

KATARZYNA ŚWIĄDER, BOŻENA WASZKIEWICZ-ROBAK

INTENSYWNOŚĆ SŁODYCZY WYRRANYCH SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie właściwości słodzących wybranych słodzików - aspartamu, acesulfamu K, cyklamianu i sacharynianu sodu. Dokonano oceny intensywności słodyczy modelowych roztworów wodnych, zróżnicowanych stężeniem substancji intensywnie słodzącej, oraz porównano je z wzorcowymi roztworami sacharozy. Ustalono, które roztwory pod względem intensywności słodyczy odpowiadają tym samym wrażeniom. Stwierdzono, że odczuwanie intensywności smaku słodkiego substancji intensywnie słodzących maleje wraz ze wzrostem ich stężenia w roztworze. Przy zbyt wysokich stężeniach słodzików w wodnych roztworach, intensywność odczuwania słodyczy malała i jednocześnie obserwowano mniejszą precyzję uzyskiwanych ocen. Intensywność słodyczy badanych słodzików w roztworach wodnych była łatwo rozpoznawana i różnicowana przez oceniających w zakresach stężeń: od 0,035 do 0,085% - aspartam i acesulfam K, od 0,040 do 0,066% - sacharynian sodu oraz od 0,23 do 0,38% - cyklamian sodu. Ustalono zależności pomiędzy stężeniami sacharozy i stężeniami badanych substancji słodzących, równoważnych pod względem intensywności słodyczy, które mogą być przydatne do szybkiego i prostego przeliczania ilości tych substancji, w przypadku zastosowania ich jako zamienników sacharozy.

Słowa kluczowe: substancje słodzące, intensywność słodyczy, aspartam, acesulfam K, cyklamian sodu, sacharynian sodu

Wprowadzenie

Spożywanie sacharozy jest niekorzystne ze względów żywieniowych, a jej nadmierna ilość w diecie może prowadzić do rozwoju chorób cywilizacyjnych, takich jak: cukrzyca, choroby układu krążenia, otyłość czy próchnica [7]. Fakt ten powoduje, że w technologii żywności coraz częściej stosuje się substancje zastępujące cukier, tj. środki intensywnie słodzące. Głównym celem ich stosowania jest nadanie produktom słodkiego smaku, nie powodując silnego podwyższenia poziomu glukozy we krwi i nie stwarzając warunków do rozwoju próchnicy zębów [2]. Ich stosowanie ma na celu

Mgr inż. K. Świąder, dr inż. B. Waszkiewicz-Robak, Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Wydz. Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, Szkoła Główna Gospodarstwa

również obniżenie wartości energetycznej produktów, poprzez wyeliminowanie ze składu tradycyjnej sacharozy [2, 9]. Środki intensywnie słodzące, takie jak: aspartam, acesulfam K, sacharynian sodu i cyklaminy sodu spełniają wyżej wymienione kryteria, różnią się jednak właściwościami funkcjonalnymi, istotnymi z punktu widzenia producenta niskokalorycznej żywności. Wykazują one inne cechy sensoryczne niż sacharoza, gdyż oprócz smaku słodkiego towarzyszą im obce, często niepożądane w produkcie końcowym posmaki, takie jak gorzki czy metaliczny.

Ponadto różne substancje intensywnie słodzące charakteryzują się odmiennym przebiegiem intensywności słodczy niż sacharoza i różnią się względem siebie siłą słodzenia. Oznacza to, że przy tej samej ilości różnych substancji słodzących można uzyskać produkt końcowy o różnej intensywności i profilu słodczy. Szczególne właściwości ma taumatyna, której zastosowanie jako substancji słodzącej jest przyczyną odczuwania słodczy w opóźnionym czasie od chwili jej spożycia, i która powoduje utrzymywanie się smaku słodkiego w ustach przez bardzo długi okres, co nie zawsze jest korzystne z punktu widzenia sensorycznego [17]. Także aspartam znalazł zastosowanie w produkcji gum do żucia jako proszek do stosowania na powierzchni gumy, gdyż w ten sposób powoduje szybkie odczuwanie słodczy gumy i powoduje przedłużenie czasu odczuwania charakterystycznego smaku słodkiego w stosunku do innych słodzików.

