

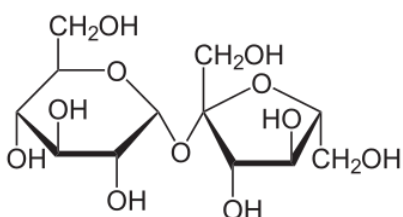
## „Gdy widze słodyce, to kwice,

*„a ocy mi świecą jak znice...”* tak zaczyna się refren piosenki *Słodycze* grupy muzycznej Golec uOrkiestra. Lubimy słodkie niespodzianki od kołyski aż do grobowej deski. Gdy umierał jeden ze współczesnych japońskich mistrzów zen, jego uczeń ofiarował mu ulubione ciastko. Ten je przyjął i zaczął powoli jeść. Pozostali uczniowie spytali, czy nie chciałby im czegoś ważnego powiedzieć. „Chciałbym” – odparł mistrz. Uczniowie odrzekli: „Słuchamy, Mistrzu!” „Jakie to ciastko jest wspaniałe!” – odpowiedział mistrz i zmarł. Można się doszukiwać w tym zdarzeniu głębszych treści filozoficznych, ale być może mistrzowi chodziło tylko o to, co odczuwał w danym momencie – o smak słodkiego ciastka, ostatnie wrażenie z ziemskiej wędrówki. Co sprawiło mu tę radość? Z całą pewnością nie wiedział, że był to

### **(2R,3R,4S,5S,6R)-[(2S,3S,4S,5R)-3,4-dihydroksy-2,5-(hydroksymetylo)oksolan-2-ylo]oksy-6-(hydroksymetylo)oksan-3,4,5-triol...**

Nazwa trochę skomplikowana, podobnie jak wzór (Rys.1). W skrócie to po prostu **sacharoza** lub cukier buraczany, lub cukier trzcinowy – dwie ostatnie nazwy wskazują, z czego pozyskano substancję (Fot.1). Początków tryumfalnego podboju świata przez cukier należy szukać w Indiach, gdzie nauczono się zamieniać sok z trzciny cukrowej w białe kryształki. Później cukier zawędrował do Persji, a następnie uprawa trzciny cukrowej rozpowszechniła się wraz z podbojami arabskimi w niektórych rejonach Morza Śródziemnego, a z upływem czasu dotarła do Nowego Świata.

W 1747 roku niemiecki chemik **Andreas Marggraf** wyizolował z białych buraków (wtedy była to pasza dla bydła) słodką substancję i stwierdził, że jest ona identyczna z cukrem otrzymywanym z trzciny cukrowej. W 1801 roku w Konarach na Śląsku uruchomiono pierwszą cukrownię. Intensywny rozwój przemysłu cukrowniczego opartego na burakach cukrowych nastąpił podczas wojen napoleońskich we Francji, pozbawionej dostaw cukru trzcinowego na skutek blokady francuskich portów przez Anglików. Obecnie światowa produkcja sacharozy sięga 250 mln ton i praktycznie każdego stać na kupno cukru(Fot.1).



Rys.1. Struktura sacharozy



Fot. 1. Cukier buraczany i trzcinowy

Polski pisarz **Melchior Wańkowicz** ukuł reklamowy slogan „cukier krzepi”. Hasło to zrobiło niesłychaną furorę w okresie międzywojennym. Handlowcom wyszło to na dobre... a czy klientom – to już inna sprawa.

## Nie tylko cukier krzepi

Dawno, dawno temu zamiast nieznanego wówczas cukru używano soków z roślin i miodu. Ten ostatni był symbolem nie tylko słodyczy, lecz także dobrobytu, co znalazło już odzwierciedlenie w Starym Testamencie, kiedy Bóg składa obietnicę Mojżeszowi: „Zstąpiłem, aby go wyrwać z ręki Egiptu i wyprowadzić z tej ziemi do ziemi żyznej i przestronnej, do ziemi, która opływa w mleko i miód.”. Głównymi słodkimi składnikami miodu są proste węglowodany **glukoza** i **fruktoza**.

