

JOANNA MYSKOWSKA-RYCIĄK, ANNA HARTON, DANUTA GAJEWSKA, SA'EED BAWA

*Katedra i Zakład Dietetyki
Wydział Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa
E-mail: joanna_myszkowska_ryciak@sggw.pl*

ŚRODKI SŁODZĄCE W PROFILAKTYCE I LECZENIU OTYŁOŚCI

WSTĘP

Otyłość jest chorobą spowodowaną nadmiernym nagromadzeniem tkanki tłuszczowej w organizmie, a konieczność jej leczenia uzasadniają poważne konsekwencje zdrowotne (MUST i współaut. 1999, ALLISON i współaut. 1999). Mnogość czynników ryzyka otyłości utrudnia jednak skuteczną terapię. Do takich czynników można zaliczyć nadmierne spożycie węglowodanów, w tym głównie sacharozę. Upodobanie do smaku słodkiego zaczyna się już w okresie płodowym, silnie manifestuje u niemowląt, a w dalszym życiu może przyczyniać się do zwiększonego spożycia produktów zawierających cukier. Ostatnia dekada, to okres prawdziwej, rynkowej eksplozji nowych produktów zawierających bezkaloryczne lub niskoenergetyczne sztuczne i naturalne substancje słodzące. W samych tylko Stanach Zjednoczonych w latach 1999-2004 na rynek zostało wprowadzonych ponad 6000 takich produktów (MRR 2004). Produkty zawierające substancje słodzące cieszą się dużą popularnością, a ich spożycie

charakteryzuje się coraz większą powszechnością i częstotliwością (MATTES i POPKIN 2009). Wydaje się, że zamiana tradycyjnego cukru na substancje słodzące mogłaby być korzystną alternatywą stosowaną w dietoterapii otyłości. W tym przypadku znaczenie miałyby również zalety tych substancji, takie jak zachowanie słodkiego smaku przy obniżonej wartości energetycznej oraz, w niektórych przypadkach, brak wpływu na stężenie glukozy we krwi (MALIK i współaut. 2006). Jednak paradoksalnie, równocześnie ze wzrostem popularności produktów, w których tradycyjny cukier zastąpiono substancjami słodzącymi, obserwuje się wzrost liczby osób z nadwagą czy otyłością. Wobec takich obserwacji postawić można pytanie, czy stosowanie substancji słodzących może być skutecznym elementem leczenia otyłości? Dokonany poniżej przegląd profilaktyki i literatury, odnosząc się do wielu różnych kwestii związanych z terapią otyłości, jest próbą odpowiedzi na tak postawione pytanie.

NADMIERNE SPOŻYCIE CUKRU A OTYŁOŚĆ

Cukier rafinowany jest źródłem energii, ale nie dostarcza organizmowi żadnych składników odżywczych. Obecnie uważa się, że jego codzienne spożycie nie powinno przekraczać 10% wartości energetycznej spożywanej diety, co przy średniej wartości energetycznej diety na poziomie 2000 kcal daje około 50 gramów na dobę (łącznie z cukrem wcho-

dzącym w skład produktów, np. napojów, słodczy itp.). W Stanach Zjednoczonych ilość spożywanego cukru w przeliczeniu na jedną osobę dorosłą w ciągu 20 lat o ponad 20% i w 1996 r. wynosiła średnio 128 gram/dzień, tj. prawie 26 łyżeczek cukru dziennie. Przeciętny Amerykanin spożywa więc ponad 20% energii diety w postaci cukru dodanego,

Tabela. 1. Porównanie właściwości wybranych substancji słodzących (ADA 2004).

Substancja	Intensywność smaku słodkiego*	Wartość energetyczna kcal/g	Pochodzenie
Sacharoza (cukier)	1	4	naturalne
Acesulfam K	150-200	0	sztuczne
Aspartam	160-200	4	sztuczne
Neohesperydyna DC	1000-3000	2	sztuczne
Sacharyna	300-400	0	sztuczne
Sukraloza	300-800	0	sztuczne
Taumatyna	2000-2500	4	naturalne

*w porównaniu do sacharozy (cukru)

co ponad dwukrotnie przekracza zalecaną ilość (KANTOR 1998).

Wzrost ryzyka otyłości, na skutek zwiększonej podaży energii z węglowodanów prostych z diety, obserwuje się w różnych grupach wiekowych oraz w odniesieniu do różnych źródeł pokarmowych (MALIK i współaut. 2006). W literaturze można spotkać liczne dowody, że u dzieci spożywających słodkie napoje występuje większe ryzyko otyłości (TANASESCU i współaut. 2000, TROIANO i współaut. 2000, LUDWIG i współaut. 2001, ROCKETT i współaut. 2001, JAMES i współaut. 2004, SUGIMORI i współaut. 2004). Wyniki badań wskazują jednak, iż powyższa zależność jest zróżnicowana w zależności od płci (BERKEY i współaut. 2004, OVERBY i współaut. 2004) oraz rodzaju słodkiego produktu i częstości jego spożycia (GIAMMATTEI i współaut. 2003, ARIZA i współaut. 2004). WELSH i współaut. (2005) wskazują, że obniżenie spożycia słodzonych napojów może być elementem strategii walki z otyłością

u dzieci w wieku przedszkolnym. W oparciu o wyniki powyższych badań American Academy of Pediatrics (AAP 2004) podkreśla potrzebę eliminacji słodkich napojów ze sklepików szkolnych. Na podstawie badań o charakterze przekrojowym, prospektywnym oraz eksperymentalnym wykazano istnienie związku między spożyciem słodkich napojów a ryzykiem otyłości, także u osób dorosłych (MALIK i współaut. 2006). Światowa Organizacja Zdrowia w 2003 r. ogłosiła, że słodzone cukrem napoje prawdopodobnie zwiększają ryzyko nadmiernej masy ciała. Nie wszystkie badania potwierdzają jednak taką zależność (SUN i EMPIE 2007), a niektóre wskazują, że otyłość jest pozytywnie skojarzona z zawartością tłuszczu w diecie oraz innymi, pozażywniowymi elementami stylu życia. Bazując na wynikach badań, US Department of Health and Human Services, US Department of Agriculture (USDHHS 2005) rekomenduje redukcję spożycia cukru dodanego, w tym szczególnie napojów słodzonych cukrem.