W literaturze dostępne są dane dotyczące wykorzystania substancji intensywnie słodzących w produkcji wyrobów spożywczych typu light, tj. o obniżonej wartości energetycznej [4, 10, 14]. Niewiele jest natomiast badań charakteryzujących i porównujących intensywność słodczy różnych substancji intensywnie słodzących w stosunku do sacharozy.

Celem pracy było określenie właściwości słodzących wybranych substancji intensywnie słodzących (aspartamu, acesulfamu K, cyklaminy i sacharynianu sodu) poprzez ocenę intensywności ich słodczy w zależności od stężenia w wodnych roztworach modelowych, jak również w porównaniu ze wzorcem – sacharozą.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły syntetyczne substancje intensywnie słodzące dopuszczone do stosowania w Polsce i UE, takie jak: aspartam – firmy Holland Sweetener Company HSC, acesulfam K- firmy HCI Poland Ltd., cyklaminy oraz sacharynian sodu - hiszpańskiej firmy Productos Aditivos. Jako wzorec smaku słodkiego stosowano sacharozę - cukier zakupiony w handlu detalicznym, a wyprodukowany w cukrowni Glinojec. Badaniom poddano substancje słodzące przygotowane metodą rozcieńczeń z roztworów podstawowych, o następujących

stężeniach: aspartam i acesulfam K – 0,035; 0,060; 0,085%; sacharynian sodu - 0,040; 0,053; 0,066%; cyklaminian sodu – 0,230; 0,310; 0,380%. Porównania intensywności smaku słodkiego badanych substancji słodzących w roztworach wodnych z intensywnością słodyczy roztworów sacharozy, dokonywano metodą „wskaźnika słodyczy”. Polega ona na porównywaniu i przyporządkowywaniu pod względem intensywności smaku słodkiego, poszczególnych roztworów badanych substancji słodzących z odpowiednimi stężeniami wodnych roztworów standardu – sacharozy, w zakresie stężeń od 5 do 9,5%. Siłę słodzenia badanych substancji słodzących względem sacharozy obliczano poprzez dzielenie poszczególnych stężeń roztworów sacharozy przez odpowiadające im stężenia roztworów badanych substancji intensywnie słodzących. Ocenę sensoryczną prowadzono w akredytowanej Pracowni Analizy Sensorycznej Zakładu Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa na Wydziale Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji SGGW w Warszawie, spełniającej wymagania normy PN ISO 8589:1988 [11]. Zespół oceniający stanowili studenci oraz pracownicy Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji, przeszkoleni w zakresie stosowanych metod wg PN ISO 8586-2:1994 [12]. Poszczególne wyniki są wartościami średnimi uzyskanymi z 50 ocen cząstkowych. Statystyczną interpretację wyników opracowano przy użyciu programu komputerowego Excel wersja 2.1 Windows.

Wyniki i dyskusja

W tab. 1. i 2. przedstawiono stężenia wodnych roztworów badanych substancji słodzących i odpowiadające im pod względem słodyczy stężenia wodnych roztworów sacharozy. Intensywność słodzenia różnych substancji określa się zazwyczaj w stosunku do słodyczy roztworu wodnego wzorca – 10% roztworu cukru (sacharozy), którą przyjmuje się za 1 [3, 4, 10, 14, 17]. W niniejszej pracy porównywano słodycz badanych substancji słodzących ze słodyczą modelowych roztworów sacharozy w zakresie stężeń 5,0 - 9,5%. Roztwory sacharozy o stężeniu 10% oceniane były niekorzystnie, jako zbyt słodkie. Stwierdzono, że intensywnością słodyczy zbliżoną do słodyczy sacharozy w roztworze wodnym o stężeniu ok. 8,0% charakteryzował się 0,310% roztwór cyklaminianu sodu oraz 0,066% roztwór sacharynianu sodu (tab. 1).

Te same stężenia aspartamu i acesulfamu K w roztworach wodnych (0,085%) odpowiadały słodyczy sacharozy w wodzie o różnych stężeniach, tj. odpowiednio ok. 8,5% (aspartam) i jedynie 7,7% (acesulfam K) – tab. 2.

