

# Cukier i substancje słodzące – ich udział w żywności

Sugar and sweeteners – their share in food

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

*Wyższa Szkoła Rehabilitacji*

## Streszczenie

W dzisiejszych czasach coraz większym zainteresowaniem cieszy się zdrowy styl życia i zdrowe żywienie. Wiedza na temat szkodliwości nadmiernego spożycia cukrów prostych w codziennej diecie jest szeroko poznana wśród współczesnych konsumentów. Cukier jest produktem wysokoenergetycznym dostarczającym aż 405kcal/100g produktu, ale nie posiadającym żadnych właściwości odżywczych. Dlatego też próbuje się zastąpić go substancjami słodzącymi, które mają równie słodki smak, ale posiadają niską wartość energetyczną lub nie posiadają jej wcale.

**Słowa kluczowe:** cukier, glukoza, fruktoza, aspartam, acesulfam, ksylitol

## Abstract

Nowadays, healthy lifestyle and healthy nutrition are becoming more and more popular. Knowledge about the harmfulness of excessive consumption of simple sugars in the daily diet is widely known among modern consumers. Sugar is a high-energy product providing as much as 405kcal/100g of product, but with no nutritional properties. Therefore, it tries to replace it with sweeteners that have an equally sweet taste, but have a low energy value or do not have it at all.

**Keywords:** sugar, glucose, fructose, aspartame, acesulfame, xylitol

---

## Wstęp

Energia potrzebna do utrzymania procesów życiowych i codziennego funkcjonowania jest czerpana przez organizm z węglowodanów i tłuszczów, a w mniejszym stopniu z białek. Prawidłowo zbilansowana dieta powinna pokrywać przeciętne zapotrzebowanie energetyczne 1500–2500 kcal [2,11,20].

Węglowodany to dla człowieka główne źródło energii. Występują one w postaci łatwo i szybko wchłaniających się cukrów zawartych w miodzie, cukrze, przetworach owocowych słodzonych, słodyczach, oraz w postaci węglowodanów złożonych wymagających dłuższego trawienia

(w produktach zbożowych, ryżu, kaszach, makaronie, pieczywie i ziemniakach). Powszechnie wiadomo również, że niedobór lub nadmiar niektórych substancji przyczynia się do rozwoju wielu chorób cywilizacyjnych [26].

Najpopularniejszym cukrem jest sacharoza nazywana również cukrem stołowym, która jest pozyskiwana z buraków cukrowych lub trzciny cukrowej. Cukier ogólnie dostępny jest jednak mocno oczyszczony czyli rafinowany, a więc pozbawiony wszystkich substancji odżywczych. Ze względu, iż cukier spożywczy nie posiada żadnych niezbędnych składników odżywczych oprócz wartości energetycznej, nie powinien on stanowić więcej niż 10% energii dostarczanej

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

codziennie do organizmu. Do cukrów należą również m.in. glukoza, fruktoza i laktoza [2,16,20].

Cukry dostarczają organizmowi energii niezbędnej dla prawidłowego funkcjonowania mózgu, układu nerwowego i mięśni. Nadmiar cukrów prostych w diecie powoduje wzrost masy ciała oraz prowadzi do niektórych chorób cywilizacyjnych, takich jak: cukrzyca, otyłość, a także choroby sercowo-naczyniowe [4].

## Charakterystyka i podział cukrów

Jednym z podstawowych składników diety są węglowodany, które z pewnością można nazwać najłatwiej dostępnym źródłem energii. Szacuje się, że stanowią one 80% suchej masy roślinnej i około 2% masy zwierzęcej. Odpowiadają one za prawidłowy przebieg wielu procesów życiowych, są paliwem dla mięśni. Wartość energetyczna 1g węglowodanów to 4 kalorie. Zarówno ich nadmiar jak i niedobór może być szkodliwy dla organizmu. Po strawieniu i wchłonięciu do tkanek w formie glukozy są utleniane do dwutlenku węgla i wody, wytwarzając energię, która jest wykorzystywana w miarę potrzeb organizmu [21].

Z chemicznego punktu widzenia węglowodany zbudowane są węgla, wodoru i tlenu. Zawierają kilka i więcej grup hydroksylowych i co najmniej jedną grupę karbonylową: aldehydową i ketonową [2,20]. Związki chemiczne należące do grupy węglowodanów można podzielić na grupy, biorąc pod uwagę nie tylko wielkość i skład cząsteczki, ale również ze względu na znaczenie węglowodanów w żywieniu człowieka oraz ich metabolizm [6].

Dzieląc je pod względem znaczenia w żywieniu człowieka wyróżnia się cukier dodany stosowany przy wytwarzaniu i produkcji żywności jako sacharoza, fruktoza, glukoza, syrop glukozowo-fruktozowy, oraz alkohole wodorotlenowe, np. sorbitol, ksylitol, mannitol [2,16].

Wziąwszy pod uwagę metabolizm węglowodanów w organizmie człowieka dzieli się je na: przyswajalne i nie przyswajalne. Węglowodany przyswajalne są trawione i wchłaniane w jelicie cienkim człowieka, z kolei nie przyswajalne przechodzą przez przewód pokarmowy niestrawione

do jelita grubego. Stają się tam substratem dla mikroflory okrężnicy.

Na podstawie wielkości i składu cząsteczki węglowodany dzieli się na:

- **monosacharydy** – cukry proste;
- **oligosacharydy** – dwucukry;
- **polisacharydy** – wielocukry [2].

Zgodnie z definicją Komisji Europejskiej węglowodany oznaczają wszelkie węglowodany, które podlegają procesom metabolizmu w organizmie człowieka, cukry zaś to wszystkie cukry proste i dwucukry obecne w żywności, z wyjątkiem alkoholi wielowodorotlenowych [5].

## Cukry proste

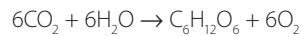
Monosacharydy są cukrami prostymi, których nie można rozłożyć na inne składniki cukrowe [27]. Źródło cukrów prostych w żywności to w większości owoce, warzywa, produkty mleczne, makarony, biały ryż, białe pieczywo, słodczyce oraz napoje słodzone [2,20].