PRZEGLĄD WYBRANYCH SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH

Rosnące zapotrzebowanie na produkty o obniżonej wartości energetycznej, ale zachowujące pożądany przez konsumenta słodki smak, oraz kontrowersje pojawiające się w odpowiedzi na coraz szersze stosowanie takich produktów przez różne grupy populacyjne (w tym osoby otyłe, cukrzyków, dzieci i młodzież), wymusza z jednej strony badania nad ich bezpieczeństwem, a z drugiej, próby znalezienia idealnej substancji zastępującej cukier. Taka idealna substancja słodząca (ang. sweetener) powinna nie tylko być bezpieczna w stosowaniu, cechować się odpowied-

nią słodczą, ale również mieć odpowiednie cechy technologiczne i przede wszystkim mieć niższą wartość energetyczną (ŚWIDERSKI 2003). Pierwszym, sztucznym substytutem cukru była sacharyna, wyprodukowana w 1879 r. Cieszyła się ona szczególną popularnością w czasie I i II wojny światowej, głównie ze względu na bardzo niski koszt wytworzenia i małą dostępność naturalnego cukru. Obecnie w produktach „dietetycznych” (specjalnego przeznaczenia żywieniowego), dostępnych na rynku, wykorzystuje się najczęściej środki intensywnie słodzące (słodsze od

Tabela. 2. Charakterystyka wybranych substancji intensywnie słodzących (ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA 2008).

Substancja	Symbol substancji dodatkowej	ADI* [mg/kg m.c.]	Maksymalna dawka [mg/kg]
Acesulfam K	E 950	9	2500
Aspartam	E 951	40	5500
Neohesperydyna DC	E 959	5	400
Sacharyna	E 954	5	3000
Sukraloza	E 955	15	3000
Taumatyna	E 957	nie wyznaczono	400

*dopuszczalne dzienne pobranie – ilość substancji wyrażona w mg/kg masy ciała, która pobierana codziennie z żywnością, wodą, powietrzem, lekami itp. przez cały okres życia, według aktualnego stanu wiedzy jest w pełni nieszkodliwa dla organizmu człowieka

sacharozy od kilkudziesięciu do nawet kilku tysięcy razy) (Tabela 1), naturalne cukrowce (np. fruktoza, syropy cukrowe) oraz półsyntetyczne środki słodzące (tzw. wypełniacze).

Naturalne i półsyntetyczne cukrowce, w przeciwieństwie do środków intensywnie słodzących (np. aspartamu, acesulfamu K czy sacharyny), dodawane są do produktu w ilości zbliżonej do ilości sacharozy w produkcie tradycyjnym. W efekcie nadają one produktowi masę czy objętość zbliżoną do tej, którą uzyskuje się przez dodanie cukru buraczanego. Warto zwrócić uwagę, że zamiana sacharozy na innego rodzaju cukier naturalny (np. fruktozę czy syrop glukozowy) nie powoduje obniżenia wartości energetycznej produktu. Natomiast produkty na bazie polialkoholi mają zwykle nieco niższą kaloryczność w porównaniu do produktów tradycyjnych. Z punktu widzenia przydatności w dietoterapii otyłości, ze względu na niższą wartość energetyczną lub znacznie większą siłę słodzącą w porównaniu do sacharozy (czy też węglowodanów), znaczenie mają głównie środki intensywnie słodzące oraz, w znacznie mniejszym stopniu, półsyntetyczne środki słodzące (poliole). Wykorzystywane są one do produkcji środków spożywczych o obniżonej wartości energetycznej (popularnie określanych jako „light”), o co najmniej 30% w porównaniu z oryginalnymi lub podobnymi środkami spożywczymi (ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA 2008). Substancje te zaliczane są do tzw. substancji dodatkowych, a dopuszczalne dzienne pobranie (ADI) ustalone zostało przez połączony Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. substancji dodatkowych do żywności (JECFA).

W Polsce dozwolone są następujące środki intensywnie słodzące: acesulfam K, aspartam, kwas cyklaminyowy i jego sole, sodowa i wapniowa, sacharyna i jej sole, sodowa, potasowa i wapniowa, taumatyna, neohesperydyna DC, sukraloza oraz sole aspartamu i acesulfamu (ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA 2008). Wszystkie te substancje mają wyznaczone maksymalne dawki, w których mogą być stosowane do określonych produktów oraz określone ADI (Tabela 2).

W naszym kraju najczęściej stosowany przez producentów żywności jest aspartam, który występuje w prawie 70% produktów typu „light” lub produktów przeznaczonych dla diabetyków. Prawie połowa produktów tego typu zawiera w swoim składzie acesulfam K, a około 30% tego typu żywności słodzona jest mieszaniną obu wymienionych substancji. W USA natomiast najczęściej stosowana jest sukraloza, następnie acesulfam K i aspartam; są one najczęściej składnikami napojów (MATTES i POPKIN 2009)

W przemyśle spożywczym środki intensywnie słodzące wykorzystywane są głównie w produkcji napojów bezalkoholowych i o niskiej zawartości alkoholu (np. piwa), koncentratów spożywczych, tzw. „stołowych słodzików”, napojów mlecznych oraz w produkcji dietetycznych środków spożywczych, w których jest wymagane wyeliminowanie sacharozy. Takie środki spożywcze stosowane być mogą w zapobieganiu i leczeniu otyłości, dla osób pragnących ograniczyć spożycie energii, nie rezygnując jednocześnie ze słodkiego smaku niektórych produktów spożywczych oraz dla diabetyków. Ponadto środki te są coraz częściej stosowane w przemyśle

farmaceutycznym, np. do słodzenia tabletek bez istotnego zwiększenia ich masy.