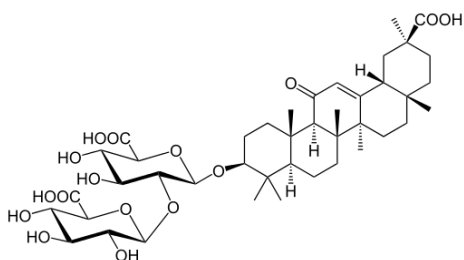
W procesie hydrolizy skrobi ziemniaczanej lub kukurydzianej otrzymuje się **syropy skrobiowe**. Zawierają one w różnych proporcjach glukozę, fruktozę lub maltozę. Syropy z dużą zawartością fruktozy nie są korzystne dla naszego zdrowia, powodują m.in. otyłość czy zaburzenia gospodarki węglowodanowej organizmu. Podczas redukcji cukrów prostych otrzymuje się **alkohole sacharydowe**. Do najpopularniejszych zaliczamy **sorbitol E 420**, **mannitol E 421** i **ksylitol E 967**. Ten ostatni związek wykazuje działanie przeciwpróchnicze i używa się go w produkcji gum do żucia. Alkoholi cukrowych można używać do słodzenia produktów spożywczych dla osób chorych na cukrzycę.

### „Syn mój jest za głupi, aby zostać kupcem. Niech więc studiuje”.

Tak ciepło o swoim synu, Emilu, wyraził się niemiecki kupiec Laurenz Fischer. I była to bardzo dobra decyzja, gdyż dzięki niej młody **Hermann Emil Fischer** (1852–1919) zaczął studiować chemię pod okiem ówczesnych luminarzy nauki m.in. Augusta Kekulego (tego od tańczących diabłów i benzenu). Fischer stał się szybko znakomitym chemikiem organikiem i postanowił że zsyntetyzuje to, co je na śniadanie. Był bardzo konsekwentny w swoim postanowieniu. Sporą część kariery poświęcił na badania nad węglowodanami. Ustalił m.in. konfigurację wszystkich znanych wtedy cukrów. Udało mu się również zsyntetyzować glukozę, mannozę i fruktozę z gliceryny. Za badania nad cukrami i purynami (alkaloidy purynowe występują m.in. w kawie, kakao i herbacie – vide: śniadanie Emila) dostał Nagrodę Nobla w 1902 roku. Fischer interesował się również białkami i aminokwasami (też śniadanie Emila). Być może osiągnąłby więcej w dziedzinie chemii, jednakże depresja spowodowana utratą dwóch synów podczas I wojny światowej doprowadziła Fischera do samobójstwa.

### Słodki jak lukrecja

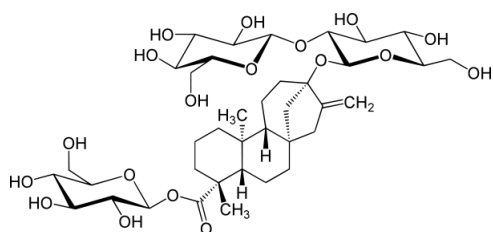
Nie mylić z **Lukrecją Borgią** (1480–1519), córką kardynała Rodrigo Borgii (późniejszego papieża Aleksandra VI), rzekomo największą rzymską kurtyzanką i trucicielką. W świetle najnowszych badań okazało się jednak, że były to pomówienia oparte na plotkach jej ziomków. Nie wiemy, czy piękna Lukrecja była słodka, ale z całą pewnością takim smakiem charakteryzuje się **glicyryzyna** (50–100 razy słodsza od sacharozy), otrzymywana z lukrecji gładkiej *Glycyrrhiza glabra* (Rys.2).



Rys. 2. Struktura glicyryzyny (kwasu glicyryzynowego) Fot.3. Pieprz turecki Hot&Sour

O lukrecji wzmiankują już egipskie papirusy. Jest to surowiec zielarski, stosowany również w przemyśle kosmetycznym. W krajach skandynawskich wyrabia się z lukrecji tzw. **pieprz turecki** (szw. *Turkisk peppar*) rodzaj słodczy o czarnym kolorze z nadzieniem z pieprzu i chlorku amonu  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Dostępna jest również odmiana turkusowa i czerwona (Hot&Sour) (Fot.3).

W ostatnich latach dużą popularność zyskują **glikozydy stewiolowe E 960**, których źródłem jest pochodząca z Ameryki Południowej roślina *Stevia rebaudiana*. Zawarty w niej stewiozyd jest ok. 300 razy słodszy od cukru (Rys.3). Stosuje się go m.in. do słodzenia cukierków, napojów bezalkoholowych, lodów i czekolady.



Rys. 3. Struktura stewiozydu

Fot. 4. *Stevia rebaudiana* w doniczkach

## Cuda, cuda ogłaszają

**Mirakulina** nie jest słodką substancją, ale potrafi cudownie zmieniać smak kwaśny na słodki. Z chemicznego punktu widzenia jest to glikoproteina składająca się z 373 aminokwasów oraz fragmentów węglowodanowych, w których skład wchodzi m.in. arabinoza, ksyloza, fruktoza i mannoza. Izoluje się ją z afrykańskiego krzewu *Richardella dulcifica*. Występuje w czerwonych, owalnych owocach tej rośliny. Po zjedzeniu ich efekt zmiany smaku utrzymuje się ok. godziny.

