektu chłodzącego po spożyciu produktu. Stwierdzono również, że wraz ze wzrostem udziału erytrytolu barwa skórki i miększu była jaśniejsza [15].

Przeprowadzono analizę sensoryczną oraz określono barwę ciast biszkoptowych, w których sacharozę zastąpiono mieszaniną sproszkowanego ekstraktu stewii (o 80-procentowej zawartości stewiozydów) i roztworu sorbitolu o stężeniu 70 % [16]. W każdym z ciast (poza ciastem kontrolnym) udział stewiozydów w mieszaninie słodzącej był stały – odpowiadający 0,75 % sacharozy, a zawartość sorbitolu wynosiła 21, 42, 63 i 84 % w odniesieniu do ilości mąki. Zaobserwowano, że udział sorbitolu w ilości większej niż 50 % w stosunku do zawartości sacharozy wpływał na poprawę właściwości miększu i skórki ciasta, a także jego smakowitość. Stwierdzono także, że wraz ze wzrostem udziału sorbitolu w mieszaninie barwa ciasta była jaśniejsza [16].

Całkowite zastąpienie sacharozy substancjami intensywnie słodzącymi, takimi jak aspartam i acesulfam K (lub ich mieszaniną) znacznie obniżało jakość sensoryczną ciast gąbczastych. Na podstawie konsumenckiej oceny pożądalności stwierdzono, że ciasto biszkoptowe, w którym 50 % sacharozy zastąpiono acesulfamem K albo aspartamem było oceniane wysoko, a najniżej oceniono produkty ze 100-procentowym udziałem aspartamu oraz z mieszaniną aspartamu i acesulfamu K [6].

Zastosowanie mieszaniny sorbitolu i kapsułkowanego aspartamu pozwoliło z kolei uzyskać ciasto biszkoptowe o mniejszej porowatości i objętości, lecz o większej wilgotności niż ciasto z sacharozą [3].

W tab. 2. zestawiono wyniki przedstawiające efekty wpływu zamienników sacharozy na właściwości ciast o strukturze gąbczastej.

Tabela 2. Wpływ zamienników sacharozy na właściwości ciast o strukturze gąbczastej

Table 2. Effect of sucrose substitutes on properties of cakes with spongy texture

Rodzaj zamienników sacharozy Type of sucrose substitutes	Wpływ substytucji sacharozy alternatywnymi substancjami słodzącymi Effect of substituting sucrose with alternative sweeteners	
	Ciasto surowe Raw dough	Produkt wypieczony Baked product
Ksylitol Xylitol	-	Zmniejszenie twardości, jakość sensoryczna zbliżona do produktu z sacharozą [21]
Sorbitol Sorbitol	-	Zmniejszenie twardości [21], zmniejszenie objętości [20]
Mannitol Mannitol	-	Zwiększenie twardości oraz objętości [21], obniżenie jakości sensorycznej [20, 21], zwiększenie jędrności, zmniejszenie sprężystości, jaśniejsza barwa skórki i miękiszu [20]
Maltitol Maltitol	-	Jakość sensoryczna zbliżona do produktu z sacharozą [19, 20], jaśniejsza barwa skórki [21]
Laktitol Lactitol	-	Jakość sensoryczna zbliżona do produktu z sacharozą [20]
Erytrytol Erythritol	-	Obniżenie jakości sensorycznej oraz jaśniejsza barwa skórki i miękiszu wraz ze wzrostem dodatku [15]
Fruktoza Fructose	-	Obniżenie jakości sensorycznej, zmniejszenie objętości, ciemniejsza barwa skórki i miękiszu [20]
Oligofruktoza Oligofructose	-	Twardość zbliżona do produktu z sacharozą, obniżenie jakości sensorycznej, zmniejszenie objętości [20], zmniejszenie jasności skórki [20, 21] i miękiszu [20]
Polidekstroza Polydextrose	-	Twardość oraz barwa skórki zbliżona do produktu z sacharozą [21], zmniejszenie objętości, jaśniejsza barwa skórki i zmniejszenie jasności miękiszu [20]
Syrop izomaltooligosacharydowy Isomaltooligosaccharide syrup	Wzrost lepkości ze wzrostem udziału [13]	Zmniejszenie twardości, podwyższenie jakości sensorycznej wraz ze wzrostem udziału [13]
Wodny ekstrakt z liści stevia Aqueous extract from the leaves of stevia	-	Zwiększenie twardości i jędrności [1]
Aspartam Aspartame	-	Obniżenie jakości sensorycznej [6]
Acesulfam K Acesulfame K	-	Obniżenie jakości sensorycznej [6]
Mieszanina erytrytolu i sukralozy (preparat D-et <sup>®</sup> ) The mixture of erythritol and sucralose (Formulation D et <sup>®</sup> )	-	Zwiększenie kohezji, zmniejszenie adhezji i sprężystości (z wyjątkiem 50-procentowego dodatku D-et <sup>®</sup> ), ciemniejsza barwa, zmniejszenie twardości, zawartości tłuszczu, zwiększenie wilgotności oraz zawartości białka [2]

