

Wojciech Kolanowski

## GLIKOZYDY STEWIOŁOWE – WŁAŚCIWOŚCI I ZASTOSOWANIE W ŻYWNOSCI

Katedra Technologii Gastronomicznej i Higieny Żywności  
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. *W. Przybylski*

Hasła kluczowe: glikozydy stewiolowe, substancje intensywnie słodzące, dodatki do żywności.

Key words: steviol glycosides, intensive sweeteners, food additives.

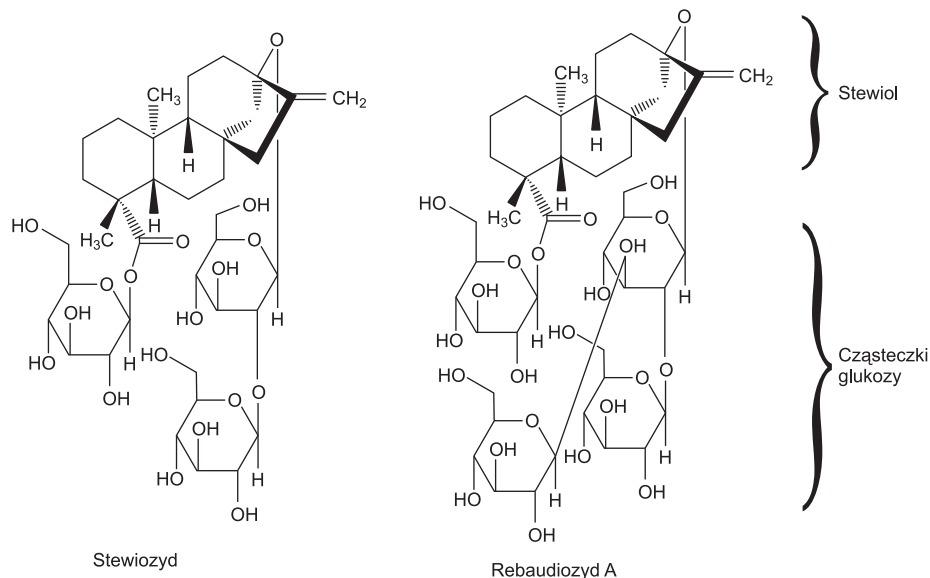
Podstawą zachowania zdrowia, dobrego samopoczucia i zgrabnej sylwetki jest przeciwdziałanie nadwadze i otyłości. Skuteczna dieta odchudzająca opiera się głównie na ograniczeniu spożycia węglowodanów prostych, zwłaszcza sacharozy oraz produktów i napojów słodzonych sacharozą – tzw. *low carb diet*. Nadmierne spożycie cukru jest najczęstszą przyczyną poważnych problemów zdrowotnych, jak otyłość i jej powikłania, cukrzyca, czy próchnica zębów. Z tego względu żywność o obniżonej wartości energetycznej zyskuje coraz większe znaczenie w zachowaniu dobrego stanu zdrowia.

Jeszcze do niedawna jedyną metodą eliminacji sacharozy z produktów spożywczych bez utraty słodkiego smaku było stosowanie dozwolonych sztucznych środków słodzących, jak aspartam, acesulfam K, czy cyklaminy. Ich wpływ na zdrowie jest jednak dość kontrowersyjny, co wzbudza niechęć wielu konsumentów. Glikozydy stewiolowe zostały w listopadzie 2011 r. dodane do listy substancji słodzących dozwolonych do stosowania w żywności (E960). Oznacza to, że mamy dostępną nową, bezkaloryczną substancję o silnym potencjale słodzącym pochodzenia naturalnego. Ma to doniosłe znaczenie dla producentów żywności niskoenergetycznej i zarazem daje nowy oręż w walce z nadwagą i otyłością. Jak dotąd jedynie taumatyna (E957) – substancja białkowa wyizolowana z afrykańskiego drzewa *Taumatococcus danieli*, była jedyną intensywnie słodzącą substancją pochodzenia naturalnego dopuszczoną do żywności. Jednak z uwagi na trudności uprawy obecnie do celów przemysłowych taumatyna pozyskiwana jest głównie z hodowli genetycznie zmodyfikowanych drobnoustrojów.

### Charakterystyka i budowa

Glikozydy stewiolowe to ogólna nazwa 9 różnorodnych pochodnych stewioli występujących w *Stevia rebaudiana*. W mieszaninie glikozydów obecnej w ekstrakcie z liści ok. 65% stanowi stewiozyd, a ok. 25% rebaudiozyd A, pozostałe to rebaudiozyd B, C, D, E, F, duclozyd A i C oraz stewiolbiozyd. Glikozydy stewiolowe zbudowane są ze stewioli połączonego wiązaniami glikozydowymi z glukozą,

ksylozą i ramnozą. Różnią się one także potencjałem słodzącym i profilem smakowym. Spośród nich, najbardziej pożądanym profilem smakowym posiada rebaudiozyd A (ryc. 1) (1, 2).