Wśród monosacharydów wyróżniamy dwie grupy – aldozy zawierające grupę aldehydową oraz ketozy zawierające grupę ketonową. Dalsza klasyfikacja oparta jest na liczbie atomów węgla w cząsteczce. Aldozy mające 3,4,5,6 atomów węgla w łańcuchu nazywamy odpowiednio trio- zami, tetrozami, pentozami, heksozami [6].

Na największą uwagę ze względu na znaczenie biologiczne zasługują pentozy i heksozy. Pentozy są istotnymi składnikami nukleotydów budujących RNA, kwasów nukleinowych i wielu koenzymów. Najważniejsze heksozy to przede wszystkim glukoza oraz jej izomery: fruktoza i galaktoza [2,20].

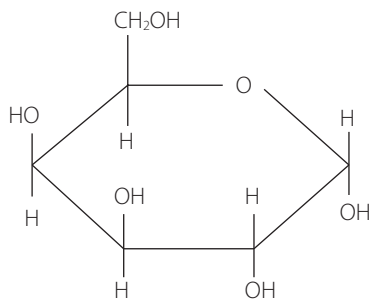
## Glukoza

Glukoza to związek chemiczny z grupy monosacharydów. Zdecydowanie można określić ją jako najważniejszy z cukrów prostych. Występuje we wszystkich organizmach żywych, a w roślinach powstaje w procesie fotosyntezy.



Zwierzęta i człowiek pobierają ją w postaci wolnej, a także jako składnik cukrów złożonych, wraz z pożywieniem. W stanie wolnym występuje w owocach i miodzie. Jest składnikiem oligosacharydów i polisacharydów: glikogenu, skrobi oraz celulozy [20,27].

Stanowi główne źródło energii dla tkanek organizmu ludzkiego (mózgu, rdzenia kręgowego i erytrocytów) i jest podstawowym substratem utleniania komórkowego. Jest wykorzystywana jako substrat energetyczny przez tkankę mięśniową, wątrobę, serce, nerki i jelita [2,20].



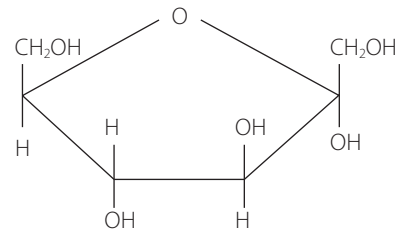
Rycina 1. Wzór strukturalny glukozy [27]

W organizmie człowieka glukoza magazynowana jest w postaci glikogenu w wątrobie i mięśniach. Stężenie glukozy we krwi przy niedostatecznej ilości węglowodanów w diecie wyrównywane jest w procesie glikogenolizy, czyli rozpadu glikogenu wątrobowego w przeciwieństwie do glikogenu wątroby, glikogen zmagazynowany w mięśniach jest zużywany jedynie dla ich własnych potrzeb energetycznych i nie może być wykorzystany do regulacji poziomu glukozy we krwi [6].

## Fruktoza

Fruktoza jest organicznym związkiem chemicznym należącym do grupy monosacharydów. W stanie wolnym naturalnie występuje w owocach i miodzie, dlatego często jest też nazywana cukrem owocowym. Ze względu na to, że charak-

teryzuje się smakiem słodkim, znalazła zastosowanie jako środek słodzący w wielu produktach. Dostarczana jest do organizmu również w postaci sacharozy [2].



Rycina 2. Wzór strukturalny fruktozy [27]

Fruktoza wchłaniana jest z jelita cienkiego, skąd transportowana jest żyłą wrotną do wątroby, gdzie ulega dalszym przemianom metabolicznym. Brak glukozy w treści jelitowej powoduje, że absorpcja fruktozy nie jest całkowita, przechodzi ona do jelita grubego, gdzie stanowi pożywkę do rozwoju bakterii [16]. Wątroba jest jedynym miejscem metabolizmu fruktozy, głównie ze względu na obecność enzymu o nazwie fruktokinaza [6].

Spożywanie nadmiernych ilości fruktozy może niekorzystnie oddziaływać na organizm człowieka. Obecność większych ilości fruktozy w diecie może prowadzić do zaburzenia odczuwania sytości i głodu. Nie pobudza ona bowiem wydzielania insuliny i leptyny – hormonów, które wpływają na ośrodek sytości, hamując pobieranie pokarmu. Fruktoza spożywana wraz z pożywieniem w rozsądnych ilościach nie ma negatywnego wpływu na organizm człowieka. Dopiero kiedy dostarczana jest w nadmiernych ilościach może być przyczyną niekorzystnych zmian metabolicznych. Długotrwałe dostarczanie do organizmu nadmiaru fruktozy może przyczyniać się do zmniejszenia odpowiedzi insulinowej oraz do zmniejszenia produkcji leptyny. Efektem może być wzmożone pobieranie pokarmu a następnie przyrost masy ciała [6].

Skutkiem niekontrolowanego metabolizmu fruktozy jest nagromadzenie ubocznego produktu przemian w postaci AMP (kwas adenylomonofosforowy), który następnie rozkładany

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

jest do kwasu moczowego. Wiele badań wykazuje związek pomiędzy dietą bogatą w fruktozę, a stężeniem kwasu moczowego w surowicy krwi. Wzmoczona produkcja kwasu moczowego zwiększa z kolei ryzyko powstawania kamieni nerkowych, rozwoju dny moczanowej oraz chorób sercowo-naczyniowych [7].

Zastosowanie w produktach spożywczych dodatku syropu glukozowo-fruktozowego zawierającego fruktozę przyczyniło się jednak do wzrostu spożycia fruktozy. Syrop glukozowo-fruktozowy otrzymuje się ze skrobi kukurydzianej. Pod wpływem kwasów i enzymów przetwarzana jest ona do formy gęstego syropu słodzącego. Ze względu na niski koszt produkcji, walorom smakowym oraz płynnej konsystencji znalazł uznanie wśród producentów żywności. W produktach spożywczych występuje pod nazwą handlową izoglukoza, syrop wysokofruktozowy (ang. HFS High Fructose Syrup) lub wysokofruktozowy syrop kukurydziany (ang. HFCS High Fructose Corn Syrup). Stosunek zawartości glukozy i fruktozy w syropie determinuje jego nazwę – glukozowo-fruktozowy lub fruktozowo-glukozowy. Aktualnie w Polsce brak jest jednak konsekwencji w stosowaniu nazw syropów [12,16].