Zgodnie z wynikami badań toksykologicznych prowadzonych na zwierzętach oraz badań epidemiologicznych z udziałem ludzi, substancje słodzące mogą wpływać na organizm człowieka korzystnie (np. nie podnosić poziomu glukozy we krwi czy zapobiegać próchnicy zębów), ale mogą również powodować szereg niepożądanych zmian. Rodzaj tych zmian i ich nasilenie jest zwykle ściśle uzależnione od dawki substancji słodzącej. Takie zmiany jak nowotwory, zmiany w masie i funkcjonowaniu narządów wewnętrznych oraz w ilości wydzielanych enzymów i ich aktywności, a także działanie teratogenne, mutagenne czy genotoksyczne obserwowano u zwierząt, którym podawano bardzo duże dawki niektórych związków. Niższe dawki badanych substancji powodowały nieraz niepożądane objawy, nie zagrażające jednak w sposób istotny życiu czy zdrowiu, np. acesulfam K czy cyklaminy powodowały niekiedy biegunkę, a aspartam reakcję alergiczną. W badaniach wykazano, że u niektórych gatunków zwierząt laboratoryjnych bardzo duże dawki sacharyny mogą powodować nowotwory pęcherza moczowego, macicy czy jajników (YANG 2010). W dużych badaniach epidemiologicznych nie potwierdzono natomiast przypadków nowotworów u ludzi spożywających dawki sacharyny uznane za bezpieczne. Bardzo dobrze jest natomiast udokumentowane działanie intensywnych środków słodzących (szczególnie sacharyny, aspartamu, acesulfamu K, sukralozy) w przypadku osób chorujących na cukrzycę. Nie powodują one istotnych zmian stężenia glukozy i/lub insuliny we krwi. Zgodnie z amerykańskimi zaleceniami mogą być więc stosowane jako zamienniki cukru, szczególnie w przypadku konieczności ograniczenia kaloryczności spożywanej diety (ADA 2004).

Substancje intensywnie słodzące można podzielić na naturalne (wyodrębnione z surowców roślinnych, np. korzeni, liści, owoców, m.in.: stewiozydy, glicyrhizyna, taumatyna, monellina, pentadyna, kurkulina i mirakulina) oraz wytwarzane sztucznie.

Spośród naturalnych substancji słodzących jedynie taumatyna jest produkowana na świecie na skalę przemysłową i dopuszczona do stosowania w żywności w Polsce (E-957). Jest to substancja białkowa, zbudowana z 207 aminokwasów, pochodząca z owoców zachodnioafrykańskiej rośliny *Thaumatococcus danieli*, całkowicie trawiona przez or-

ganizm człowieka i zwierząt, a tym samym uznana na całym świecie jako substancja bezpieczna dla zdrowia. Wartość energetyczna taumatyny wynosi 16,76 kJ (4,0 kcal/g), przy czym ze względu na dużą siłę słodzącą i niewielką dawkę stosowaną w żywności, ilość dostarczanych przez nią kalorii nie ma praktycznego znaczenia. Interesującą cechą taumatyny jest jej zdolność do maskowania niekorzystnych gorzkich i metalicznych posmaków, co wykorzystuje się m.in. w produkcji niektórych leków (KANT 2005).

Do innych, uznanych za całkowicie bezpieczne, ale nie dopuszczonych do stosowania w Polsce substancji słodzących, należą m.in. stewiozydy, glicyrhizyna i kurkulina. Stewiozydy są naturalnymi substancjami wyizolowanymi z liści rośliny *Stevia rebaudiana* (typu chryzantema), rosnącej w Paragwaju. Są one około 100–300-krotnie słodsze od sacharozy, a ich roztwory wodne charakteryzują się posmakiem mentolowym, o właściwościach chłodzących, jednakże z gorzkim posmakiem. Są stosowane jako środki słodzące dla diabetyków oraz w produkcji m.in. gumy do żucia, wyrobów cukierniczych czy napojów alkoholowych. Glicyrhizyna, otrzymywana z korzeni lukrecji, jest ok. 100-krotnie słodsza od cukru, natomiast charakteryzuje się niekorzystnym, gorzkim, lukrecyjowym posmakiem, co ogranicza możliwość jej stosowania. Wykazuje również działanie przeciwzapalne, antywirusowe, a nawet zapobiega powstawaniu wrzodów. Kurkulina to substancja białkowa występująca w owocach rosnącej w Malezji i Wietnamie rośliny *Curculigo latifolia*. Ma wyjątkową zdolność wzmacniania smaku słodkiego; po jej spożyciu nawet kwaśne napoje i potrawy stają się słodkie, a odczucie słodczy jest około 9000-krotnie większe od słodczy sacharozy (ŚWIDERSKI 2003).

Dużo szersze zastosowanie w produkcji żywności typu „light” mają sztuczne środki intensywnie słodzące. Najbardziej popularny, aspartam (E-951), został odkryty przypadkowo w 1965 r. Jest zbudowany z dwóch aminokwasów: fenyloalaniny i kwasu asparaginowego, przez co nie może być spożywany przez chorych na fenyloketonurię. Jest około 180–200-krotnie słodszy od cukru i nie wykazuje częstego dla tego typu substancji gorzkiego posmaku. Wartość energetyczna aspartamu jest taka sama jak białek czy węglowodanów, tj. 4 kcal/g, przy czym ze względu na niewielki jego dodatek nie ma to istotnego znaczenia w