Mieszanina sukralozy i polidekstrozy Blend of sucralose and polydextrose	Wzrost wartości modułów $G'$ i $G''$ przy niższej temperaturze [18]	Zmniejszenie twardości, sprężystości, kohezji, żujności i elastyczności, zmniejszenie wysokości wraz ze wzrostem udziału, nieznacznie ciemniejsza barwa skórki i miększu [18]
Mieszanina sorbitolu i stewiozydów Blend of sorbitol and steviosides	-	Udział powyżej 50 % – poprawa właściwości miększu oraz smakowości [16]
Mieszanina aspartamu I acesulfamu K Blend of aspartame and acesulfame K	-	Obniżenie jakości sensorycznej [6]
Mieszanina sorbitolu i kapsułkowanego aspartamu Blend of sorbitol and encapsulated aspartame	-	Zmniejszenie porowatości i objętości, zwiększenie wilgotności [3]

### Wpływ udziału alternatywnych substancji słodzących na właściwości fizykochemiczne wafli

Porównywano właściwości fizykochemiczne wafli truskawkowych light, w których sacharozę całkowicie zastąpiono aspartamem, z wafkami truskawkowymi słodzonymi sacharozą [25]. Produkty z aspartamem charakteryzowały się nieznacznie większą twardością w stosunku do wafli z sacharozą. Wafle poddano także ocenie sensorycznej metodą 5-punktową oraz metodą konsumencką. Stwierdzono, że zastąpienie sacharozy aspartamem nie miało znaczącego wpływu na ich ogólną jakość sensoryczną. Smak wafli zawierających aspartam oceniono jednak istotnie niżej. W odniesieniu do pozostałych wyróżników jakościowych noty były prawie identyczne w porównaniu z próbą kontrolną. Wyniki badań przeprowadzonych metodą konsumencką pozwoliły natomiast stwierdzić, że wafle słodzone sacharozą miały cechy bardziej pożądane niż ich niskokaloryczny odpowiednik [25].

### Podsumowanie

Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że zamiana sacharozy substancjami słodzącymi nie zawsze wpływała niekorzystnie na cechy teksturalne i sensoryczne wyrobów ciastkarskich. Stwierdzono, że odpowiedni dobór substancji słodzącej lub mieszaniny takich substancji do konkretnego produktu pozwalał na uzyskanie wyrobów ciastkarskich, których cechy sensoryczne i teksturalne były zbliżone do ich odpowiedników z sacharozą.

Całkowite zastąpienie sacharozy takimi substancjami słodzącymi, jak fruktoza oraz maltitol nie powodowało istotnych zmian twardości herbatników. Produkty

o zbliżonej twardości uzyskiwano poprzez częściowe zastąpienie sacharozy takimi substancjami słodzącymi, jak: fruktoza (na poziomie 25 %), sorbitol (40 i 60 %), inulina (60 %) lub syrop daktylowy (60 i 80 %). Herbatniki, w których sacharozę wymieniono maltitolem, laktitolem, sorbitolem, a także mieszaniną acesulfamu K z fruktozą, maltitolem, laktitolem, sorbitolem oraz ksylitolem nie różniły się istotnie pod względem sensorycznym. Stwierdzono także, że zastosowanie maltitolu lub też mieszaniny 0,05 g sukralozy i 30 g maltodekstryny (na 100 g mąki) umożliwiło uzyskanie produktu o lepszych cechach sensorycznych. Herbatniki, w których sacharozę zastąpiono częściowo syropem daktylowym (na poziomie 80 i 100 %), fruktooligosacharydami (40 i 60 %), aspartamem (50 %) lub też acesulfamem K (50 %), oceniono wysoko, podobnie jak produkty kontrolne.