## Cukry złożone

Węglowodany złożone zawierają w cząsteczce od kilku do kilkudziesięciu tysięcy cząsteczek cukrów prostych, połączonych ze sobą wiązaniem glikozydowym. Ze względu na ilość połączonych ze sobą cząsteczek dzieli się je na dwie grupy – oligosacharydy o stosunkowo małej masie cząsteczkowej oraz polisacharydy [2].

## Oligosacharydy

Oligosacharydy zawierają od dwóch do dziesięciu cukrów prostych i w większości powstają w wyniku częściowego rozpadu polisacharydów. Najprostszymi disacharydami są dwucukry zbudowane z dwóch cząsteczek monosacharydów. Do najistotniejszych w żywieniu człowieka należy sacharoza, laktoza oraz maltoza [2,20].

## Sacharoza

Sacharoza jest dwucukrem, należy zatem do węglowodanów prostych. Zbudowana jest z cząstek D-fruktozy i D-glukozy, połączonych ze sobą wiązaniem glikozydowym [2].

Pozyskiwana jest z buraków cukrowych oraz trzciny cukrowej, dlatego potocznie nazywana jest cukrem buraczanym lub trzcinowym. Powszechnie używana jest jako środek słodzący. W procesach przemysłowego oczyszczania pozbawiona jest jednak wszystkich składników odżywczych i witamin [2,8].

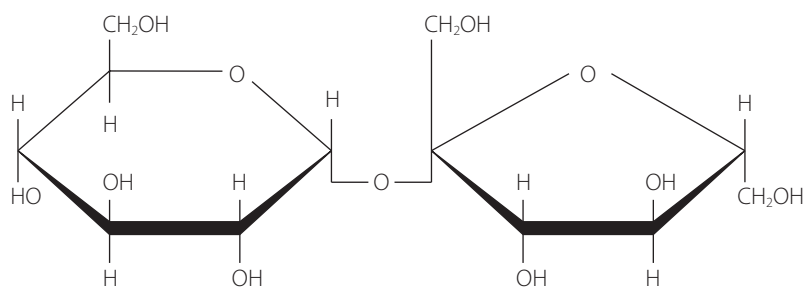
Sacharoza w temperaturze pokojowej jest bezbarwnym, krystalicznym ciałem stałym. Jest substancją nietoksyczną. Wykazuje bardzo dobrą rozpuszczalność w wodzie. Ze względu na znaczną wartość energetyczną oraz słodki smak jest jednym z najbardziej powszechnych środków słodzących. Poza walorami smakowymi pełni rolę wypełniacza nadającego strukturę produktom spożywczym, np. uczestniczy w nadawaniu lepkości, żelowaniu [18]. W wyniku hydrolizy sacharozy zachodzącej w środowisku lekko kwaśnym, powstaje mieszanina zwana cukrem inwertowanym. Jest on głównym składnikiem miódów sztucznych i jest on także słodszy od sacharozy [21].

Źródłem sacharozy są buraki cukrowe oraz trzcina cukrowa, stąd nazywana jest cukrem buraczanym i trzcinowym. Znajduje się ona również w niektórych warzywach takich jak groszek zielony, marchew, pietruszka i owocach jak banany, jabłka, mandarynki. W procesie obróbki tych roślin tracone są wszelkie składniki odżywcze [2,20,21].

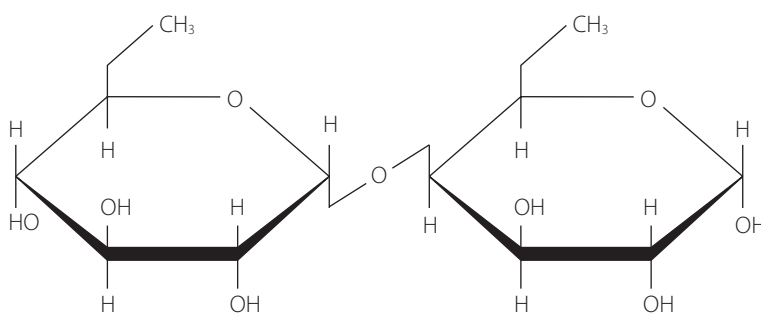
## Laktoza

Laktoza zbudowana jest z cząsteczki D-glukozy oraz D-galaktozy, które połączone są wiązaniem  $\beta$ -1,4-glikozydowym. Występuje w mleku wszystkich ssaków. Mleko krowie zawiera 7% laktozy, a mleko krowie około 5% [11].

Choć zwana jest cukrem mlecznym występuje również w mięsie i jego przetworach (wędliny pakowane próżniowo). Stanowi dodatek do zup



Rycina 3. Wzór strukturalny sacharozy [27]



Rycina 4. Wzór strukturalny laktozy [27]

i sosów w proszku, pieczywie i lekach. Stosuje się ją jako polepszacz smaku i składnik słodzików.

W przewodzie pokarmowym człowieka pod wpływem enzymu laktazy ulega rozpadowi do glukozy i galaktozy [25,27].

Laktoza w przewodzie pokarmowym wykazuje działanie probiotyczne pobudzając rozwój flory jelitowej przez obniżenie pH treści pokarmowej, co przeciwdziała procesom fermentacji. Pomimo dobroczynnego wpływu laktozy na przewód pokarmowy, niektóre osoby wykazują jej nietolerancję [25].

## Polisacharydy

Polisacharydy to wielcząsteczkowe polimery zbudowane z monosacharydów. Zawierają wiele setek, a nawet tysięcy cząsteczek cukrów prostych [4]. Polisacharydy nie wykazują smaku słodkiego. Są rozpowszechnione w organizmach roślinnych, gdzie stanowią materiał zapasowy oraz strukturalny. Do polisacharydów należy skrobia i celuloza [8,21].

Skrobia jest polisacharydem roślinnym złożonym wyłącznie z glukozy. Pod względem chemicznym jest związkiem niejednorodnym zbudowanym z amylozy i amylopektyny. Skrobia jest magazynowana w owocach, nasionach, korzeniach i kłęczach [8,11].

Celuloza jest nierozpuszczalnym, nierozgałęzionym polisacharydem zbudowanym z cząsteczek glukozy. Stanowi składnik roślinnych ścian komórkowych [8,11].