Słodkimi białkami są natomiast **monellina** (ok. 1500–2000 razy słodsza od sacharozy) oraz **taumatyna E 957** o podobnym natężeniu słodkości. Ta ostatnia jest dopuszczona w Polsce jako dodatek do żywności.

Wszystkie słodkie substancje znane do tej pory były albo węglowodanami prostymi albo węglowodanami stanowiącymi część bardziej złożonych struktur, jak np. w mirakulinie czy glicyryzynie. Są jednak słodkości, które w niczym nie przypominają węglowodanów i nie mają swoich odpowiedników w naturze.

## Czy należy myć ręce przed jedzeniem?

Pewnego dnia rosyjski chemik **Constantin Fahlberg (1850–1910)** badając pochodne otrzymywane ze smoły pogazowej, zasiedział się trochę w laboratorium i nagle stwierdził, że jest głodny i czas na kolację. Nie tracąc czasu na mycie rąk, pobiegł na posiłek. Gdy ugryzł kęs chleba, poczuł w ustach niesamowitą słodkość. Kiedy wytarł usta serwetką, zauważył że jest ona jeszcze słodsza od chleba, który zjadł przed chwilą. Zdał sobie sprawę że ma na palcach coś, z czym pracował w laboratorium. Szybko do niego wrócił i zaczął próbować zawartość zlewek! Na szczęście dla niego nie trafił na jakąś truciznę i w końcu dowiedział się, co było przyczyną słodkości. Zbadał

otrzymaną substancję dokładniej, wyniki opublikował w czasopiśmie naukowym, a metodę uzyskiwania substancji słodszej prawie 300–400 razy od cukru opatentował. I tak pojawiła się konkurencja dla cukru, czyli sacharyna (Fot.5, Rys.3A). Był to rok 1882. Jednakże pierwszy syntetyczny słodzik zyskał dużą popularność dopiero podczas I wojny światowej, gdy brakowało cukru na rynku. **Sacharyna E 954** jest do dzisiaj używana jako słodzik, choć przez pewien czas przypuszczano, że ma działanie rakotwórcze. Nie znalazło to jednak potwierdzenia.



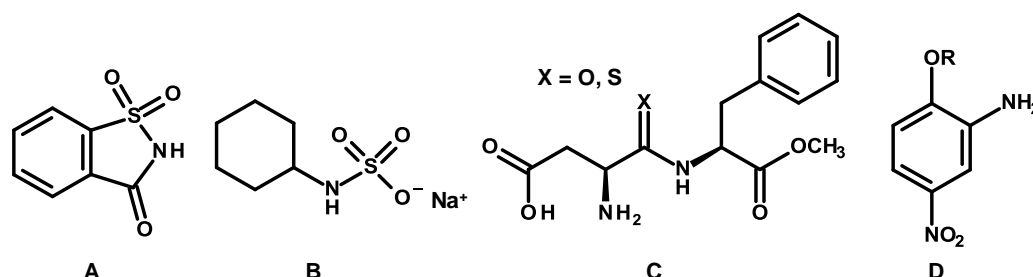
Fot. 5. Pudełko sacharyny



Fot.6. Saszetki z cyklaminianem sodu

## Inne słodkie E

Do czego może prowadzić palenie? Na przykład do wynalezienia w 1937 roku przez amerykańskiego chemika **Michaela Sveda** (1912–1999) kolejnego słodzika, którym był **cyklaminian sodu E 952** (Fot.6, Rys.3B). Sveda poczuł, że papieros, którego palił w laboratorium ma słodki smak... i – podobnie jak Fahlberg – znalazł przyczynę, próbując chemikalia ze zlewek, które miał w zasięgu ręki! Później w wywiadzie, którego udzielił dziennikarzowi z „New York Times” powiedział: „Bóg troszczy się o cholernych głupców, dzieci i chemików.”. Chyba miał rację. W tych czasach mało kto dbał o BHP w miejscu pracy. Blisko 30 lat później, w 1965 roku, jeden z pracowników firmy Searle (Chicago) zajmujący się syntezą hormonów oblał sobie dłoń pewną substancją. I co zrobił? Umył rękę? Nie. Oblizał palec. I tak kolejny przypadek sprawił, że na rynek trafił słodki peptyd – **aspartam** (Rys.3C, X = O). Równie kontrowersyjny jak sacharyna (przypuszczano, że ma działanie rakotwórcze, że wywołuje m.in. nowotwory mózgu). Przeprowadzone badania nie wykazały jednak takiego związku. **Aspartam E 951** jest prawie 180 razy słodszy od cukru i używa się go do słodzenia pokarmów, które nie są poddawane obróbce termicznej jak lody, kremy czy napoje light. Przez zastąpienie tlenu w grupie karbonylowej aspartamu siarką powstaje pochodna, która jest 50 000 razy słodsza od cukru (Rys. 3C, X = S).