Ryc. 1. Strukturalna chemiczna glikozydów stewiolowych.

Fig. 1. Chemical structure of steviol glycosides .

Ekstrakt z liści rośliny *Stevia rebaudiana* zawierający mieszaninę glikozydów stewiolowych określany jest potoczną nazwą stewia. Glikozydy stewiolowe stanowią od 4 do maksymalnie 20% suchej masy liści. Wartości te zależą od regionu uprawy i warunków klimatycznych w tym nasłonecznienia, np. z upraw paragwajskich uzyskuje się średnio 9–13%, z chińskich 4–6%, a z indyjskich 7–10% glikozydów. Suszone i sproszkowane liście stewii są ok. 20–30 razy słodsze od sacharozy. W postaci czystej glikozydy stewiolowe są średnio ok. 300 razy słodsze od sacharozy. Stosowanie glikozydów stewiolowych w żywieniu pozwala na znaczne ograniczenie kaloryczności diety dzięki eliminacji części cukru przy zachowaniu słodkiego smaku żywności. Glikozydy stewiolowe są obiecującą, biodegradowalną, naturalną, bezkaloryczną substancją słodzącą, która może być stosowana jako zamiennik cukru albo substytut sztucznych środków słodzących (2, 3).

### Surowiec i sposób pozyskiwania

Surowcem do pozyskiwania glikozydów stewiolowych jest *Stevia rebaudiana* Bertoni – egzotyczna roślina z rodziny astrowatych pochodząca z Brazylii i Paragwaju. Na plantacjach rośnie w postaci krzewu o wysokości ok. 1 m. *Stevia rebaudiana* cechuje się niewielkimi wymaganiami glebowymi, jednak potrzebuje dużo wilgoci i stosunkowo ciepłego klimatu oraz znacznego nasłonecznienia, co sprzyja koncen-

tracji glikozydów stewiolowych w liściach. Roślina nie toleruje temp. poniżej 9°C, z tego względu w wielu rejonach Świata uprawiana jest jako roślina jednoroczna. Sadzonki dorastają w szklarniach, gdy osiągną wysokość 7–10 cm są przesadzane do gruntu. W pełni dojrzała *Stevia rebaudiana* osiąga wysokość do 1,20 m. Zbiór liści prowadzi się przed okresem kwitnienia. Zebrane liście są następnie suszone i przechowywane. Z 1 ha plantacji stewii pozyskuje się 1000–1200 kg suszonych liści, co odpowiada ok. 60–70 kg skoncentrowanych glikozydów stewiolowych. Obecnie stewia uprawiana jest w wielu krajach Ameryki Południowej, w krajach dalekiego Wschodu, zwłaszcza w Chinach, Japonii, Malesji i Indiach, a także w Europie (1, 3).

Liście *Stevia rebaudiana* zawierają największą ilość glikozydów stewiolowych. Z uwagi na słodki smak liście używane były od stuleci przez Indian Guarani do zucia lub słodzenia naparów ziołowych. Roślina została botanicznie sklasyfikowana i opisana w 1899 r. przez *Moisés Santiago Bertoni* (4). Wprowadzenie na rynek stewii jako intensywnej substancji słodzącej nastąpiło w r. 1970 w Japonii, gdzie wdrożono zintegrowany system produkcji obejmujący uprawę, ekstrakcję i oczyszczanie glikozydów stewiolowych (2).

Słodkie glikozydy stewiolowe pozyskuje się przez ekstrakcję z surowca roślinnego. Ekstrakcja polega na wymywaniu z suchych, rozdrobnionych liści *Stevia rebaudiana* substancji rozpuszczalnych gorącą wodą lub rozpuszczalnikiem organicznym, np. alkoholem. Wymywaniu sprzyja uprzednia hydroliza enzymatyczna struktur tworzących ściany komórkowe w strukturze liści, tj. celulozy, pektyn i hemicelulozy (4).

Otrzymany ekstrakt poddawany jest różnym etapom oczyszczania do uzyskania wysokiej czystości koncentratu. Oczyszczanie polega na wytrącaniu niepożądanych substancji, będących pozostałościami cząstek liści, przez dodatek soli nieorganicznych, zmiany pH, wychwytywanie na adsorbentach polimerowych i in. Osad oddziela się przez filtrację, a roztwór suszy rozpyłowo. Otrzymany proszek zawiera średnio 65% stewiozydu i 25,5% rebaudiozydu A. Izolacja czystego stewiozydu i rebaudiozydu A z otrzymanego ekstraktu polega na kilkakrotnym wymywaniu alkoholem i ultrafiltrację membranową, czy też stosowanie chromatografii jonowymiennej, a następnie suszenie i krystalizacja. Ostateczne oczyszczanie osiąga się przy zastosowaniu techniki separacyjnej opartej na wysokosprawnej chromatografii cieczowej. W ten sposób można otrzymać koncentrat poszczególnych glikozydów o czystości do 99% (5, 6, 7).