## Wpływ cukru na organizm człowieka

Zapotrzebowanie człowieka na węglowodany jest związane z wiekiem, płcią, rodzajem wykonywanej pracy, stanem fizjologicznym [2]. Według najnowszych zaleceń węglowodany powinny stanowić 50–70% energii dostarczanej wraz z pożywieniem. Ich nadmiar w diecie, szczególnie cukrów prostych może być czynnikiem zwiększenia ryzyka wystąpienia chorób przewlekłych i zwyrodnieniowych, zwanych chorobami cywilizacyjnymi [4].

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

Coraz bardziej podnosi się rolę cukru dodanego do żywności w rozwoju otyłości i cukrzycy, a także jego niekorzystny wpływ na inne czynniki ryzyka chorób sercowo-naczyniowych [4]. Cukrem dodanym nazywa się cukier lub syrop wykorzystany w procesie produkcji żywności oraz cukier spożywczy, dostępny w domu większości konsumentów. Może nim być cukier biały i brązowy, syrop kukurydziany, klonowy i fruktozowy, melasa cukrowa, dekstroza krystaliczna oraz miód. Szczególnie dużo cukrów prostych znajduje się w napojach gazowanych i energetyzujących, słodyczach oraz wyrobach cukierniczych [7].

Obecnie w przemyśle bardzo często sacharozę zastępuje się syropami wysokofruktozowymi. Od sacharozy różnią się one tym, że zamiast dwucukru zawierają wolną glukozę i wolną fruktozę w różnych proporcjach. Syropy wysokofruktozowe są chętnie stosowane ze względu na niski koszt ich wyprodukowania, smak i zapach wyraźniejszy od zwykłego cukru, a płynna konsystencja zapewnia łatwiejsze stosowanie w produkcji żywności, jak i w transporcie [16].

Liczne badania dowodzą jednak, że w diecie większości obywateli Unii Europejskiej, zbyt duży udział energii w całodzienniej racji pokarmowej pochodzi z cukrów prostych i węglowodanów rafinowanych [16]. Poprzez spożywanie coraz większych ilości napojów słodkich, gazowanych oraz słodczy zwiększa się tym samym spożycie fruktozy i sacharozy.

Obecność większych ilości fruktozy w diecie może prowadzić do zaburzenia odczuwania głodu i sytości, ponieważ fruktoza nie pobudza wydzielania insuliny i leptyny – hormonów, które wpływają na ośrodek sytości, hamując pobieranie pokarmu. Efektem jest nadmierne pobieranie pokarmu, co prowadzi do przyrostu tkanki tłuszczowej. Nadmiar fruktozy w diecie może także przyczyniać się do zaburzeń gospodarki lipidowej, sprzyja wzmożonej produkcji kwasu moczowego, co zwiększa ryzyko powstania kamieni nerkowych. Innym skutkiem ubocznym zaburzeń funkcji ośrodka głodu i sytości jest hamowanie apetytu. Mechanizm za pomocą którego węglowodany prawdopodobnie regulują uczucie sytości i spożycie pokarmu polega na oddziaływaniu na

poziom glukozy we krwi. Spożywanie nadmiaru węglowodanów w postaci słodkich produktów (batony czekoladowe, słodkie napoje) dostarcza energii, ale tłumi apetyt, przez co uniemożliwione jest przyjmowanie niezbędnych składników odżywczych nie występujących w słodkich przekąskach [9].

Spożywanie zbyt dużych ilości cukrów prostych wiąże się przede wszystkim z dostarczaniem zbyt dużej ilości energii łatwo przyswajalnej do organizmu. Cukier rafinowany przechodzi podrażnia śluzówkę żołądka powodując nadmierną produkcję soku żołądkowego, niszczy błonę śluzową jelit przez co dochodzi do zaburzenia flory bakteryjnej, czego skutkiem są grzybice. Zaobserwowano również zaburzenia procesu trawienia prowadzące do zapań. Nadmierne spożycie cukrów sztucznie dodawanych do pokarmów takich jak glukoza, fruktoza i sacharoza prowadzi do rozwoju próchnicy zębów. Bakterie bytujące na płycie nazębnej (np. *Streptococcus mutans*, *Streptococcus mitis*) odżywiają się nimi wytwarzając na drodze ich fermentacji kwas mlekowy, który głównie powoduje demineralizację szkliwa czyli próchnicę [19].

Podczas trawienia cukrów zużywane są duże ilości minerałów i witamin (wapń, fosfor, magnez, chrom, witamina B). Niedostatek wapnia w organizmie prowadzi do zaburzeń równowagi kwasowo-zasadowej. Niedobory mineralne i witaminowe powodują upośledzenie procesów biochemicznych objawiających się zaburzeniami przemiany lipidów, podwyższonym ciśnieniem krwi, chorobami układu krążenia.

Nadmiar wartości energetycznej prowadzi zatem do wzrostu masy ciała i jest czynnikiem zwiększonego ryzyka wystąpienia otyłości. Nagłe skoki glukozy we krwi na skutek dostarczania do organizmu produktów o dużej ilości cukrów, pobudzają wysepki  $\beta$ -Langerhansa trzustki do wydzielania hormonu obniżającego jej stężenie, czyli insuliny [7]. Regularna konsumpcja cukrów prostych może doprowadzić do insulinooporności, czyli zmniejszenia wrażliwości tkanek obwodowych na insulinę oraz cukrzycy typu 2. Dieta w cukrzycy jest zatem nieodłącznym elementem leczenia. Bardzo ważne dla osób chorych na cukrzycę jest właśnie ograniczenie spożycia

cukrów prostych na rzecz węglowodanów złożonych, które uwalniają glukozę powoli. Dobrym rozwiązaniem dla osób z cukrzycą są substancje słodzące [4]. Hiperglikemia poposiłkowa, a więc wysokie stężenie wolnej glukozy we krwi po posiłku wpływa znacząco na wzrost i proliferację komórek nowotworowych. Sprzyja powstawaniu zmian metabolicznych zarówno na poziomie komórkowym jak i tkankowym. W efekcie dochodzi do glikacji białek, zmian frakcji lipidowych, nasileniu dynamiki stresu oksydacyjnego [13].