Na rys. 1. i 2. przedstawiono krzywe regresji obrazujące zależność pomiędzy stężeniem sacharozy a stężeniem substancji słodzących, równoważnych sacharozie pod względem intensywności słodyczy. Obliczone równania regresji mogą być przydatne do szybkiego i prostego przeliczania ich wzajemnych ilości.

T a b e l a 1

Stężenia substancji słodzących: cyklamianu oraz sacharynianu sodu i odpowiadające im, pod względem intensywności słodczy, stężenia sacharozy.

Concentration levels of the sodium cyclamate and sodium saccharinate sweeteners, and the saccharose concentration levels corresponding to them in terms of sweetness intensity.

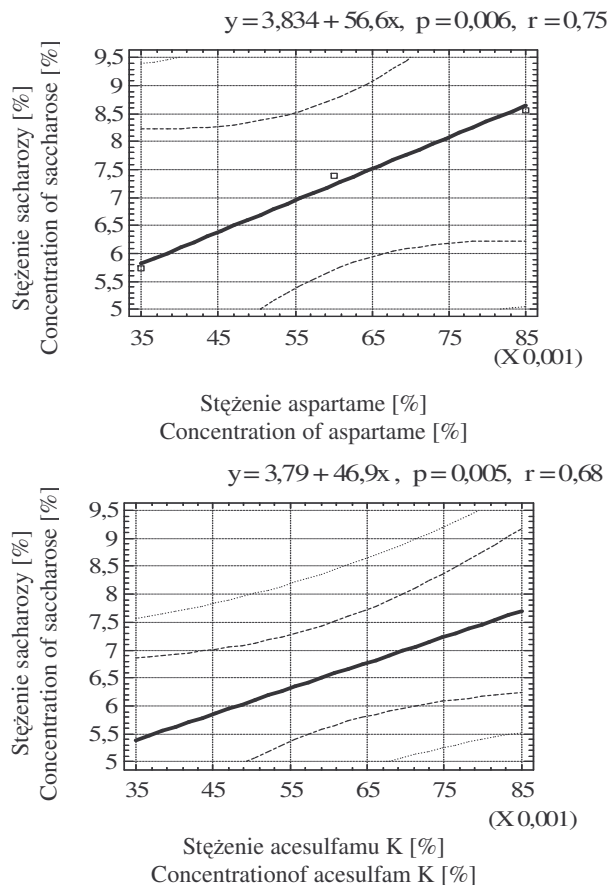
Parametry statystyczne Statistic parameters	Stężenia substancji słodzących w roztworach wodnych Concentration levels of sweeteners in water solutions [%]					
	Cyklamian sodu Sodium cyclamate			Sacharynian sodu Sodium saccharinate		
	0,230	0,310	0,380	0,040	0,053	0,066
	Stężenie sacharozy w roztworach wodnych Concentration level of saccharose in water solutions [%]					
Wartość średnia / Mean value	6,64	7,92	8,59	6,51	7,57	7,60
s / SD	1,25	1,32	0,97	1,17	1,56	1,64
Mediana / Median	6,50	8,00	9,00	6,00	8,00	7,75
Min.	5,00	5,00	5,50	5,00	5,00	5,00
Max.	6,50	8,00	9,00	9,50	9,50	9,50

Tabela 2

Stężenia substancji słodzących: aspartamu oraz acesulfamu K i odpowiadające im, pod względem intensywności słodczy, stężenia sacharozy.

Concentration levels of the sodium aspartame and acesulfam K sweeteners, and the saccharose concentration levels corresponding to them in terms of sweetness intensity.