### **Właściwości technologiczne**

Glikozydy stewiolowe w roztworach wodnych są bardzo odporne na światło słoneczne, ogrzewanie do 200°C w szerokim spektrum pH 2–9, co sprawia, że mogą być stosowane do napojów i żywności poddanej obróbce w wysokiej temperaturze, jak pasteryzacji, sterylizacji, gotowaniu, czy pieczeniu. Co więcej, roztwory glikozydów stewiolowych nie ulegają fermentacji i są bardziej stabilne termicznie od roztworów aspartamu i acesulfamu K (4). Również w przypadku kawy i herbaty słodzonej glikozydami stewiolowymi wykazano pełną stabilność glikozydów w temp. 80°C przez 4 h (8, 9, 10).

W czasie przechowywania w temperaturze pokojowej glikozydy stewiolowe wykazują dużą stabilność w roztworach wodnych. Jednak podczas długotrwałego prze-

chowywania w podwyższonej temperaturze produktów silnie kwaśnych w środowisku wodnym glikozydy stewiolowe mogą ulegać stopniowej hydrolizie do stewiolu. Dotyczy to zwłaszcza kwaśnych napojów gazowanych i soków owocowych (1, 10, 11). Niektórzy autorzy wskazują jednak, że mimo cząstkowego rozpadu glikozydów stewiolowych nie dochodzi do obniżenia słodczy produktu gdyż powstały stewiol ma silne właściwości słodzące. Przechowywanie w temperaturze pokojowej nie stwarza problemów ze stabilnością (3, 12).

### Cechy sensoryczne

Glikozydy stewiolowe nieco różnią się między sobą nie tylko pod względem budowy strukturalnej ale i cech sensorycznych. Stewiozyd oprócz właściwości słodzących (200–300 razy słodszy od sacharozy) cechuje się również nieco gorzkim i lukrecjowym posmakiem, który jest słabszy w przypadku rebaudiozydu A (300–400 razy słodszy od sacharozy) (1). Gorzki posmak stewiozydu jest mniej wyczuwalny w mieszaninie z rebaudiozydem A w równej proporcji. Rebaudiozyd A posiada ogólnie bardziej pożądaną profil sensoryczny, większą siłę słodzącą, niższy poziom niepożądanych posmaków oraz jest znacznie bardziej stabilny termicznie, cechuje się też nieco lepszą rozpuszczalnością w wodzie niż stewiozyd stąd też ma najczęstsze zastosowanie (13, 14, 15).