Wyniki badań wskazują, że dieta obfitująca w produkty o wysokim indeksie glikemicznym (przekraczającym 70) może zwiększać ryzyko zachorowania na nowotwory złośliwe, w tym także na raka piersi. Mechanizm wyzwalający chorobę nowotworową pod wpływem wysokiego indeksu glikemicznego nie jest do końca poznany, ale jego podstaw należy prawdopodobnie szukać w insulinooporności i hiperinsulinemii. Wśród chorych z rakiem piersi znacznie częściej, bo u około 50–70%, stwierdza się cukrzycę typu 2 i insulinooporność [3,13]. Zaburzenia gospodarki węglowodanowej takie jak: nieprawidłowa tolerancja glukozy, czy cukrzyca mogą być objawem rozwijającego się raka trzustki [13].

## Ogólna charakterystyka najczęstszych substancji intensywnie słodzących

Substancje słodzące, potocznie nazywane słodzikami, odgrywają w przemyśle spożywczym coraz większą rolę. W przeciwieństwie do tradycyjnych cukrów, takich jak glukoza, fruktoza czy sacharoza, należą do związków, które zasadniczo nie mają właściwości odżywczej (ang. Nonnutrive Sweeteners – NNS). Na szeroką skalę stosowane są w przemyśle piekarniczym i cukierniczym, w przemyśle mleczarskim oraz do produkcji napojów. Stosuje się je także jako substancje słodzące w produktach specjalnego przeznaczenia, tj. w suplementach diety oraz w lekarstwach [23].

Niskokaloryczne substancje słodzące towarzyszą człowiekowi już od bardzo dawna. Pierwszym sztucznym substytutem cukru była sacharyna, wyprodukowana w 1879r. Wówczas cieszyła się ona szczególną popularnością ze

względu na bardzo niski koszt wyprodukowania i małą dostępność naturalnego cukru. Obecnie w produktach o obniżonej zawartości cukru dostępnych na rynku, najczęściej stosuje się substancje słodzące takie jak aspartam, acesulfam K, ksylitol. Substancje intensywnie słodzące charakteryzują się dużo wyższą siłą słodzącą niż sacharoza, czyli cukier spożywczy. Jednak najważniejszą korzyścią z ich stosowania jako zamiennika sacharozy jest to, że nie dostarczają dodatkowych kalorii lub dostarczają ich małą ilość, przez co mogą być spożywane przez osoby na diecie redukującej masę ciała lub starające się utrzymać optymalną wagę [22].

Warunki stosowania substancji słodzących przez producentów żywności są ściśle określone m.in. w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010r., w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Rozporządzenie określa substancje słodzące, które mogą być stosowane w produktach spożywczych oraz ich maksymalną dawkę jaka może być użyta w danym środku spożywczym. Ilość dodawanej substancji definiuje się jako ADI (ang. Acceptable Daily Intake). Według definicji WHO jest to ilość substancji wyrażona w mg na kilogram 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 [14].

## Aspartam

Aspartam (E-951) jest substancją słodzącą zdecydowanie najpopularniejszą, najbardziej kontrowersyjną wśród substytutów cukru oraz najlepiej przebadaną. Został on odkryty w 1965r., a kilka lat później zatwierdzony przez Amerykańską Agencję Żywności i Leków do zastosowania ogólnego w żywności. Wykazuje słodycz 180 razy większą od sacharozy [23]. Wartość energetyczna aspartamu to 4 kcal/g, przy czym, aby uzyskać słodki smak wystarczy jego minimalna ilość, dlatego nie odgrywa istotnej roli w kaloryczności codziennej diety. Dopuszczalne dzienne pobranie przez człowieka dla aspartamu ustalono na poziomie 0–40 mg/ kg masy ciała na dzień.

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

Oznacza to, że ilość ta może być spożywana przez człowieka codziennie bez szkody dla zdrowia [15,17].

Aspartam jest powszechnie dodawaną substancją w produkcji żywności. Znajduje się w przetworach mlecznych o obniżonej zawartości cukru, napojach niskokalorycznych, gumach do żucia, drażetkach odświeżających oddech, a także w pakowanych wędlinach i rybach jako dodatek o symbolu E 951.

Aspartam pod względem chemicznym jest estrem metylowym dipeptydu składającym się z dwóch występujących naturalnie reszt aminokwasowych – fenyloalaniny i kwasu asparaginowego. W organizmie człowieka (w jelitach) ulega rozkładowi do kwasu asparaginowego, fenyloalaniny i metanolu [8,9,10,14,21,26]. Metanol powstaje w wyniku reakcji enzymu chymotrypsyny z grupą metylową aspartamu. W kolejnym etapie metanol jest utleniany do formaldehydu i kwasu mrówkowego. Oba te związki wykazują działanie toksyczne i są przyczyną wielu wątpliwości odnośnie bezpiecznego stosowania go w żywności [17,23,26]. Grupa ekspertów badających aspartam, stwierdziła, że metanol pochodzący z aspartamu stanowi niewielką część całkowitej ekspozycji na ten składnik, ponieważ jest on również produkowany w organizmie człowieka podczas trawienia owoców i warzyw [15].

Drugi produkt rozkładu aspartamu kwas asparaginowy to związek chemiczny należący do grupy aminokwasów. W procesie przemian powstaje z niego asparaginian będący neuroprzekaznikiem, umożliwiającym przepływ informacji pomiędzy neuronami w mózgu. Organizm człowieka jest zdolny sam go wytwarzać i w zupełności samodzielnie zaspokajając własne zapotrzebowanie. Zbyt wysokie stężenie neuroprzekazników powoduje jednak nadmierne pobudzenie komórek nerwowych, co może prowadzić do ich obumierania. Z tego względu nadmierne spożycie kwasu asparaginowego występującego w aspartamie może być przyczyną zaburzeń neurologicznych [26].

Ogrzewanie oraz długotrwałe przechowywanie aspartamu jest przyczyną zmian chemicznych, które prowadzą do powstania szkodliwego związku – diketopiperazyny [9]. Substancja ta

jest o wiele bardziej szkodliwa niż sam aspartam. Przypisuje jej się wpływ na powstawanie nowotworów mózgu [21,26].