Rys. 3. Struktury sacharyny, cyklaminianu sodu, aspartamu i pochodnych 3-nitroaniliny.

Kolejnym, odkrytym również przez przypadek, słodzikiem dopuszczonym do użycia jest **acesulfam K E 950**. Jest ok. 150 razy słodszy od sacharozy. Dodaje się go do soków, wyrobów piekarniczych, gum do żucia, zimnych i gorących napojów. Nie ulega metabolizmowi w organizmie i jest wydalany

z moczem. Najbardziej słodką syntetyczną substancją, otrzymaną w 1996 roku przez francuskich chemików na uniwersytecie w Lyonie, jest **lugduname** (łac. *Lugdunum* – Lyon). Związek ten jest 200 000 razy słodszy od cukru, lecz na razie nie został dopuszczony do użytku.

## Bardzo niebezpieczne słodczyce

Przykładem niebezpiecznych słodczy jest **octan ołowiu(II)  $Pb(CH_3COO)_2$** , który występuje w postaci bezbarwnych kryształów o słodkim smaku. Są sprzeczne doniesienia co do jego używania w starożytnym Rzymie jako słodzika. Niektórzy autorzy wysuwają hipotezę, że mógł się tworzyć m.in. podczas zatężania wina (często skwaśniałego) lub soku gronowego w ołowianych lub pokrywanych ołowiem miedzianych kotłach. Kwas octowy rozpuszczał tlenki i węglany ołowiu, tworząc octan, który dosładzał wino. Jeszcze bardziej toksycznymi słodkimi związkami są sole berylu, np.  $BeCl_2$ . Pierwotna nazwa tego pierwiastka to *glucinium* (gr. *glykys* – słodki). Pierwszym chemikiem, który testował smak soli berylu, był jego odkrywca, francuz **Louis Nicolas Vauquelin** (1763–1829). Dodatkowo istnieje wiele słodkich związków organicznych, które zostały zsyntetyzowane, ale nie wprowadzono ich do użycia z powodu dużej toksyczności, np. pochodne **3-nitroaniliny** (Rys. 3D, R =  $CH_3$ ,  $n-C_3H_7$ ). Niektóre z nich są nawet 4000 razy słodsze od cukru.

## Na koniec łyżka dziegciu w beczce miodu

Słodczyce mają, ale należy mieć na względzie skutki uboczne ich stosowania. We wszystkim potrzebny jest umiar. Mówi się, że ciastko zjadamy w ciągu pięciu minut, w brzuchu jest przez 5 godzin, a w biodrach – nawet 5 lat. Spójrzmy trzeźwo na nasze codzienne menu zdominowane przez drożdżówki, czekoladki, jogurty owocowe słodzone cukrem, XXXL burgery popijane wiadrami coca-coli i napojami dosładzanymi syropami glukozy-fruktozowymi. Potem tylko płacz i zgrzytanie zębów – skąd ta nadwaga? Słodczy zamieniła się w łyżkę dziegciu, a może nawet **BITREX-u** – najbardziej gorzkiej substancji odnotowanej w *Księdze rekordów Guinnessa*. Panie Wańkiewicz, czy cukier naprawdę krzepi?

## Literatura

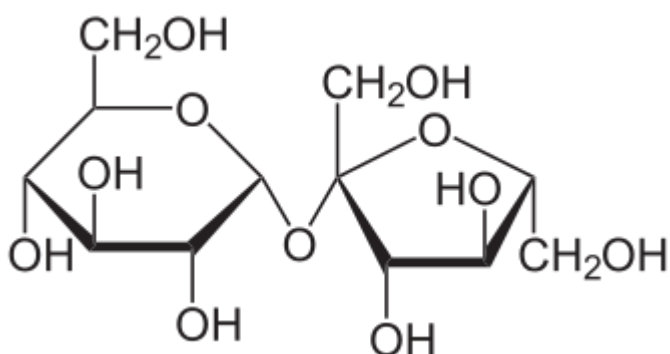
P. Le Couteur, J. Burreson, *Guziki Napoleona. Jak 17 cząsteczek zmieniło historię*, Twój Styl, Warszawa 2004.