Z kolei zastosowanie takich substancji słodzących, jak oligofruktoza i polidekstroza, a także mieszaniny erytrytolu i sukralozy (preparat D-et®) pozwoliło uzyskać ciasta o strukturze gąbczastej, charakteryzujące się właściwościami teksturalnymi bardzo zbliżonymi do wyrobów z sacharozą. Pod względem sensorycznym korzystne okazało się całkowite zastąpienie sacharozy ksylitolem, maltitolem oraz laktitolem. Ciasta o strukturze gąbczastej z udziałem tych substancji słodzących oceniono równie wysoko, jak kontrolne. Przedstawione wyniki badań pozwalają również stwierdzić, że dodatek polidekstrozy powodował uzyskanie ciasta gąbczastego, o barwie najbardziej zbliżonej do produktu z sacharozą, natomiast zastąpienie sacharozy maltitolem pozwoliło na uzyskanie ciasta gąbczastego, o objętości najbardziej zbliżonej do próby z sacharozą.

*Praca zrealizowana w ramach tematu nr DS 3700/WTŻ/2014, została sfinansowana z dotacji przyznanej przez MNiSW.*

## Literatura

- [1] Abdel-Salam A.M., Ammar A.S., Galal W.K.: Evaluation and properties of formulated low calories functional yoghurt cake. *J. Food Agric. Environ.*, 2009, **7** (2), 218-221.
- [2] Akesowan A.: Quality of reduced – fat chiffon cakes prepared with erythritol – sucralose as replacement for sugar. *Pakistan J. Nutr.*, 2009, **9** (8), 1383-1386.
- [3] Baeva M.R., Terzieva V.V., Panchev I.N.: Structural development of sucrose – sweetened and sucrose – free sponge cakes during baking. *Die Nahrung*, 2003, **47** (3), 154-160.
- [4] Chattopadhyay S., Raychaudhuri U., Chakraborty R.: Artificial sweeteners – A review. *J. Food Sci. Technol.*, 2014, **51** (4), 611-621.
- [5] Gallagher E., O'Brien C.M., Scannell A.G.M., Arendt E.K.: Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. *J. Food Eng.*, 2003, **56** (2-3), 261-263.
- [6] Górecka D., Korczak J., Borowska-Parus A.: Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.*, 2007, **55** (6), 210-218.
- [7] Handa C., Goomer S., Siddhu A.: Physicochemical properties and sensory evaluation of fructooligosaccharide enriched cookies. *J. Food Sci. Technol.*, 2012, **49** (2), 192-199.
- [8] Kolożyn-Krajewska D., Sikora T.: *Towaroznawstwo żywności*. WSiP, Warszawa 2004, ss. 214-220.