W roku 2013 Europejski Urząd do spraw Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) przeprowadził pełną ocenę aspartamu biorąc pod uwagę wszystkie dostępne na jego temat i produktów jego rozpadu informacje naukowe, w tym również badania przeprowadzone na zwierzętach i ludziach. Dnia 10 grudnia 2013r. EFSA wydała opinię na temat aspartamu, uznając, że obecna wartość akceptowanego dziennego pobrania wynosząca 40 mg/kg masy ciała dziennie jest bezpieczna dla populacji ogólnej na obecnych poziomach narażenia [17]. Wartość ta nie ma jednak zastosowania u osób, u których stwierdzono fenyloketonurię, gdyż wymagają oni ścisłego przestrzegania diety o niskiej zawartości fenyloalaniny [9,14,21,23]. O chorobie tej decyduje niedobór aktywności hydroksylazy fenyloalaninowej, która w wątrobie katalizuje przekształcenie fenyloalaniny do tyrozyny [20].

## Acesulfam K

Acesulfam K (E-950) jest solą potasową o krystalicznej budowie. Jest około 200 razy słodszy od sacharozy. Przy większych stężeniach cechuje się wyczuwalnym posmakiem chemicznym, gorzkim i metalicznym [14,24]. Charakteryzuje się wysoką stabilnością chemiczną zarówno w niskim pH jak i wysokich temperaturach. Z tego względu cieszy się zainteresowaniem w przemyśle spożywczym, szczególnie w tych produktach, które muszą być poddawane procesom ogrzewania. Nie podlega on metabolizmowi w organizmie człowieka i jest prawie w całości wydalany wraz z moczem w postaci niezmienionej. Nie ulega kumulacji w organizmie [15].

Acesulfam K stosowany jest w produkcji bezalkoholowych napojów bez dodatku cukru, dietetycznych produktów mlecznych, soków owocowych o obniżonej kaloryczności, gum do żucia, dżemów, śniadaniowych przetworów zbożowych, musztardy. Jest głównym składnikiem wielu słodzików [15,17]. Mimo tych korzystnych właściwości farmakokinetycznych przeprowadzone



badania naukowe wykazały, iż w nadmiernych ilościach może on wchodzić w interakcje z DNA komórkowym i prowadzić do zmian cytotoksycznych komórek [26].

Dopuszczalne ADI dla tej substancji wynosi 15 mg/kg masy ciała na dzień [9]. Stosowany w rozsądnych, zalecanych ilościach stanowić może alternatywę dla nadużywanej sacharozy i syropów glukozowo-fruktozowych niwelując ich niekorzystny wpływ na organizm człowieka, obniżając wartość energetyczną produktów i jednocześnie zaspokajając pożądany słodki smak [26].

## Ksylitol

Ksylitol (E-967) jest organicznym związkiem chemicznym należącym do grupy alkoholi cukrowych. Został on odkryty w XIX w., ale zainteresowanie nim gwałtownie wzrosło w czasie drugiej wojny światowej (Anglia), kiedy na rynku brakowało cukru. Ksyloza, z której otrzymuje się ksylitol, występuje w szeregu owoców jak truskawki, maliny, śliwki, gruszki, porzeczki, a także w warzywach takich jak np. kalafior. Jednak otrzymywanie ksylitolu z któregośkolwiek z tych źródeł nie jest opłacalne. Obecnie pozyskuje się go z kory drzewa brzozy [10]. Ksylitol wytwarza się także naturalnie w organizmie człowieka w procesach trawienia. W przeciwieństwie do sacharozy ksylitol daje odczyn zasadowy. Zastąpienie cukru buraczanego ksylitolem stabilizuje równowagę kwasowo-zasadową organizmu [24].

Ksylitol wchłania się w przewodzie pokarmowym powoli, a jego metabolizm nie powoduje wzrostu stężenia glukozy we krwi i nie stymuluje wydzielania insuliny. Z tego względu polecany jest szczególnie diabetikom, osobom walczącym z nadwagą, cukrzycą, zakłóconą tolerancją glukozy i insulinoopornością jako substytut cukru. Ksylitol pomaga nie tylko ograniczyć wartość energetyczną diety i utrzymać prawidłową wagę, ale również przyczynia się do poprawy zdrowia. [26].

W roku 1996 Wspólny Komitet Ekspertów dla Dodatków Żywności (JECFA) nie określił górnej granicy spożycia ADI, co oznacza, że jest

on bezpieczny dla zdrowia niezależnie od spożywanej ilości dziennej. Jednakże jego nadmiar w diecie może prowadzić do nadmiernego gromadzenia się gazów w jelitach, lekkich biegunek lub skurczów. Należy podkreślić, iż ksylitol spowalnia opróżnianie żołądka oraz działa podobnie do błonnika pokarmowego. W organizmie jest stopniowo przekształcany w glukozę i glikogen, dlatego może być użyteczny podczas odbudowywania zasobów energetycznych po wyczerpujących ćwiczeniach fizycznych [26]. Ponadto udowodniono, że ksylitol zwiększa przyswajanie wapnia przez kości, dlatego korzystnie wpływa na układ kostny człowieka. Ksylitol posiada również właściwości antybakteryjne i przeciwgrzybicze. Z tego względu polecany jest osobom zmagającym się z chorobami bakteryjnymi oraz grzybicą. W przemyśle stosuje się go do produkcji gum do żucia, cukierków miętowych oraz past do zębów. Ze względu na swoje właściwości jest pomocny w utrzymaniu higieny jamy ustnej, zapobieganiu próchnicy i innych chorób zębów. Ksylitol powoduje rozluźnienie struktury bakterii na szkliwie zębowym, zwiększa przepływ śliny w jamie ustnej, oczyszcza i chroni zęby przed uszkodzeniami [10].

## Udział substancji słodzących w żywności

Rosnące zapotrzebowanie na produkty o obniżonej wartości energetycznej, ale zachowujące pożądany przez konsumenta słodki smak, oraz kontrowersje pojawiające się w odpowiedzi na coraz szersze zastosowanie takich produktów przez różne grupy populacyjne, wymusza z jednej strony badania nad ich bezpieczeństwem, a z drugiej, próby znalezienia idealnej substancji zastępującej cukier [14].