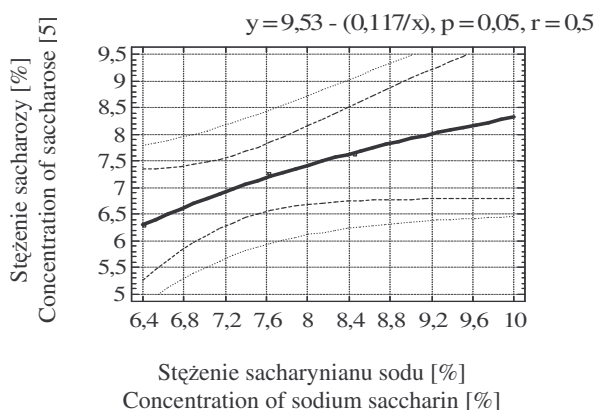
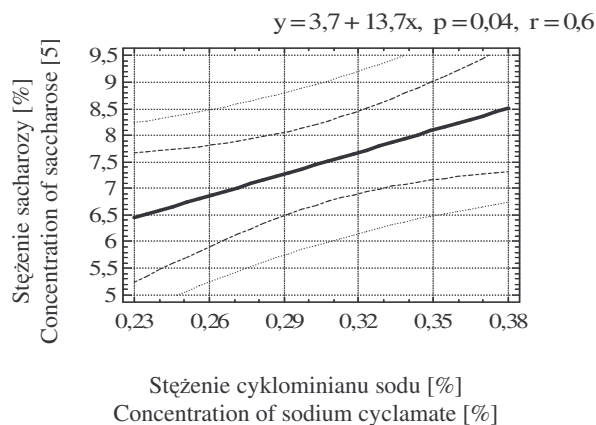
Parametry statystyczne Statistic parameters	Stężenia substancji słodzących w roztworach wodnych Concentration levels of sweeteners in water solutions [%]					
	Aspartam Aspartame			Acesulfam K Acesulfam K		
	0,035	0,060	0,085	0,035	0,060	0,085
	Stężenie sacharozy w roztworach wodnych Concentration level of saccharose in water solutions [%]					
Wartość średnia / Mean value	5,67	7,31	8,48	5,35	6,78	7,70
SD	0,94	1,14	0,92	0,49	1,30	1,16
Mediana / Median	5,50	7,50	8,50	5,00	6,50	7,50
Min	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00	6,00
Max	9,00	9,50	9,50	7,00	9,25	9,50



Rys. 1. Krzywe regresji przedstawiające zależności pomiędzy stężeniem sacharozy (y) i stężeniami: aspartamu (x) oraz acesulfamu K (x), równoważnymi pod względem słodyczy odczuwanej sensorycznie w wodnych roztworach tych związków.

Fig. 1. Regression curves representing dependences between the concentration level of saccharose (y) and the concentration levels of aspartame (x) and acesulfam K (x), equivalent in terms of sensory tasted sweetness in water solutions of these compounds.

W tab. 3. przedstawiono siłę słodzenia badanych substancji słodzących w porównaniu z sacharozą. Spośród czterech badanych substancji najwyższą słodyczą charakteryzował się sacharynian sodu (ok. 140 razy słodszy od sacharozy), a następnie aspartam (ok. 130 razy) i acesulfam K (ok. 118 razy). Cyklaminian sodu był ok. 25 razy słodszy od sacharozy, a w porównaniu z pozostałymi substancjami słodzącymi – od ok. 4,9 do 5,9 razy mniej słodki od nich.



Rys. 2. Krzywe regresji przedstawiające zależności pomiędzy stężeniem sacharozы (y) i stężeniami: cyklominianu sodu (x) oraz sacharynianu sodu (x), równoważnymi pod względem słodczy odczuwanej sensorycznie w wodnych roztworach tych związków.

Fig. 2. Regression curves representing dependences between the concentration level of saccharose (y) and the concentration levels of sodium cyclamate (x) and sodium saccharinate (x), equivalent in terms of sensory tasted sweetness in water solutions of these compounds.

Substancje słodzące mogą wykazywać różną siłę słodzenia w różnych stężeniach wodnych roztworów. Bogacz [3] podaje, że w porównaniu z sacharozą aspartam jest od niej słodszy od ok. 160 do 200 razy, tj. ok. 30 do 70 razy mniej niż wykazano w niniejszej pracy. Waszkiewicz-Robak i Świdorski [17] również podają wyższe wartości zarówno w przypadku aspartamu, jak i acesulfamu K.