stosowanej diecie. W organizmie człowieka aspartam rozkładany jest do kwasu asparaginowego, fenyloalaniny oraz metanolu, które są absorbowane i metabolizowane w organizmie. Znaczną część negatywnych oddziaływań przypisuje się diketopiperazynie, jednemu z metabolitów aspartamu (OYAMA i współaut. 2002). Pewne obawy mogą być również związane z innym metabolitem aspartamu – metanolem, który wykazuje właściwości toksyczne. Jednakże ilość metanolu, powstająca przy rozpadzie aspartamu w jednej porcji słodzonego nim napoju, jest 6 razy niższa niż po spożyciu takiej samej objętości soku pomidorowego (BUTCHKO i współaut. 2002). Istnieją również badania wskazujące, że podwyższony poziom fenyloalaniny może powodować zmiany w zachowaniu, m.in. depresję i bezsenność (OYAMA i współaut. 2002), jednakże ilość tego aminokwasu, powstająca w wyniku rozkładu aspartamu użytego jako słodzik w dietetycznych produktach spożywczych, jest niższa niż ilość zawarta np. w szklance mleka. Żaden z produktów rozkładu aspartamu nie wykazuje właściwości słodzących, dlatego aspartam w miarę przechowywania traci siłę słodzenia. Aspartam używany jest także w innych krajach jako bezpieczna substancja słodząca, której ADI określono na poziomie 40 mg/kg masy ciała. Może jednak powodować reakcję alergiczną u osób wrażliwych, objawiającą się m.in. wysypką, obrzękiem języka i gardła lub też problemami z oddychaniem. Jedna tabletkę stołowego słodzika zawiera około 35–40 mg aspartamu i odpowiada dwóm łyżeczkom cukru. Dopuszczalne, maksymalne dzienne spożycie aspartamu dla osoby o wadze 60 kg wynosi prawie 2,5 grama, co daje 60 tabletek stołowego słodzika. Badania sposobu żywienia osób chorujących na cukrzycę i spożywających regularnie żywność dietetyczną zawierającą aspartam wykazały, że jego ilość nie przekraczała średnio 5% dawki uznanej za bezpieczną (GARNIER-SAGNE i współaut. 2001).

Drugi co do popularności stosowania, acesulfam K (E-950), jest solą potasową 2,2 ditlenku 6-metylo-1,2,3-oksotiazyn-4(3H)-onu, około 150–200-krotnie słodsza od cukru. Przy większych stężeniach charakteryzuje się wyczuwalnym posmakiem chemicznym, gorzkim i metalicznym. Około 95% spożytej substancji jest wydalane z moczem w niezmięnionej formie. Dopuszczony jest do stosowania w USA oraz w wielu innych krajach, w

tym także w Polsce od 1994 r. Jest używany do wielu środków spożywczych, szczególnie tych, które muszą być poddawane procesom ogrzewania (ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA 2008).

Cyklaminiany (E-952), odkryte w 1937 r., są około 30–40-krotnie słodsze od sacharozy, a stosowane są głównie do produkcji gumy do żucia, lodów i deserów. Neohesperydyna DC (NHDC) (E-959), jest to pochodna flawonów występujących w skórce owoców cytrusowych, a szczególnie w skórce cytryny i grejpfruta. Jest około 400–600-krotnie słodsza od cukru, o słodczy z posmakiem lukrecjowym i odczuciu chłodzącym. Dostarcza 2 kcal na 1 g (8,4 kJ), lecz ze względu na stosowanie jej w minimalnych ilościach, nie ma to znaczenia żywieniowego. Jej właściwości nie zmieniają się w wysokich temperaturach, może być więc stosowana do produkcji środków spożywczych poddawanych pasteryzacji lub procesom UHT. Stosowana jest w napojach orzeźwiających, gumie do żucia, cukierkach, napojach mlecznych, lodach i słodzikach stołowych oraz do niektórych produktów farmaceutycznych (ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA 2008). Sukraloza (Splenda) (E 955) została odkryta w 1979 r., w postaci stałej jest bardzo trwała i może być przechowywana nawet przez kilka lat. Jest około 300–800-krotnie słodsza od cukru, ale jej słodczy zależy m.in. od pH, temperatury oraz stężenia i rodzaju produktu, w którym jest stosowana. Sukraloza jest uznana za całkowicie bezpieczną substancję słodzącą, która w przewodzie pokarmowym bardzo słabo się wchłania, nie ulega rozkładowi i nie dostarcza energii (GROTZ i MUNRO 2009). Najstarsza substancja słodząca, sacharyna (E-954), jest około 350–500-krotnie słodsza od sacharozy, niestety charakteryzuje się metalicznym i gorzkwatym posmakiem. Nie dostarcza praktycznie energii i nie jest metabolizowana w organizmie.

Dzięki zastosowaniu substancji intensywnie słodzących można znacząco obniżyć wartość energetyczną niektórych produktów, szczególnie napojów: „tradycyjnie” słodzony sacharozą napój typu cola zawiera około 50–60 kcal/100ml, natomiast ten sam napój w wersji „light” z dodatkiem słodzika dostarcza około 1 kcal na 100 ml. Natomiast wykorzystanie tych substancji w produktach stałych, np. wyrobach cukierniczych, jest ograniczone, ponieważ nie mają one właściwości teksturotwórczych, przez co zwykle producenci w takim produkcie

Tabela 3. Porównanie słodkości różnych cukrów (ADA 2004).

Cukrowce	Symbol substancji dodatkowej	Słodkość*
Polialkohole:	-	0,3-1
Laktitol	E 966	0,3-0,5
Izomalt	E 953	0,4-0,5
Sorbitol (z glukozy)	E 420	0,5-0,6
Mannitol (z fruktozy)	E 421	0,4-0,6
Ksylitol (z ksyozy)	E 967	1,0
Maltitol (z maltozy)	E 965	0,6-0,9
Erytrytol	E 968	0,6-0,8

*wzorcem w porównywaniu smaku słodkiego jest sacharoza

zwiększają udział tłuszczu, a tym samym jego wartość kaloryczną.

Sztuczne substancje słodzące często są mniej akceptowane przez konsumentów, dlatego w produktach typu „light” wykorzystywane są również półsyntetyczne substancje słodzące, poliole (Tabela 3). Półsyntetyczne cukrowce, w przeciwieństwie do środków intensywnie słodzących np. aspartamu, acesulfamu K czy sacharyny, dodawane są do produktu w ilości zbliżonej do ilości sacharozy w produkcie tradycyjnym. W efekcie nadają one produktowi masę czy objętość zbliżoną do tej, którą uzyskuje się przez dodanie sacharozy, ale przy nieco niższej wartości energetycznej w porównaniu do produktów tradycyjnych (RONDA i współpracownicy. 2005).