- [9] Kozłowicz K., Kluza F.: Wpływ wybranych dodatków prozdrowotnych na właściwości herbatników z mrożonego ciasta. *Acta Agrophys.*, 2009, **13** (1), 155-163.
- [10] Kozłowicz K.: Skrócona ocena tekstury herbatników z mrożonego ciasta kruchego wzbogaconego prozdrowotnymi dodatkami. *Acta Sci. Pol., Technica Agraria*, 2010, **9** (1-2), 11-17.
- [11] Kroger M., Meister K., Kava R.: Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: A review of the safety issues. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2006, **5**, 35-47.
- [12] Laguna L., Primo-Martin C., Salvador A., Sanz T.: Inulin and erythritol as sucrose replacers in short-dough cookies: sensory, fracture, and acoustic properties. *J. Food Sci.*, 2013, **78** (5), 777-784.
- [13] Lee C., Wang H., Lin S.: Effect of isomaltooligosaccharide syrup on quality characteristic of sponge cake. *Cereal Chem.*, 2008, **85** (4), 515-521.
- [14] Lin S.-D., Lee C.-C. Mau J.-L., Lin L.-Y., Chiou S.-Y.: Effect of erythritol on quality characteristic of reduced – calorie Danish cookies. *J. Food Qual.*, 2010, **33**, 14-26.
- [15] Lin S.-D., Hwang C.-F., Yeh C.-H.: Physical and sensory characteristics of chiffon cake prepared with erythritol as replacement for sucrose. *J. Food Sci.*, 2003, **68** (6), 2107-2110.
- [16] Manisha G., Soumya C., Indrani D.: Studies on interaction between stevioside, liquid sorbitol, hydrocolloids and emulsifiers for replacement of sugar in cakes. *Food Hydrocoll.*, 2012, **29** (2), 363-373.
- [17] Mariotti M., Alamprese C.: About the use of different sweeteners in baked goods. Influence on the mechanical and rheological properties of the doughs. *LWT Food Sci. Technol.*, 2012, **48** (1), 9-15.
- [18] Martinez-Cerveza 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** (2), 213-220.
- [19] PN-A-89000:1998/Ap1:2001P. Wyroby i półprodukty ciastkarskie – Terminologia.
- [20] Psimouli V., Oreopoulou V.: The effect of alternative sweeteners on batter rheology and cake properties. *J. Sci. Food Agric.*, 2012, **92** (1), 99-105.
- [21] Ronda F., Gómez M., Blanco C.A., Caballero P.A.: Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chem.*, 2005, **90** (4), 549-555.
- [22] 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
- [23] Rozporządzenie komisji (UE) NR 1130/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. zmieniające załącznik III do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w sprawie dodatków do żywności poprzez ustanowienie unijnego wykazu dodatków do żywności dopuszczonych do stosowania w dodatkach do żywności, enzymach spożywczych, środkach aromatyzujących i składnikach odżywczych
- [24] Savitha Y.S., Indrani D., Prakash J.: Effect of replacement of sugar with sucralose and maltodextrin on rheological characteristics of wheat flour dough and quality of soft dough biscuits. *J. Texture Stud.*, 2008, **39** (6), 605-616.
- [25] Stachura M.: Wpływ aspartamu na jakość wybranych produktów specjalnego przeznaczenia. Rozprawa doktorska, Wydział Technologii Żywności, Akademia Rolnicza w Krakowie, Kraków 2005, ss. 79-119.
- [26] Stoś K.: Żywność specjalnego przeznaczenia – propozycja zmiany przepisów w UE. *Przem. Spoż.*, 2012, **66**, 8-12.
- [27] Taylor T.P., Fasina O., Bell L.N.: Physical properties and consumer liking of cookies prepared by replacing sucrose with tagatose. *J. Food Sci.*, 2008, **73** (3), 145-151.
- [28] Zoulias E., Oreopoulou V., Kounalaki E.: Effect of sugar and fat replacement on cookie properties. *J. Sci. Food Agric.*, 2002, **82**, 1637-1644.
- [29] Zoulias E., Piknis S., Oreopoulou V.: Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 2049-2056.

**EFFECT OF SUBSTITUTING SUCROSE WITH ALTERNATIVE SWEETENERS ON PROPERTIES OF CAKE AND CONFECTIONERY PRODUCTS****S u m m a r y**

The results were presented of research studies referring the effect of alternative sweeteners on the properties of cakes and confectionery products such as biscuits, wafers, and cakes having a spongy texture. The hitherto conducted research studies were summarized in order to prove, which alternative sweeteners might produce products with characteristics similar to those of their analogues with sucrose. Those groups of substitutes were specified that impacted, either positively or negatively, the textural, rheological, and sensory properties of doughs and finished products. It was found that, provided the sweeteners or mixtures thereof were properly selected, it was possible to produce products having features that did not differ much from those of their analogues with sucrose. The best characteristics had those products where either polyols or the blends of two different sweeteners were used to produce them.

No significant changes were found in the hardness of biscuits, in which the total sucrose was substituted with fructose and maltitol, and, also, in which a portion of sucrose was substituted with fructose, sorbitol, inulin, and date syrup. There were no significant differences in sensory properties of the biscuits where sucrose was replaced with maltitol, lactitol, sorbitol, and the blend of K acesulfame with fructose, maltitol, lactitol, sorbitol, and xylitol. On the other hand, where maltitol or a blend of sucralose and maltodextrin were applied, the products produced had better sensory properties. The biscuits with sucrose partially substituted with date syrup, fructooligosaccharides, aspartame, or K acesulfame, were characterized by the sensory properties similar to those of the control products. Where applying oligofructose, polidextrose or a blend of erythritol and sucralose as a substitute for sucrose, it was possible to produce a cake with a spongy texture and the textural properties similar to those of the products with sucrose. Substituting the total sucrose with xylitol, maltitol, and lactitol in the above mentioned cakes confirmed to be advantageous from the sensory point of view.

**Key words:** sucrose substitutes, sugar-free biscuits, cakes with spongy texture, wafers, texture 