W niniejszej pracy wykazano, że w zależności od porównywanych stężeń można uzyskać różne wartości siły słodzenia badanych słodzików, która maleje wraz ze wzrostem ich stężenia w roztworach. Aspartam przy stężeniu 0,035% był 162 razy

słodszy od sacharozy, przy stężeniu 0,060% – 121,8 razy, natomiast przy stężeniu 0,085% – tylko ok. 99,8 razy słodszy. Podobnie słodycz pozostałych słodzików malała wraz ze wzrostem stężenia porównywanych roztworów (tab. 3), co świadczy o niecelowości zwiększania dodatku substancji słodzących do produktów spożywczych, poza określone doświadczalnie poziomy.

Tabela 3

Siła słodzenia substancji intensywnie słodzących w porównaniu z sacharozą.
Sweetening power of intensely sweetening sweeteners compared to saccharose.

Substancja intensywnie słodząca Sweeteners	Stężenia wodnych roztworów substancji intensywnie słodzących [%] Concentration levels of water solutions of intensely sweetening sweeteners [%]	Siła słodzenia względem sacharozy, Sweetening Power compared to saccharose	$\bar{x}_{sr} \pm SD$
Aspartam Aspartame	0,035	162,0	127,9 ± 31,54
	0,060	121,8	
	0,085	99,8	
Acesulfam K Acesulfam K	0,035	152,8	118,8 ± 31,50
	0,060	113,0	
	0,085	90,6	
Sacharynian sodu Sodium saccharinate	0,040	162,8	140,3 ± 23,90
	0,053	142,8	
	0,066	115,2	
Cyklamian sodu Sodium cyclamate	0,23	28,9	25,7 ± 3,15
	0,31	25,5	
	0,38	22,6	

Dzięki wyliczonym w niniejszej pracy zależnościom matematycznym istnieje możliwość precyzyjnego szacowania zawartości sztucznych substancji słodzących na podstawie zawartości sacharozy i odwrotnie, co może być wykorzystane w praktyce technologicznej. Substancje słodzące stosowane są często w technologii niskokalorycznych produktów spożywczych, przeznaczonych m.in. w dietach redukujących masę ciała, jak również do produkcji past do zębów czy płynów do płukania ust [2]. Z wielu badań wynika, że substancje intensywnie słodzące wykorzystywane są najczęściej w diecie osób chorych na cukrzycę [5], stosujących tzw. słodziki stołowe [6].

Zastosowanie substancji intensywnie słodzących w technologii produktów spożywczych, podobnie jak wszystkich innych substancji dodatkowych, wymaga prowadzenia systematycznych badań monitorujących ich spożycie, w celu zachowania bezpieczeństwa zdrowotnego społeczeństwa [13, 16]. Dotychczas nie stwierdzono

nadmiernego spożycia tych substancji w diecie [1, 8, 15], co gwarantuje ciągle zainteresowanie producentów żywności ich stosowaniem w nowych asortymentach produktów spożywczych.

Wnioski

1. Siła słodząca substancji intensywnie słodzących: aspartamu, acesulfamu K, sacharynianu sodu i cyklamianu sodu, wyrażająca ile razy badana substancja jest słodsza od sacharozy, malała wraz ze wzrostem stężenia tych związków w roztworze, co świadczy o niecelowości zwiększania ich dodatku do produktów spożywczych, poza określone w pracy poziomy.
2. Przeprowadzone badania pozwalają określić najkorzystniejszą, niezbędną ilość substancji słodzących w celu uzyskania optymalnej słodyczy produktów, co umożliwia ich stosowanie zgodnie z zasadą *quantum satis* i dobrą praktyką produkcyjną.
3. Obliczone równania regresji mogą być przydatne do szacowania ilości substancji słodzących odpowiadających słodyczą sacharozie, co może być wykorzystane w praktyce technologicznej.