Część alkoholi cukrowych występuje naturalnie w roślinach i owocach (np. ksylitol w sałacie, owocach jagodowych, ku-

Tabela 4. Porównanie wartości energetycznej i indeksu glikemicznego (IG) różnych cukrów (ADA 2004).

Cukrowce	Wartość energetyczna kcal/g	IG
Sacharoza (cukier)	4,0	68
Laktitol	2,0	3
Sorbitol	2,6	7
Ksylitol	2,4	8
Maltitol	2,1	73
Erytrytol	0,2	-

kurdyzy, truskawkach, brzozie), jednak większość jest wytwarzana przemysłowo w wyniku reakcji chemicznej. Polialkohole są o około 40% mniej kaloryczne w porównaniu do sacharozy, ze względu na odmiennie przebiegający proces ich trawienia i wchłaniania. Część spożytych polialkoholi nie ulega wchłonięciu w jelicie cienkim i przechodzi do jelita grubego, gdzie ulega fermentacji przy udziale bakterii. Produkty tej fermentacji mogą zostać wchłonięte lub wydalone z organizmu. Polialkohole są więc znacznie wolniej absorbowane, przez co nie zwiększają gwałtownie poziomu glukozy we krwi (Tabela 4) i w konsekwencji nie stymulują wydzielania insuliny (ADA 2004).

Ze względu na małą intensywność słodyczy, zwykle muszą być one stosowane z innymi środkami słodzącymi, najczęściej intensywnymi typu aspartam, acesulfam K czy sacharyna. W produkcji żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego (karmelki, wafle, czekolady, gumy do żucia, dżemy, galaretki) najczęściej wykorzystywane są: sorbitol, ksylitol, laktitol i izomalt. Oprócz nadawania smaku słodkiego, związki te pełnią funkcje teksturotwórcze, zapobiegają zbrylaniu się produktów, a w czasie spożywania dają delikatnie chłodzący efekt w jamie ustnej. Spożywanie większej ilości polialkoholi, takich jak ksylitol, mannitol czy sorbitol, może powodować biegunkę, wzdęcia lub niestrawność. Zaobserwowano, że polialkohole w dawkach 20-50 g wywoływały efekt laksacyjny, a u osób szczególnie wrażliwych powodowały uporczywe biegunki prowadzące do odwodnienia, utraty składników mineralnych i witamin rozpuszczalnych w wodzie, głównie z grupy B (ADA 2004). Polialkohole zwykle lepiej tolerowane są przez osoby po 40 roku życia, natomiast u dzieci objawy nietolerancji są 6-krotnie częstsze. Docelowo zaleca się nie przekraczania dawki 15-20 g dziennie (ok. 3-4 łyżeczki), choć niektóre źródła podają wartość dwukrotnie wyższą. Istnieją również doniesienia na temat potencjalnych korzyści ze spożywania polialkoholi. Wyniki pewnych doświadczeń sugerują, że mogą one przyczyniać się do obniżenia ryzyka wystąpienia nowotworu jelita grubego.

SŁODZIKI W TERAPII OTYŁOŚCI – BEZPIECZNA ALTERNATYWA?

Redukcja spożycia węglowodanów prostych z dietą, zwłaszcza przy ich nadmiernej podaży (wysokim udziale energii), może skutkować redukcją masy ciała (CHEN i współaut. 2009). Produkty z dużym udziałem cukru dostarczają zwykle znacznej ilości szybko wchłanianych węglowodanów, a w konsekwencji ich nadmierne spożycie prowadzić może do nadmiernego spożycia energii, przyrostu masy ciała i zespołu metabolicznego (YANG 2010). Jednak upodobanie do smaku słodkiego w dużym stopniu utrudnia ograniczenie spożycia słodkich produktów w dietoterapii otyłości. Tak więc poszukuje się sposobu nie na eliminację cukru z diety, lecz jego bezpieczne zastąpienie. Taką alternatywą mogły by się wydawać substancje słodzące. Zwykle produkty zawierające takie substancje, zamiast cukru, są wybierane przez osoby, które starają się zmniejszyć bądź utrzymać masę ciała. W literaturze można spotkać liczne badania dotyczące zastosowania substancji słodzących w leczeniu otyłości, ich wyniki są jednak nie do końca zbieżne.

Wielu autorów podnosi kwestię, iż samo tylko włączenie do diety substancji słodzących bez zastosowania redukcji kaloryczności diety nie daje pożądaných efektów w obniżaniu masy ciała (MATTERS i POPKIN 2009, BROWN 2010). Skuteczną dietoterapię u kobiet i mężczyzn z nadwagą, po zastosowaniu środków słodzących w połączeniu z niskotłuszczową dietą, wykazali MORRIS i współaut. (1993). Po okresie 16 tygodni zanotowano istotną redukcję masy ciała u obu płci (kobiety 7,3 kg, mężczyźni 9,9 kg). Wykazano ponadto tendencje wzrostową u kobiet oraz spadkową u mężczyzn w spożyciu produktów zawierających substancje słodzące. Autorzy powyższego badania równolegle stwierdzili jednak zbyt małą podaż z dietą żelaza oraz wapnia, co ich zdaniem wynikało z faktu niskiego spożycia różnych grup produktów wchodzących w skład stosowanej diety doświadczalnej. Preferencje spożycia wybranych produktów w trakcie dietoterapii mogą wpływać na świadomą eliminację mniej preferowanych produktów, a tym samym skutkować nieprawidłową podażą składników diety i niedożywieniem.

Skuteczną prewencję wzrostu masy ciała u dzieci z rodzin obciążonych genetycznie otyłością wykazali RODEARMEL i współaut. (2007) w wyniku stosowania substancji sło-

dzących, jako zamienników cukru (100kcal/dzień). Takie postępowanie dietetyczne zostało połączone z wprowadzeniem aktywności fizycznej (2000 kroków/dzień). Po 6. miesięcznym okresie trwania badania stwierdzono istotną redukcję wskaźnika masy ciała (BMI). Autorzy wskazują, że niewielkie zmiany w stylu życia mogą dać wymierne korzyści w terapii otyłych dzieci.