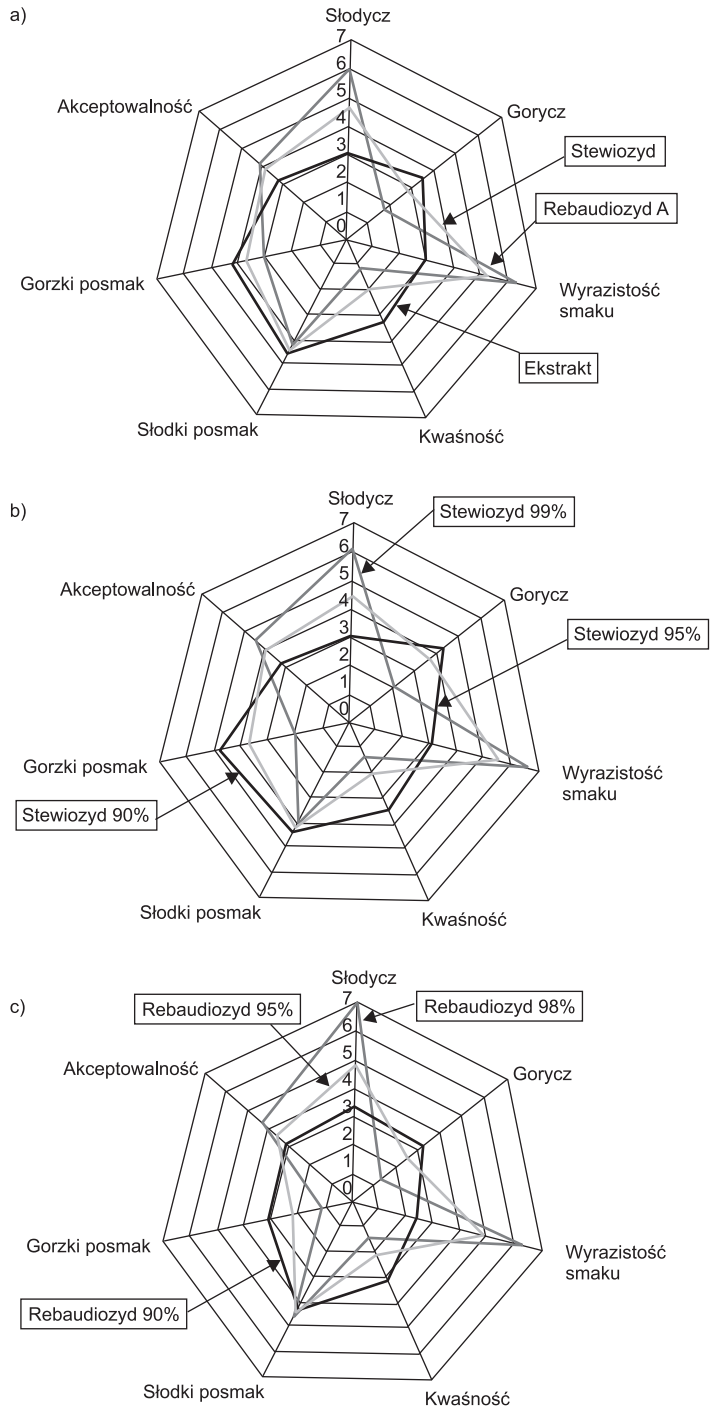
Z uwagi na możliwość występowania niepożądanych posmaków w praktyce stosuje się najmniejsze możliwe poziomy dodatku glikozydów stewiolowych. Posmaki te są zdecydowanie mniej wyczuwalne przy umiarkowanym dodatku w porównaniu z dużym dodatkiem glikozydów stewiolowych do produktów spożywczych. Uważa się, że niepożądane posmaki w znacznej mierze związane są z pozostałością nie do końca oczyszczonych zanieczyszczeń w czasie ekstrakcji i oczyszczania. *Abeyan* i współpr. wykazali, że im wyższy stopień czystości stewiozydu lub rebaudiozydu A tym niższe natężenie posmaku gorzkiego. Zazwyczaj dostępne są mieszaniny glikozydów stewiolowych, jednak najkorzystniejszy profil smakowy mają preparaty wysokooczyszczonego rebaudiozydu A (99%). Niższy stopień czystości skutkuje większym udziałem posmaku gorzkiego (ryc. 2 a) (5).

Sensoryczna ocena profilu smakowego roztworów glikozydów stewiolowych wskazuje, że rebaudiozyd A posiada najwyższą intensywność smaku i posmaku słodkiego w porównaniu do stewiozydu i mieszaniny glikozydów stewiolowych stanowiącej ekstrakt z liści *Stevia rebaudiana*. Rebaudiozyd A cechuje się także najniższą intensywnością smaku i posmaku gorzkiego oraz smaku kwaśnego, które są najwyższe w przypadku ekstraktu glikozydów stewiolowych. W ocenie stopnia akceptacji (akceptowalności) oraz wyrazistości smaku także najlepiej oceniany jest rebaudiozyd A, następnie stewiozyd i ekstrakt glikozydów stewiolowych (5).

Ocena profilu sensorycznego w zależności od stopnia czystości glikozydów stewiolowych wskazuje stałą zależność, że im wyższy stopień czystości tym lepsze wyniki oceny. Oceniano roztwory oczyszczonego stewiozydu i rebaudiozydu 90, 95 i 99%. Intensywność smaku i posmaku gorzkiego oraz smaku kwaśnego zdecydowanie spadają, a intensywność smaku i posmaku słodkiego, akceptowalność i wyrazistość smaku rosną wraz ze stopniem oczyszczenia stewiozydu, jak i rebaudiozydu A (ryc. 2 b i c) (5).

Ryc. 2. Profilowa ocena sensoryczna rozwiązań a) ekstraktu glikozydów stewiolowych, czystego stewiozydu i rebaudiozydu A; b) stewiozydu o różnym stopniu czystości; c) rebaudiozydu A o różnym stopniu czystości (5).

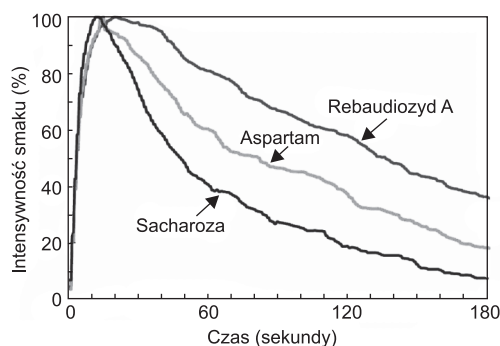
Fig. 2. Sensory profiling evaluation of solutions a) steviol glycosides extract, pure stevioside and pure rebaudioside A; b) stevioside with different grade of purity; c) rebaudioside A with different grade of purity (5).