A. Krutošikova, M. Uher, *Naturalne i syntetyczne substancje o słodkim smaku*, PWN, Warszawa 1990.

R.M. Roberts, *Odkrywczy mimo woli. Przypadek w dziejach nauki*, Wydawnictwo Adamantan, Warszawa 1997.

S.Ritter, *The Case against sugar*: <http://cen.acs.org/articles/92/i31/Case-Against-Sugar.html>

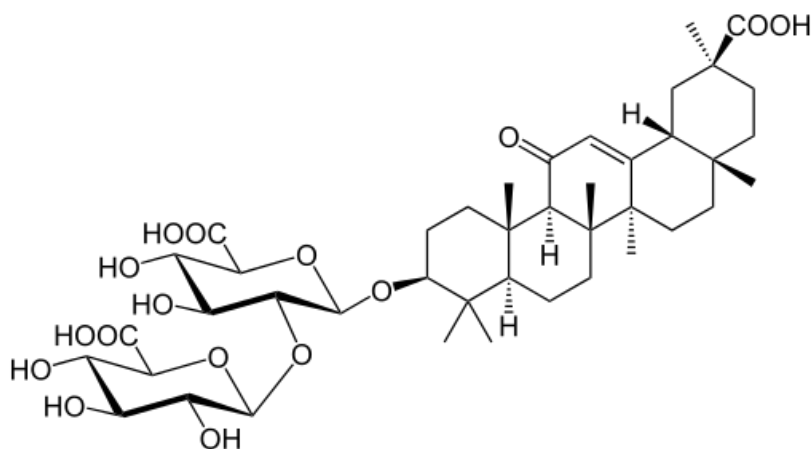
T.H. Grenby, *Prospects for sugar substitutes*, „Chemistry in Britain” 1991, nr (27)4, s. 342–345.



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saccharose2.svg> DP



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sucre\\_blan\\_cassonade\\_complet\\_rapadura.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sucre_blan_cassonade_complet_rapadura.jpg) DP



[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glycyrrhizic\\_Acid.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Glycyrrhizic_Acid.svg) DP

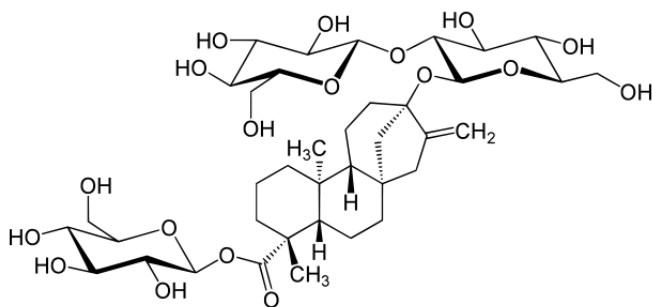




[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tyrkisk\\_Peber\\_Hot\\_and\\_Sour.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tyrkisk_Peber_Hot_and_Sour.jpg) DP



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stevia2.JPG> DP



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Stevioside.svg> DP



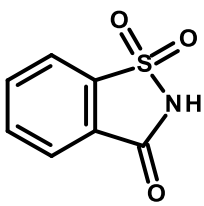
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S%C3%BC%C3%9Fstoff\\_Saccharin\\_Zucker-Museum.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:S%C3%BC%C3%9Fstoff_Saccharin_Zucker-Museum.jpg)

DP

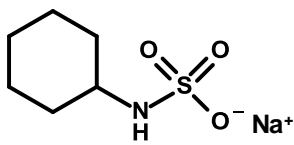


[https://en.wikipedia.org/wiki/Sugar\\_substitute#/media/File:SweetnLowSweetener.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/Sugar_substitute#/media/File:SweetnLowSweetener.JPG)

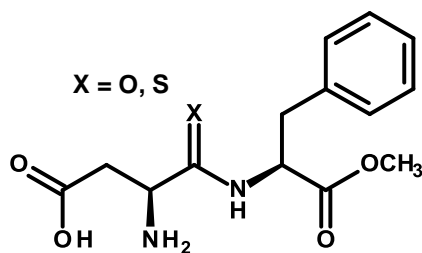
przypuszczalnie domena publiczna



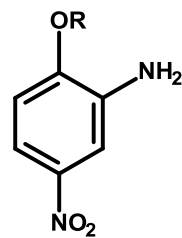
A



B



C



D

Praca własna