Wyniki innych badań dowodzą jednak, że samo tylko wprowadzenie do diety produktów zawierających substancje słodzące, bez żadnej restrykcji energetycznej, może być skuteczne w redukcji masy ciała (RABEN i współaut. 2002). Po okresie 10 tygodni trwania badania w grupie spożywającej sacharozę stwierdzono wzrost podaży energii z dietą oraz wzrost masy ciała, tłuszczowej masy ciała, jak również ciśnienia krwi. Powyższych, niekorzystnych zmian nie zanotowano w grupie osób spożywających produkty spożywcze zawierające substancje słodzące (kombinacja aspartamu, acesulfamu K, cyklamianu i sacharyny). W tej grupie zanotowano wręcz spadek masy ciała. Autorzy badania podkreślają fakt, iż prawdopodobnym powodem zróżnicowania obu badanych grup była nadkonsumpcja energii z sacharozy w grupie z dozwoloną sacharozą, mimo zaobserwowanej redukcji energii z tłuszczu ogółem. Wysokie spożycie sacharozy wynikało z faktu wysokiego spożycia przez badaną grupę napojów, w których była ona zawarta. Napoje słodzone cukrem mogą być głównym źródłem energii w diecie, co znalazło potwierdzenie także w innych badaniach (MURPHY i współaut. 2005).

Obniżenie gęstości energetycznej diety jest jednym z celów w leczeniu otyłości. W swoich badaniach RABEN i współaut. (2002) dowiedli, iż zastosowanie substancji słodzących w terapii redukcji masy ciała, w porównaniu do diety z sacharozą, skutkuje istotną redukcją gęstości energetycznej diety.

W literaturze można spotkać również doniesienia wskazujące na to, że zwiększone spożycie z dietą substancji słodzących może wręcz stymulować wzrost masy ciała. Przeprowadzone już w latach 70. duże badanie Nurses` Health Study dowiodło istnienia pozytywnej zależności spożycia sacharyny i wzrostu masy ciała w grupie kobiet (COLDITZ i współaut. 1990). Przyrosty masy ciała na skutek regularnego spożycia produktów zawierających substancje słodzące wykazano

także w innych badaniach (STELLMAN i GARFINKE 1986, FOWLER i współpracownicy. 2008). FOWLER i współpracownicy. (2008) wskazują, że wzrost masy ciała był uzależniony od ilości spożywanych produktów, w tym przypadku napojów słodzonych substancjami słodzącymi. Taka sytuacja może wynikać z faktu, iż dodatek substancji słodzących do diety może powodować stymulację apetytu. Wyniki niektórych doświadczeń wskazują, że woda słodzona aspartamem może zwiększać uczucie apetytu u osób dorosłych z prawidłową masą ciała, w porównaniu do czystej wody lub wody słodzonej glukozą (BLACK i współpracownicy. 1993). W badaniach na szczurach zaobserwowano, że zwierzęta otrzymujące sacharynę spożywały istotnie więcej energii i charakteryzowały się większym przyrostem masy ciała, w tym masy tłuszczu, w porównaniu do szczurów na diecie z glukozą (SWITHERS i DAVIDSON 2008). Ponadto zawarte w produktach sztuczne substancje słodzące mogą wpływać na większą motywację do jedzenia zwłaszcza, w odniesieniu do preferowanych produktów (ROGERS i współpracownicy. 1988), wpływając

tym samym na większe pobranie energii z diety. Częste spożycie produktów zawierających sztuczne substancje słodzące niesie za sobą również niebezpieczeństwo adaptacji i zwiększania preferencji do smaku słodkiego, co może prowadzić do niekorzystnych nawyków żywieniowych. Z tego powodu bardziej korzystne wydawałoby się wyeliminowanie słodkich produktów, zamiast stosowania ich niskokalorycznych zamienników. W kilku badaniach interwencyjnych, prowadzonych na osobach dorosłych, nie stwierdzono, aby spożycie substancji intensywnie słodzących powodowało zwiększenie spożycia energii czy też wzrost masy ciała (BLACKBURN i współpracownicy. 1997, RABEN i współpracownicy. 2002). Ograniczeniem w tego typu badaniach jest ich krótki czas trwania i mała ilość osób, poza tym większość z nich prowadzona jest na osobach otyłych. Tak więc, chociaż ich wyników nie można odnosić do ogółu populacji, to wydaje się, że zamiana napojów tradycyjnych na słodzone słodzikami może przynieść korzyści osobom z nadmierną masą ciała.

PODSUMOWANIE

Wobec narastającej, ogólnoswiatowej epidemii nadwagi i otyłości jednym z nadrzędnych celów systemu opieki zdrowotnej jest opracowanie i wdrożenie skutecznej strategii przeciwdziałania. Jedynie interdyscyplinarne podejście, wykorzystujące wyniki badań naukowych, może przyczynić się do zmniejszenia występowania nadmiernej masy ciała i w konsekwencji jej powikłań. Wyniki prowadzonych badań wskazują na potrzebę opracowania i wdrożenia programów obejmujących modyfikację stylu życia, w tym przede wszystkim diety, jak również zwiększenie aktywności fizycznej oraz terapię behawioralną (CANNON i KUMAR 2009). Wprowadzenie mniej kalorycznych lub bezkalorycznych zamienników cukru w produktach spożywczych może być pomocne jako dodatkowy element diety niskoenergetycznej, natomiast

wydarza się, że samo włączenie do diety produktów typu „light”, bez modyfikacji sposobu żywienia, nie przyczynia się do zmniejszenia częstości występowania nadwagi i otyłości. Sztuczne substancje słodzące z uwagi na fakt, iż są słodkie, wpływają na ich preferencje, wywołując bezpośrednie pragnienie słodczy. Istnieje silna korelacja między osobniczą preferencją danego smaku a jego intensywnością i częstością spożycia wraz z dietą. Biorąc pod uwagę powyższe informacje, być może systematyczna redukcja zawartości cukru i słodczy w diecie, bez żadnej ich zamiany na substancje słodzące, będzie bardziej skuteczna w wykształceniu preferowanego niższego progu odczuwania słodczy (YANG 2010). Taka „niesłodka” dieta (POPKIN i NIELSEN 2003) może być sposobem na uniknięcie światowej epidemii otyłości.