Wszystkie substancje intensywnie słodzące zostały bardzo dobrze przebadane przed dopuszczeniem ich do obrotu i stosowania w żywności [1]. Stosowanie substancji słodzących jest określane przez organy państwowe z całego świata. Podczas oceny bezpieczeństwa, prowadzonej przez Europejski Urząd Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) dla każdej substancji słodzącej

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

Tabela 1. Wykaz dopuszczonych do obrotu substancji intensywnie słodzących wraz z nadanym numerem E i dopuszczalnym dziennym spożyciem (ADI) [26]

| Substancje słodzące syntetyczne | Numer E | ADI  |
|---------------------------------|---------|------|
| Aspartam                        | E951    | 0–40 |
| Acesulfam-K                     | E950    | 0–15 |
| Sól aspartamu-acesulfamu        | E962    | –    |
| Cyklaminian                     | E952    | 0–7  |
| Neohesperydyna DC               | E959    | –    |
| Sacharyna                       | E954    | 0–5  |
| Sukraloza                       | E955    | 0–15 |
| Taumatyna                       | E957    | –    |
| Neotam                          | E961    | 0–2  |
| Erytrol                         | E968    | –    |
| Glikozydy stewiolowe            | E960    | 0–4  |

ustalane jest dopuszczalne spożycie. Po uznaniu przez Komisję Europejską substancji za bezpieczną dodatek do żywności otrzymuje numer E. Numer E oznacza więc, że dodatek został przebadany, dopuszczony do obrotu i jest bezpieczny dla człowieka [12,26].

Na obszarze Unii Europejskiej, na podstawie badań nad bezpieczeństwem i pozytywnych opinii Europejskiego Urzędu do spraw Bezpieczeństwa Żywności i Składników Pokarmowych, do stosowania dopuszczono jedenaście niskokalorycznych substancji słodzących [4]. Wykaz substancji intensywnie słodzących wraz z ich oznaczeniem w produktach spożywczych i wyznaczonym dopuszczalnym spożyciem ADI przedstawiono w tabeli 1. Pozostałe substancje są bardzo rzadko stosowane w przemyśle spożywczym, dlatego nie wyznaczono dla nich ADI [26].

Niebezpieczeństwo ze spożywania substancji słodzących może wynikać z faktu, iż producenci artykułów spożywczych, aby uzyskać pożądaną słodycz danego produktu, używają często jednocześnie kilku substancji intensywnie słodzących. Przykładem takiej mieszaniny jest połączenie acesulfamu K z aspartamem. W ten sposób nie przekracza się poziomu ADI dla pojedynczego związku chemicznego, nie zwraca się jednak uwagi na całość produktu. Obecnie nie ma opracowanych jasnych kryteriów oceniających sumaryczną ilość wszystkich substancji słodzących [15].

Obniżenie kaloryczności spożywanych produktów, przy jednoczesnym zachowaniu ich słodkiego smaku, to niewątpliwie największa zaleta stosowania substancji intensywnie słodzących. Może być to szczególnie pomocne w zapobieganiu oraz leczeniu otyłości i cukrzycy.

Polskie Towarzystwo Badań nad otyłością i Polskie Towarzystwo Diabetologiczne rekomendują zastępowanie sacharozy niskokalorycznymi substancjami słodzącymi przez osoby z rozpoznaniem nadwagi i otyłości, a szczególnie przy zaburzeniach gospodarki węglowodanowej. Podkreślają również korzystne działanie niskokalorycznych substancji słodzących na masę ciała u dzieci i młodzieży [2]. Należy jednak zwrócić uwagę na konieczność analizowania kaloryczności produktów, w których cukier zastąpiono substancjami słodzącymi. Pomimo tej modyfikacji niektóre produkty mogą nadal cechować się wysoką energetycznością ze względu na zawartość tłuszczu i przyczyniać się do wzrostu masy ciała, a przez to pogarszać kontrolę glikemii. W rozwoju nadwagi oraz otyłości i jej powikłań istotne znaczenie ma także spożycie tłuszczów, szczególnie nasyconych, których ilość w diecie powinno się ograniczyć.

Polskie Towarzystwa podkreślają także, że spożywanie produktów, których kaloryczność została obniżona dzięki zastosowaniu niskokalorycznych substancji słodzących, nie może być jedynym elementem zmian stylu życia [4]. Jest

to jedynie sposób na wykluczenie z diety cukrów prostych przy zachowaniu słodkiego smaku spożywanych produktów, co może ułatwić realizację zaleceń dietetycznych i kontrolę glikemii. Należy pamiętać, że powinno to być połączone z regularną aktywnością fizyczną i zdrowym stylem życia.

Zgodnie z wynikami badań toksykologicznych prowadzonych na zwierzętach oraz badań epidemiologicznych z udziałem ludzi, substancje słodzące mogą wpływać na organizm człowieka korzystnie, ale mogą również powodować szereg niepożądanych zmian takich jak wzrost ryzyka powstawania nowotworów, zmiany w ilości i aktywności enzymów trawiennych. Rodzaj tych zmian i ich nasilenie jest zwykle ściśle uzależnione od dawki substancji słodzącej [21].

Wyniki badań przeprowadzonych w Europie wykazują, że spożycie wszystkich niskokalorycznych substancji słodzących jest niższe niż ich dopuszczalne dzienne spożycie [21]. W związku z czym odnosząc się do doniesień dotyczących zwiększonego ryzyka niektórych nowotworów u zwierząt doświadczalnych, którym podawano sacharynę, aspartam i cyklaminy, badania przeprowadzone na ludziach nie potwierdziły wpływu wyżej wymienionych substancji na rozwój nowotworów [4].

Towarzystwo Badań nad Otyłością oraz Polskie Towarzystwo Diabetologiczne zwraca jednak uwagę na problem stosowania sacharyny przez kobiety będące w ciąży z uwagi na

przechodzenie sacharyny przez łożysko oraz nie do końca poznany jej wpływ na płód, nie powinny jest stosować kobiety w okresie ciąży. Pozostałe substancje słodzące mogą być stosowane [4,23].

## Podsumowanie i wnioski

Wszystkie węglowodany spożywane przez człowieka ostatecznie przekształcane są przez organizm do cukru prostego – glukozy. Jest ona niezbędna do prawidłowej pracy mózgu, procesów energetycznych, pracy mięśni oraz narządów wewnętrznych. Jednak nadmiar cukrów prostych w codziennej diecie jest czynnikiem sprzyjającym rozwojowi wielu chorób cywilizacyjnych, takich jak otyłość i cukrzyca, chorób sercowo – naczyniowych, próchnicy zębów. Poprzez spożywanie coraz większych ilości napojów słodzonych, słodczy, słodkich wyrobów cukierniczych obserwuje się wzrost spożycia cukrów prostych.