Istotną cechą glikozydów stewiolowych jest wyraźne odczuwanie posmaku słodkiego, czyli utrzymywanie się w ustach smaku słodkiego przez dość długi czas od spożycia, znacznie dłużej i o znacznie większej intensywności niż w przypadku sacharozy, czy nawet aspartamu (ryc. 3) (13, 16). Porównując czas i intensywność odczuwania posmaku słodkiego roztworów cukru, aspartamu i rebaudiozydu A o stężeniach dających ten sam poziom słodyczy stwierdzono, że najbardziej intensywny posmak słodki odczuwany jest w przypadku zastosowania rebaudiozydu A. Ta cecha sprawia, że glikozydy stewiolowe bardzo dobrze sprawdzają się, np. jako dodatek słodzący w bezkalorycznych gumach do żucia, pastylkach odświeżających oddech, czy paście do zębów i wszędzie tam, gdzie ważne jest jak najdłuższe odczuwanie przyjemnego smaku w ustach (3).

Ryc. 3. Ocena sensoryczna intensywności czasu odczuwania posmaku słodkiego roztworów wodnych rebaudiozydu A (529 mg/dm<sup>3</sup>), aspartamu (531 mg/dm<sup>3</sup>) i sacharozy (8%) o tej samej intensywności smaku słodkiego (16).

Fig. 3. Sensory evaluation of time-intensity aftertaste for solutions of rebaudioside A at 529 mg/L, aspartame at 531 mg/L and sucrose at 8% in water at room temperature (16).



Projektując optymalny dodatek glikozydów stewiolowych do produktu spożywczego uwzględnia się także dodatek innych substancji słodzących, w tym sacharozy, polioli, sztucznych substancji słodzących i innych, które w odpowiedniej z nimi proporcji pozwalają na otrzymanie najlepszego profilu smakowego słodzika i „słodzonego” produktu. W mieszaniu z innymi substancjami słodzącymi dodatkowo zmniejsza się wyczuwalność niepożądanych posmaków (12, 16).

Z badań technologicznych nad wdrażaniem nowych produktów wynika, że pożądaný profil smakowy uzyskuje się w przypadku aromatyzowanych napojów o smaku owocowym stosując np. 3% dodatek cukru i 0,04% glikozydów stewiolowych. W przypadku napojów gazowanych typu cola bez cukru: 0,03% dodatek glikozydów stewiolowych. W przypadku lodów: 4,5% sorbitolu i 0,05% glikozydów stewiolowych. W przypadku jogurtu owocowego: 0,04% glikozydów stewiolowych (5).

### Zastosowanie w żywności

Wszelkie intensywne substancje słodzące stosowane są najczęściej do bezalkoholowych napojów aromatyzowanych. Glikozydy stewiolowe mogą być z powodzeniem stosowane w znacznie liczniejszym asortymencie żywności. Przetwory mleczne, zwłaszcza jogurty, lody i desery mleczne, słodczyce bezcukrowe, dżemy, snaki, piwo i inne mogą być „słodzone” stewią. Jako słodzik, stewia używana jest w różnej postaci: świeżych lub suszonych liści, ekstraktów, koncentratów. Stosowana jest jako dodatek słodzący do żywności i napojów lub do produkcji słodzików

stołowych w formie proszku i tabletek oraz płynu: soku z liści, lub roztworu skoncentrowanego ekstraktu glikozydów stewiolowych (2, 12).

Glikozydy stewiolowe są z sukcesem stosowane w wielu krajach. W 2008 r. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) na podstawie dostępnych wyników badań ustalił, że glikozydy stewiolowe pozyskiwane ze *Stevia rebaudiana* są bezpieczne dla zdrowia. W tym też roku zostały one dopuszczone do stosowania w USA. W 2010 r. Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) ocenił bezpieczeństwo glikozydów stewiolowych uzyskiwanych z liści *Stevia rebaudiana* jako substancji słodzącej. Po przeanalizowaniu wszystkich danych dotyczących stabilności, produktów rozkładu, metabolizmu i toksykologii EFSA ustalił dopuszczalne dzienne spożycie (ADI) glikozydów stewiolowych na poziomie 4 mg/kg masy ciała dziennie. Wartość ta wyrażona została w przeliczeniu na ekwiwalenty stewiolu (7, 17). W Unii Europejskiej stevia została dopuszczona do stosowania w żywności w listopadzie 2011 r. Glikozydy stewiolowe oznaczane są na liście dodatków do żywności symbolem E960 (15).

Ekwiwalent stewiolu określa zawartość stewiolu w glikozydach stewiolowych. Jednostkę tę wyznacza się w oparciu o współczynniki konwersji glikozydów stewiolowych do stewiolu, jaka zachodzi w przewodzie pokarmowym człowieka. Współczynniki te wynoszą średnio 0,33 (dla rebaudiozydu A) i 0,4 (dla stewiozydu). Aby przeliczyć ilość glikozydów stewiolowych na ekwiwalenty stewiolu należy ich ilość przemnożyć przez współczynnik konwersji (1). Zawartość glikozydów stewiolowych w żywności lub poziom ich dodatku do żywności wyraża się także jako ekwiwalenty stewiolu.