SWEETENERS IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF OBESITY

Summary

Refined sugar is an energy supplying product, but it is not the source of any nutrients. Currently, it is suggested that the delay consumption of energy from sugar should not exceed 10%. An average American ingests over 20% of energy in the form

added sugar, which exceeds the current recommendation by 2 times. The replacement of traditional sugar with sweeteners with low energy content or calorie-free sweeteners could be an alternative strategy in the management of obesity. The following

sweeteners are allowed: acesulfame K, aspartame, cyclamate and its salts – sodium and calcium cyclamate, saccharin and its salts – sodium, potassium and calcium, thaumatin, neohesperidine DC, sucralose as well as salts of aspartame and acesulfame K. The food industry uses intensive sweeteners mainly for the production of non-alcoholic beverages and beverages with low-alcohol content (e.g. beer), concentrates, “table sweeteners”, milk beverages as well as for the production of diet foods, from which sugar needs to be eliminated. When applied, these sweeteners can be useful in the prevention and management of obesity, for people, who are interested

in restricting energy consumption without resigning from sweet taste as well as for patients with diabetes mellitus. Paradoxically simultaneously with the increase in the popularity of such products there is an increase in the number of overweight and obese people. It seems that the introduction of low-calorie or calorie-free sugar substitutes into foods can be useful as an additional element of low-calorie diet, but it also seems that the introduction of only light food without lifestyle modification does not lead to a decrease in the prevalence of overweight and obesity.

LITERATURA

- ADA (POSITION OF THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION) 2004. *Use of nutritive and nonnutritive sweeteners*. JADA 104, 255-275.
- AAP (AMERICAN ACADEMY OF PEDIATRICS, COMMITTEE ON SCHOOL HEALTH) 2004. *Soft drinks in schools*. Pediatrics 113, 152-154.
- ALLISON D. B., FONTAINE K. R., MANSON J. E., STEVENS J., VANITALLIE T. B., 1999. *Annual deaths attributable to obesity in the United States*. JAMA 282, 1530-1538.
- ARIZA A. J., CHEN E. H., BINNS H. J., CHRISTOFFEL K. K., 2004. *Risk factors for overweight in five- to six-year-old Hispanic-American children: a pilot study*. J. Urban Health 81, 150-61.
- BERKEY C. S., ROCKETT H. R., FIELD A. E., GILLMAN M. W., COLDITZ G. A., 2004. *Sugar-added beverages and adolescent weight change*. Obes. Res. 12, 778-88.
- BLACK R. M., LEITER L. A., ANDERSON G. H., 1993. *Consuming aspartame with and without taste: differential effects on appetite and food intake of young adult males*. Physiol. Behav. 53, 459-66.
- BLACKBURN G. L., KANDERS B. S., LAVIN P. T., KELLER S. D., WHATLEY J., 1997. *The effect of aspartame as part of a multidisciplinary weight-control program on short- and long-term control of body weight*. Am. J. Clin. Nutr. 65, 409-418.
- BROWN R. J., DE BANATE M. A., ROTHER K. I., 2010. *Artificial Sweeteners: A systematic review of metabolic effects in youth*. Int. J. Pediatr. Obes. E pub 18 Jan.
- BUTCHKO H. H., STARGEL W. W., COMER C. P., MAYHEW D.A., BENNINGER C., BLACKBURN G. L., DE SONNEVILLE L. M., GEHA R. S., HERTELENDY Z., KOESTNER A., LEON A. S., LIEPA G. U., MCMARTIN K. E., MENDENHALL C. L., MUNRO I. C., NOVOTNY E. J., RENWICK A. G., SCHIFFMAN S. S., SCHOMER D. L., SHAYWITZ B. A., SPIERS P. A., TEPHLY T. R., THOMAS J. A., TREFZ F. K., 2002. *Aspartame: review of safety*. Regul. Toxicol. Pharmacol. 35, S1-93.
- CANNON C. P., KUMAR A., 2009. *Treatment of overweight and obesity: lifestyle, pharmacologic, and surgical options*. Clin. Cornerstone. 9, 55-68.
- CHEN L., APPEL L. J., LORIA C., LIN P. H., CHAMPAGNE C. M., ELMER P. J., CABALLERO B., 2009. *Reduction in consumption of sugar-sweetened beverages is associated with weight loss. The premier trial*. Am. J. Clin. Nutr. 89, 1299-1306.
- COLDITZ G. A., WILLETT W. C., STAMPFER M. J., LONDON S. J., SEGAL M. R., SPEIZER F. E., 1990. *Patterns of weight change and their relation to diet in a cohort of healthy women*. Am. J. Clin. Nutr. 51, 1100-1105.
- FOWLER S. P., WILLIAMS K., RESENDEZ R. G., HUNT K. J., HAZUDA H. P., STERN M. P., 2008. *Fueling the obesity epidemic? Artificially sweetened beverage use and long-term weight gain*. Obesity (Silver Spring, Md.) 16, 1894-1900.
- GARNIER-SAGNE I., LEBLANC J. C., VERGER P., 2001. *Calculation of the intake of three intense sweeteners in young insulin-dependent diabetics*. Food Chem. Toxicol. 39, 745-749.
- GIAMMATTEI J., BLIX G., MARSHAK H. H., WOLLITZER A. O., PETTITT D. J., 2003. *Television watching and soft drink consumption: associations with obesity in 11- to 13-year-old schoolchildren*. Arch. Pediatr. Adolesc. Med. 157, 882-886.
- GROTZ V. L., MUNRO I. C., 2009. *An overview of the safety of sucralose*. Regul. Toxicol. Pharmacol. 55, 1-5.
- JAMES J., THOMAS P., CAVAN D., KERR D., 2004. *Preventing childhood obesity by reducing consumption of carbonated drinks: luster randomised controlled trial*. BMJ 328, 1237.
- KANT R., 2005. *Sweet proteins – potential replacement for artificial low calorie sweeteners*. Nutr. J. 9, 5.
- KANTOR L. S., 1998. *A dietary assessment of the U.S. food supply [microform]: comparing per capita food consumption with food guide pyramid serving recommendations*. Washington, D.C., U.S. Dept. of Agriculture, Economic Research Service.
- LUDWIG D. S., PETERSON K. E., GORTMAKER S. L., 2001. *Relation between consumption of sugar-sweetened drinks and childhood obesity: a prospective, observational analysis*. Lancet 357, 505-508.
- MALIK V. S., SCHULZE M. B., HU F. B., 2006. *Intake of sugar-sweetened beverages and weight gain: a systematic review*. Am. J. Clin. Nutr. 84, 274-288.
- MATTES R. D., POPKIN B. M., 2009. *Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms*. Am. J. Clin. Nutr. 89, 1-14.
- Mintel. Ingredient Trends - US - December 2004 - Market Research Report.
- MORRIS D. H., CUNEO P., STUART M. J., MANCE M. J., BELL K. J., PULEO E., AHMADIS, WARD A., RIPPE J. M., 1993. *High intensity sweeteners, energy and nutrient intake of overweight women and men participating in weight-loss program*. Nutr. Res. 13, 123-132.
- MURPHY M., DOUGLASS J., LATULIPPE M., BARR S., JOHNSON R. K., FRYE C., 2005. *Beverages as a source of energy and nutrients in diets of children and adolescents*. FASEB J. 19, A434.
- MUST A., SPADANO J., COAKLEY E. H., FIELD A. E., COLDITZ G., DIETZ W. H., 1999. *The disease burden associated with overweight and obesity*. JAMA 282, 1523-1529.