Fakt, iż Polscy konsumenci coraz więcej wiedzą na temat szkodliwości spożywania nadmiaru cukrów prostych, wymusił na producentach żywności obniżenie kaloryczności produktów. W tym celu wykorzystuje się niskokaloryczne substancje słodzące. Oczywiście również w tym przypadku nadmiar szkodzi. Dlatego też przed dopuszczeniem substancji do obrotu przeprowadza się szczegółowe badania oraz określa dopuszczalne dzienne spożycie, które nie powoduje niekorzystnych dla organizmu zmian.

## Piśmiennictwo

1. Bogacz A, Lewczuk A. Intensywne substancje słodzące – szansa dla polskiego producenta i konsumenta (3). *Przem Ferm Owoc Warz* 2002; 46(6): 17–21.
2. Ciborowska H, Rudnicka A. *Dietetyka. Żywnienie zdrowego i chorego człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL; 2004.
3. Ciok J, Dolna A. Indeks glikemiczny a choroby nowotworowe. *Współcz Onkol* 2005; 9(4): 183–188.
4. Drągowski P, Czyżewska U, Cekała E, Lange P, Zadykowiec R, Sójka A, Brzezińska J. Cukrzyca jako problem społeczny i ekonomiczny. *Pol Prz Nauk Zdr* 2014; 2(39): 163–166.
5. Dyrektywa Rady z dnia 24 września 1990 r. w sprawie oznaczania wartości odżywczej środków spożywczych (90/496/EWG), Dz.U. L 276 z 6.10.1990.
6. Gawęcki J. [red.]. *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. Tom I. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2010.

Katarzyna Kowalczyk, Kornelia Niemyska

---

7. Kłosiewicz-Latoszek L, Cybulska B. Cukier a ryzyko otyłości, cukrzycy i chorób sercowo-naczyniowych. *Probl Hig Epidemiol* 2011; 92, 2, 181–186.
8. Kołodziejczyk A. Naturalne związki organiczne. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2004.
9. Koszowska A, Dittfeld A, Nowak J, Brończyk-Puzoń A, Gwizdek K, Bucior J, Zubelewicz-Szkodzińska B. Cukier – czy warto go zastąpić substancjami słodzącymi? *Nowa Med* 2014; 1: 36–41.
10. Kowalowski P, Kowalowska M, Stankowska K, Kurczyk J. Naturalne środki słodzące w świetle dopuszczalności ich do spożycia w Polsce i krajach Unii Europejskiej. *Post Fitoter* 2004; 1: 4–9.
11. Lebedzińska A. Węglowodany w diecie człowieka. *Bromat Chem Toksykol* 2008; XL I(3): 215–218.
12. Majewska E, Białecka-Florjańczyk E. Zielona chemia w przemyśle spożywczym. *Chemia, Dydaktyka, Ekologia, Metrologia* 2010; 15(1): 21–27.
13. Malczyk E, Majkrzak Ż. Żywnościowe czynniki ryzyka rozwoju raka piersi. *Probl Hig Epidemiol* 2015; 96,(1): 67–67.
14. Myszowska-Ryciak J, Harton A, Gajewska D, Sa'eed B. Środki słodzące w profilaktyce i leczeniu otyłości. *Kosmos* 2010; 59: 3–4.
15. Reguła J, Kowalewska M. Zawartość aspartamu, acesulfamu K i sacharyny w produktach spożywanych przez osoby otyłe i chore na cukrzycę. *Nauka Przyr Technol* 2010; 4(5): 1–8.
16. Sadowska J, Rygielska M. Technologiczne i zdrowotne aspekty stosowania syropu wysokofruktozowego do produkcji żywności. *Żywn Nauka Technol Jakość* 2014; 3(94): 14–26.
17. Sękalska B. Zawartość sztucznych substancji słodzących – aspartamu, acesulfamu K i sacharynianu sodu w napojach dietetycznych. *Żywn Nauka Technol Jakość* 2007; 3, 127–138.
18. Świerczek U, Borowiecka A, Feder-Kubis J. Struktura, właściwości i przykłady zastosowań syntetycznych substancji słodzących. *Żywn Nauka Technol Jakość* 2016; 4(107): 15–25.
19. Szczepańska J, Lubowidzka-Gontarek B, Pawłowska E. Czynniki ryzyka próchnicy związane z żywieniem, a liczebność bakterii próchnicotwórczych w ślinie dzieci w wieku 3 lat. *Dent Med Probl* 2008; 45(2): 156–164.
20. Szyfter K. Racjonalizacja żywienia ludności. W: Gawęcki J. [red.]. *Żywienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu człowieka*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN; 2007: 471–547.
21. Waszkiewicz-Robak B, Świąder K, Świdorski F. Substancje intensywnie słodzące – korzyści i zagrożenia. *Probl Hig Epidemiol* 2011; 92(3): 392–396.
22. Waszkiewicz-Robak B. Słodysz pod kontrolą. *Prz Gastronom* 2002; 56(1): 10–11.
23. Waszkiewicz-Robak B. Substancje słodzące W: Świdorski F. [red.]. *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Warszawa: Wydawnictwo WN-T; 2003: 91–108.
24. Waszkiewicz-Robak B, Świąder K, Świdorski F. Substancje intensywnie słodzące Cz.1. Właściwości i warunki ich stosowania w żywności. *Przem Spoż* 2007; 61(5): 24–26.
25. Zatwarnicki P. Nietolerancja laktozy – przyczyny, objawy, diagnostyka. *Piel Zdr Publ* 2014; 4(3): 273–276.
26. Zdrojewicz Z, Kocjan O, Idzior A. Substancje intensywnie słodzące – alternatywa dla cukru w czasach otyłości i cukrzycy. *Med Rodz* 2015; 2: 89–93.
27. Żak I. Węglowodany. W: Żak I. [red.]. *Chemia medyczna*. Katowice: Wydawnictwo Śląskiej Akademii Medycznej; 2001.