Uwzględniając potrzebę wprowadzenia do obrotu nowych produktów o obniżonej wartości energetycznej Komisja Europejska zezwoliła na stosowanie glikozydów stewiolowych, jako substancji słodzącej określając jednocześnie odpowiednie maksymalne poziomy ich dodatku do żywności. Biorąc pod uwagę, że ilość glikozydów stewiolowych spożywanych z napojami bezalkoholowymi może być znaczna, ustalono niższy poziom ich stosowania w napojach aromatyzowanych w porównaniu z poziomem proponowanym wstępnie przez EFSA (70 vs 200 mg/dm<sup>3</sup>) (7, 17).

W rozporządzeniu Komisji Europejskiej nr 1131/2011 z dnia 11 listopada 2011 r. podano maksymalne dopuszczone poziomy stosowania glikozydów stewiolowych w żywności wyrażone, jako ekwiwalenty stewiolu w mg/kg produktu (tab. I).

Tabela I. Dopuszczalne poziomy dodatku glikozydów stewiolowych do żywności wyrażone jako ekwiwalenty stewiolu (17)

Table I. Maximum level of steviol glycosides, expressed as steviol equivalent authorised for use in foods (17)

Nazwa	Maksymalny poziom, mg/kg
Fermentowane przetwory mleczne z dodatkami smakowymi	100
Lody spożywcze	200
Warzywa i owoce w occie, oleju lub solance	100
Przetwory owocowe i warzywne	200
Kakao i produkty czekoladowe	270

Tabela I. (cd.)

Table I. (cont.)

Nazwa	Maksymalny poziom, mg/kg
Produkty do smarowania pieczywa na bazie kakao, mleka, suszonych owoców lub tłuszczów, o obniżonej wartości energetycznej lub bez dodatku cukru	330
Pastyłki i drażetki odświeżające oddech, bez dodatku cukru	2000
Guma do żucia	3300
Wyroby cukiernicze bez dodatku cukru	350
Płatki śniadaniowe, pieczywo cukiernicze i wyroby ciastkarskie	330
Słodko-kwaśne konserwy rybne, marynaty rybne, skorupiaki i mięczaki	200
Słodziki stołowe	quantum satis
Dietetyczne środki spożywcze stosowane w diecie odchudzającej	270
Zupy i buliony	40
Sosy	120
Nektary owocowe	100
Napoje aromatyzowane	80
Piwo	70
Inne napoje alkoholowe, w tym mieszanki napojów alkoholowych z bezalkoholowymi i napoje alkoholowe o zawartości alkoholu poniżej 15 %	150
Przekąski na bazie ziemniaków, zbóż, mąki lub skrobi oraz przetworzone orzechy	20
Suplementy żywnościowe w postaci stałej, w tym w postaci kapsułek i tabletek, oraz w podobnych postaciach	670
Suplementy żywnościowe w postaci płynnej	200
Suplementy żywnościowe w postaci syropu lub do żucia	1800

## Metabolizm i wydalanie

W przewodzie pokarmowym glikozydy stewiolowe nie są trawione, lecz ulegają rozkładowi do stewiolu przy udziale bakterii rezydujących w jelicie grubym (9). Ponieważ glikozydy stewiolowe rozkładane są dopiero na poziomie jelita grubego, uwolniona z nich glukoza nie wchłania się i zostaje zużyta przez bakterie jelitowe. Dlatego stewia nie wnosi energii do organizmu człowieka i należy ją traktować jako bezkaloryczną substancję słodzącą (2, 18).

Niewielka część stewiolu jest wchłaniana i w wątrobie przekształcana w formę glukuronidu, który szybko wydalany jest z moczem, reszta wydalana jest z kałem (19, 20, 21). W badaniach nad ewentualną toksycznością, czy rakotwórczością stewiolu stwierdzono ostatecznie, że glikozydy stewiolowe nie wywołują żadnych efektów niepożądanych. Dlatego obecnie uważa się, że stosowanie stewii jako dodatku do żywności jest całkowicie bezpieczne (7, 22).



## Właściwości lecznicze

Badania kliniczne wskazują, że glikozydy stewiolowe oprócz właściwości słodzących mogą mieć także właściwości lecznicze. Dotyczy to zwłaszcza nadciśnienia i cukrzycy typu 2 (7, 15). W badaniach wykazano, że spożycie glikozydów stewiolowych nie powoduje zmian ciśnienia tętniczego krwi u osób z ciśnieniem prawidłowym, natomiast wpływa na łagodne jego obniżenie u osób z nadciśnieniem. Efekt obniżający ciśnienie związany jest prawdopodobnie z wpływem na rozluźnienie skurczu mięśniówki naczyń krwionośnych (23, 24, 25).