- OVERBY N. C., LILLEGAARD I. T., JOHANSSON L., ANDERSEN L. F., 2004. *High intake of added sugar among Norwegian children and adolescents*. Public Health Nutr. 7, 285-93.
- OYAMA Y., SAKAI H., ARATA T., OKANO Y., AKAIKE N., SAKAI K., NODA K., 2002. *Cytotoxic effects of methanol, formaldehyde, and formate on dissociated rat thymocytes: A possibility of aspartame toxicity*. Cell Biol. Toxicol. 18, 43-50.
- POPKIN B. M., NIELSEN S. J., 2003. *The sweetening of the world's diet*. Obes Res. 11, 1325-32.
- RABEN A., VASILARAS T. H., MOLLER A. C., ASTRUP A., 2002. *Sucrose compared with artificial sweeteners: different effects on ad libitum food intake and body weight after 10 wk of supplementation in overweight subjects*. Am. J. Clin. Nutr. 76, 721-729.
- ROCKETT H. R., BERKEY C. S., FIELD A. E., COLDITZ G. A., 2001. *Cross-sectional measurement of nutrient intake among adolescents in 1996*. Prev. Med. 33, 27-37.
- RODEARMEL S. J., WYATT H. R., STROEBELE N., SMITH S. M., OGDEN L. G., HILL J. O., 2007. *Small changes in dietary sugar and physical activity as an approach to preventing excessive weight gain: the America on the Move family study*. Pediatrics 120, 869-879.
- ROGERS P. J., CARLYLE J. A., HILL A. J., BLUNDELL J. E., 1988. *Uncoupling sweet taste and calories: comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake*. Physiol. Behav. 43, 547-552.
- RONDA F., GÓMEZ M., BLANCO C. A., CABALLERO P. A., 2005. *Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes*. Food Chem. 90, 549-555.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Dz. U. Nr 177, poz. 1094.
- STELLMAN S. D., GARFINKEL L., 1986. *Artificial sweetener use and one-year weight change among women*. Prev. Med. 15, 195-202.
- SUGIMORI H., YOSHIDA K., IZUNO T., ET A. L., 2004. *Analysis of factors that influence body mass index from ages 3 to 6 years: a study based on the Toyama Cohort Study*. Pediatr Int., 46, 302-310.
- SUN S. Z., EMPIE M. W., 2007. *Lack of findings for the association between obesity risk and usual sugar-sweetened beverage consumption in adults—a primary analysis of databases of CSFII-1989-1991, CSFII-1994-1998, NHANES III, and combined NHANES 1999-2002*. Food Chem. Toxicol. 45, 1523-1536.
- ŚWIDERSKI F. (red) *Towaroznawstwo żywności przetworzonej: technologia i ocena jakościowa*. Wyd. SGGW. Warszawa 2003
- SWITHERS S. E., DAVIDSON T. L., 2008. *A role for sweet taste: calorie predictive relations in energy regulation by rats*. Behav. Neurosci. 122, 161-173.
- TANASESCU M., FERRIS A. M., HIMMELGREEN D. A., RODRIGUEZ N., PE REZ-ESCAMILLA R., 2000. *Biobehavioral factors are associated with obesity in Puerto Rican children*. J. Nutr. 130, 1734-1742.
- TROIANO R. P., BRIEFEL R. R., CARROLL M. D., BIALOSTOSKY K., 2000. *Energy and fat intakes of children and adolescents in the United States: data from the National Health and Nutrition Examination Surveys*. Am. J. Clin. Nutr. 72 (Suppl.), 1343S-1353S.
- US DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, US DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Dietary Guidelines for Americans, 2005*. 6th (ed.) Washington, DC: US Government Printing Office.
- WELSH J. A., COGSWELL M. E., ROGERS S., ROCKETT H., MEI Z., GRUMMER-STRAWN L. M., 2005. *Overweight among low-income preschool children associated with the consumption of sweet drinks: Missouri, 1999-2002*. Pediatrics 115 (2). Available at: www.pediatrics.org/cgi/content/full/115/2/e223.
- YANG Q., 2010. *Gain weight by "going diet?" Artificial sweeteners and the neurobiology of sugar cravings*. Yale J. Biol. Med. 83, 101-108.