Literatura

- [1] Bar A, Biermann C.: Intake of intense sweeteners in Germany. Z Ernährungswiss., 1992, **31** (1), 25-39.
- [2] Benford D., Renwick A., Barlow S., Herman J.L., Walker R.: The acceptable daily intake, a tool for ensuring food safety. Concise Monograph series. ILSI Europe, Belgium 2000.
- [3] Bogacz A.: Intensywne substancje słodzące - szansa dla polskiego producenta i konsumenta. Przem. Ferm. Owoc. Warz., 2002, (6), 1040-41.
- [4] Corrigan V.K, Irving D.E, Potter J.F. : Sugars and sweetness in buttercup squash. Food Quality and Preference, 2000, (11), 313-322.
- [5] Garnier-Sagne I, Leblanc JC, Verger P.: Calculation of the intake of three intense sweeteners in young insulin-dependent diabetics. Food. Chem. Toxicol. 2001, **39** (7), 745-749.
- [6] Ilback NG, Alzin M, Jahrl S, Enghardt-Barbieri H, Busk L., 2003: Estimated intake of the artificial sweeteners acesulfame-K, aspartame, cyclamate and saccharin in a group of Swedish diabetics. Food Addit Contam., 2003, **20** (2), 99-114.
- [7] Krygier K. Jasiński J.: Polski rynek produktów bezcukrowych. Przem. Spoż., 2002, (5), 14-16.
- [8] Leclercq C, Berardi D, Sorbillo MR, Lambe J.: Intake of saccharin, aspartame, acesulfame K and cyclamate in Italian teenagers: present levels and projections. Food Addit Contam., 1999, **16** (3), 99-109.
- [9] Leszczyński W.: Zamienniki sacharozy. Przeg. Piek. Cuk., 2001, (6), 36-39.
- [10] Nahon D.F, Roozen J. P. and Cees de Graaf : Sweetness flavour interactions in soft drinks. Food Chemistry, 1996, (56), 283-289.
- [11] PN ISO 8589:1988. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne projektowania pracowni analizy sensorycznej.

- [12] PN ISO 8586-2:1996. Analiza sensoryczna. Ogólne wytyczne wyboru, szkolenia i monitorowania oceniających eksperci.
- [13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 kwietnia 2004 roku w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych i substancji pomagających w przetwarzaniu. Dz. U. 2004. Nr 94, poz.933.
- [14] Schiffman S.S, Sattely-Miller E.A, Graham B.G, Bennett J.L, Booth B.J, Desai N, Bishay I.: Effect of temperature, pH and ions on sweet taste. *Physiology & Behavior*, 2000, **(68)**, 469-481.
- [15] Toledo M.C., Ioshi S.H.: Potential intake of intense sweeteners in Brazil. *Food Addit. Contam.*, 1995, **12 (6)**, 799-808.
- [16] Waszkiewicz-Robak B.: Słodycz pod kontrolą. *Przegl. Gastr.*, 2002, **(1)**, 10-11.
- [17] Waszkiewicz-Robak B., Świdorski F.: Wybrane właściwości funkcjonalnych substancji intensywnie słodzących. *Przem. Spoż.*, 2000, **(4)**, 24-27, 35.

THE INTENSITY OF SWEETNESS OF SOME SELECTED SWEETENERS

S u m m a r y

The objective of this paper was to identify features of some selected sweeteners: aspartame, acesulfam K, sodium cyclamate, and saccharinate. There was assessed the intensity of sweetness of model water solutions, which varied in their concentration levels of intensely sweetening substances contained in them; these model solutions were compared with the standard solutions of saccharose. It was determined what solutions corresponded to the same sensory impressions in terms of the intensity of their sweetness. Furthermore, it was stated that the sweet taste intensity of intensely sweetening sweeteners decreased along with the increase in their concentration levels in a solution. At too high concentration levels of sweeteners in their water solutions, the intensity of feeling the sweet taste decreased, and, at the same time, there was found a lower precision of the assessments performed. The sweetness intensity of sweeteners investigated in their water solutions was easily recognizable and differentiated by the assessing team within a concentration range from 0.035 to 0.085% as for aspartam and acesulfam K, from 0.04 to 0.066% as for sodium saccharinate, and from 0.23 to 0.38% as for sodium cyclamate. There were determined dependences between the sweetness intensity of saccharose and the investigated sweeteners, equivalent in terms of their sweetness intensity, which could be useful for the purpose of quick and simple conversion of their amounts in the case of using them as substitutes of saccharose.

Key words: sweeteners, intensity of sweetness, aspartame, acesulfam K, sodium cyclamate, sodium saccharinate ☒