Wykazano także, że spożycie glikozydów stewiolowych nie podnosi poziomu glukozy w surowicy krwi. Co więcej wpływają one na jego obniżenie. Działanie to, prawdopodobnie wynika ze zwiększania wrażliwości organizmu na insulinę, a także wspomaganie jej wydzielania przez trzustkę, które w cukrzycy jest upośledzone i powoduje nadmierne wahania poziomu glukozy we krwi (15, 26, 27). Zarówno w badaniach nad nadciśnieniem, jak i cukrzycą, jako dawkę terapeutyczną stosowano 1000 mg glikozydów stewiolowych na dobę.

Ważny zdrowotnie jest pomocniczy wpływ stewii w przeciwdziałaniu otyłości i próchnicy zębów. W przypadku otyłości możliwe jest znaczne obniżenie energetyczności diety poprzez zamianę wysokokalorycznego cukru na bezkaloryczną stewię. Redukcja podaży energii poniżej zapotrzebowania powoduje wykorzystanie przez organizm zapasów energetycznych z tkanki tłuszczowej i w efekcie spadek masy ciała (24). Glikozydy stewiolowe nie stanowią pożywki dla bakterii powodujących próchnicę zębów – *Streptococcus mutans*. Cukier i inne węglowodany proste powodują namnażanie się tych bakterii w płytce nazębnej, które rozkładając cukry produkują kwas uszkadzający szkliwo. Stewia ma dodatkowo działanie przeciwbakteryjne dlatego zastąpienie cukru przez stewię znacznie ogranicza ryzyko próchnicy. Z uwagi na takie działanie stewia bywa także składnikiem pasty do zębów (20, 27).

Niektórzy autorzy wskazują również na inne prozdrowotne właściwości stewii w tym działanie przeciwbiegunkowe, antynowotworowe, diuretyczne, czy wspomagające odporność. Stewia nie zawiera fenyloalaniny, może więc być stosowana przez chorych na fenyloketonurię (24, 26, 28). Posiada też właściwości antyoksydacyjne i przeciwbakteryjne w stosunku do szerokiej gamy patogenów obecnych w żywności, np. *Bacillus cereus*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa* (29, 30).

## PODSUMOWANIE

Glikozydy stewiolowe są bezkaloryczną, intensywną substancją słodzącą pochodzenia naturalnego. Potencjalnie mają szerokie zastosowanie w zastępowaniu znacznej części cukru w produkcji różnorodnego asortymentu innowacyjnych napojów i żywności o obniżonej kaloryczności. Glikozydy stewiolowe są dość stabilne w procesach przetwórczych, co nie stwarza poważnych problemów ze spadkiem intensywności słodzących w czasie przechowywania w warunkach normalnych, posiadają także właściwości zdrowotne.

W. Kolanowski

## STEVIOL GLYCOSIDES – PROPERTIES AND USE IN FOODS

## PIŚMIENNICTWO

1. Carakostas M.C., Curry L.L., Boileau A.C., Brusick D.J.: Overview: The history, technical function and safety of rebaudioside A, a naturally occurring steviol glycoside, for use in food and beverages. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 46: S1-S10. – 2. Ashok K.Y., Singh S., Dhyani D., Ahuja P.S.: A review on the improvement of stevia [*Stevia rebaudiana* (Bertoni)]. *Can. J. Plant Sci.*, 2011; 91: 1-27. – 3. Lemus-Mondaca R., Vega-Gálvez A., Zura-Bravo L., Kong A.: *Stevia rebaudiana* Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chem.*, 2011; 132: 1121-1132. – 4. Puri M., Sharma D., Barrow C.J., Tiwary A.K.: Optimisation of novel method for the extraction of steviosides from *Stevia rebaudiana* leaves. *Food Chem.*, 2012; 132: 1113-1120. – 5. Abelyan V., Markosyan A., Abelyan L.: Process for manufacturing a sweetener and use thereof. USA Patent 8293307 B2, 2012. – 6. Chatsudhipong V., Muanprasat C.: Stevioside and related compounds: Therapeutic benefits beyond sweetness. *Pharmacol. Therap.*, 2009; 121: 41-54. – 7. European Food Safety Authority (EFSA): Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. *EFSA J.*, 2010, 8(4): 1537. – 8. Kroyer G.: The low calorie sweetener Stevioside: stability and interaction with food ingredients. *Lebens. Wiss. Technol.*, 1999; 32: 509-512. – 9. Kroyer G.: Stevioside and Stevia-sweetener in food: application, stability and interaction with food ingredients. *J. Verbr. Lebensm.*, 2010; 5(2):225-229. – 10. Wölwer-Rieck U., Tomberg W., Wawrzun A.: Investigations on the stability of Stevioside and Rebaudioside A in soft drinks. *J. Agric. Food Chem.*, 2010; 58: 12216-12220.
11. Catharino R.R., Santos L.S.: On-line monitoring of stevioside sweetener hydrolysis to steviol in acidic aqueous solutions. *Food Chem.*, 2012; 133: 1632-1635. – 12. Bagley L., Fry J.: Stevia – a non caloric sweetener of natural origin. IFST information statement. December 2012. [on line] Dostęp w Internecie: <http://www.ifst.org/document.aspx?id=2343>. – 13. Cardello H., Da Silva M., Damasio M.: Measurement of the relative sweetness of steviaextract, aspartame and cyclamate/saccharin blend as compared to sucrose at different concentrations. *Plant Foods Human Nutr.*, 1999; 54: 199-130. – 14. Fry J.C., Yurtt N., Biermann K.L.: The sweetness concentration-response behavior of rebiana at room and refrigerator temperatures. *J. Food Sci.*, 2011; 6(9): S545-S548. – 15. Prakash I., Clos J.F., Prakash Chaturvedula V.S.: Stability of rebaudioside A under acidic conditions and its degradation products. *Food Res. Int.*, 2012; 48: 65-75. – 16. Prakash I., Dubois G.E., Clos J.F., Wilkens K.L., Fosdick L.E.: Development of rebiana, a natural, non-caloric sweetener. *Food Chem. Toxicol.*, 2008, 46: S75-S82. – 17. Rozporządzenie Komisji Europejskiej (KE) 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 Urzęd. UE* 12.11.2011, L295: 205-211. – 18. Koyama E., Kitazawa K., Ohori Y., Izawa O., Kakegawa K., Fujino A., Ui M.: In vitro metabolism of the glycosidic sweeteners, stevia mixture and enzymatically modified stevia in human intestinal mikroflora. *Food Chem. Toxicol.*, 2003; 41: 359-374. – 19. Brusick D.J.: A critical review of the genetic toxicity of steviol and steviol glycosides. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 46: S83-S91. – 20. Roberts, A., Renwick, A.G.: Comparative toxicokinetics and metabolism of rebaudioside A, stevioside, and steviol in rats. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 46: S31-S39.
21. Urban J.D., Carakostas M.C., Brusick D.J.: Steviol glycoside safety: Is the genotoxicity database sufficient? *Food Chem. Toxicol.*, 2013; 51: 386-390. – 22. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA): Steviol glycosides. In: 63rd Meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. WHO Technical Report Series, Geneva, 2005; 928: 34-39. – 23. Chan P., Tomlinson B., Yi-Jen C., Ju-Chi L., Ming-Hsiung H., Juei-Tang C.: A double-blind placebo-controlled study of the effectiveness and tolerability of oral stevioside in human hypertension. *Br. J. Clin. Pharmacol.* 2000, 50: 215-220. – 24. Maki K.C., Curry L.L., Carakostas M., Tarka S., Reeves M.S., Farmer M.V.: The hemodynamic effects of rebaudioside A in healthy adults with normal and lownormal blood pressure. *Food Chem. Toxicol.*, 2008; 47: S40-S46. – 25. Ming-Hsiung H., Chan P., Yuh-Mou S., Ju-Chi L., ToongHua L., Tsuei-Yuen H., Tomlinson B.: Efficacy and tolerability of oral stevioside in patients with mild essential hypertension: a two-year, randomized, placebo-controlled study. *Clin. Therap.*, 2003; 25(11): 2797- 2808. – 26. Brahmachari G., Mandal, L.C., Roy R., Mondal S., Brahmachari A.K.: Stevioside and related compounds

molecules of pharmaceutical promise: A critical review. *Arch. Pharm. Chem. Life Sci.*, 2011; 1: 5-19. – 27. *Gregersen S., Jeppesen P.B., Holst J.J., Hermansen K.*: Antihyperglycemic effects of stevioside in type 2 diabetic subjects. *Metabol.*, 2004; 53(1): 73-76. – 28. *Takasaki M., Konoshima T., Kozuka M., Tokuda H., Takayasu J., Nishino H., Miyakoshi M., Mizutani K.*: Cancer preventive agents. Part 8: Chemopreventive effects of stevioside and related compounds. *Bioorg. Med. Chem.*, 2009; 17: 600-605. – 29. *Puri M., Sharma D.*: Antibacterial activity of stevioside towards food-borne pathogenic bacteria. *Eng. Life Sci.*, 2011; 11(3): 326-329. – 30. *Shivanna N., Naika M., Khanum F., Kaul V.K.*: Antioxidant, anti-diabetic and renal protective properties of *Stevia rebaudiana*. *J. Diabetes Complications*, 2013; 27(2):103-113.

Adres: 02-787 Warszawa, ul. Nowoursynowska 166.