

## **Agnieszka Ciekańska**

Santander Bank Polska  
e-mail: agsciekanska97@gmail.com

## **Tomasz Lesiów**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu  
e-mail: tomasz.lesiow@ue.wroc.pl  
ORCID: 0000-0002-1284-5874

---

# **ASPEKTY PRAWNE ZWIĄZANE ZE STOSOWANIEM SUBSTANCJI SŁODZĄCYCH, W TYM POLIOLI**

---

## **LEGAL ASPECTS RELATED TO THE USE OF SWEETENERS INCLUDING POLYOLS**

---

DOI: 10.15611/nit.2020.36.02

JEL Classification: Q19

**Streszczenie:** Słodki smak jest jednym z pięciu podstawowych, obok kwaśnego, gorzkiego, słonego i umami. Towarzyszy nam już od pierwszych dni życia, ponieważ w mleku matki obecna jest laktoza. Nadmierne spożycie węglowodanów ma jednak negatywny wpływ na zdrowie. Skłania to konsumentów do wyboru substancji słodzących i produktów, w których są one zawarte. W pracy przedstawiono substancje słodzące, ze szczególnym uwzględnieniem polioli, w świetle aktualnej wiedzy i aspektów prawnych. Omówiono warunki stosowania, podział, kwestie dotyczące bezpieczeństwa spożycia, intensywności słodzenia, etykietowania produktów, do których zostały dodane oraz podatku cukrowego wprowadzonego od stycznia 2021 roku. Wspomniano również o naturalnej zawartości polioli w żywności oraz ich wpływie na zdrowie. Są to substancje dobrze przebadane i bezpieczne. Mają działanie prebiotyczne, nie powodują próchnicy, ich wartość energetyczna, indeks insuliny oraz glikemiczny są niższe niż w odniesieniu do sacharozy. Warto więc włączyć je do swojej diety.

**Słowa kluczowe:** substancje słodzące, poliole, bezpieczeństwo spożycia, podatek cukrowy, zawartość w żywności, wpływ na zdrowie.

**Abstract:** Sweet taste is one of five basic ones: sour, bitter, salty, and umami. It accompanies us from the first days of life because lactose is present in mother's milk. However, excessive carbohydrate consumption has adverse effects on health. This prompts consumers to choose sweeteners and the products in which they are contained. This paper presents sweeteners, with particular emphasis on polyols, in the light of current knowledge and legal aspects. It discusses conditions of use, allocation, safety issues of consumption, sweetening intensity, labeling of products to which they are added, and the sugar tax introduced from January 2021. The natural content of polyols in food and their effects on health were also mentioned. These

substances are well studied and safe. They have a prebiotic effect, do not cause caries; their energy value, insulin index, and glycemic index are lower than sucrose. Thus, it is worth including them in a diet.

**Keywords:** sweeteners, polyols, safety of consumption, sugar tax, content in food, health effects.

## 1. Wstęp

Produkty spożywcze o słodkim smaku są bardzo chętnie wybierane przez konsumentów. Słodki smak odczuwany jest od pierwszych dni życia człowieka, ponieważ mleko matki zawiera laktozę (inaczej cukier mlekowy) (Grupińska, Grzelak, Walczak, Kramkowska i Czyżewska, 2015; Jeznach, Jeżewska-Zychowicz i Kosicka-Gębska, 2011).

Węglowodany, oprócz walorów smakowych, są ważne ze względu na swoje funkcje, m.in. są źródłem energii, stanowią materiał zapasowy, biorą udział w spalaniu kwasów tłuszczowych. Mimo to nadmierna konsumpcja produktów o ich wysokiej zawartości jest niekorzystna dla zdrowia. Może prowadzić do zwiększenia masy ciała (w tym nadwagi lub otyłości), insulinooporności, cukrzycy typu II, próchnicy zębów, miażdżycy, zwiększenia ilości tkanki tłuszczowej (w tym stłuszczenia wątroby), hiperlipidemii. Dlatego ważne jest ograniczenie spożycia węglowodanów, np. poprzez wprowadzenie do diety substancji słodzących/naturalnych słodzików i produktów z ich zawartością (Grupińska i in., 2015; Jarosz, Sajór, Gugala-Mirosz i Nagel, 2019).

Obecnie rośnie świadomość co do żywienia, a więc także wiedza dotycząca roli substancji słodzących i korzyści płynących z ich stosowania. Oznacza to wzrost zapotrzebowania na produkty je zawierające (Dejnaka, 2019; Future Market Insights, 2019; Oleksy, 2020). Obserwuje się też coraz większe zainteresowanie polioli (cukrole, alkohole cukrowe: ksylitol, sorbitol, erytrytol i mannitol) stanowiących alternatywę dla sacharozy i fruktozy, a także dla nadużywanego w przemyśle żywnościowym syropu glukozowo-fruktozowego (Grabda, 2018). Wkomponowuje się to w aktualny trend poszukiwania przez konsumentów coraz częściej produktów o wysokiej jakości i prozdrowotnych właściwościach. Dodatkowo wzrasta popyt na produkty naturalne (żywnościowe, ale również kosmetyczne oraz farmaceutyczne), a część polioli występuje naturalnie w owocach i warzywach. Oznacza to wzrost zapotrzebowania na produkty zawierające alkohole cukrowe (Dejnaka, 2019; Future Market Insights, 2019; Oleksy, 2020).

Poliole mają właściwości słodzące, ale także wiążące, teksturotwórcze, przeciwbrylające, nawilżające i utrzymujące wilgoć. Mogą być wykorzystywane jako wypełniacz lub stabilizator. Znaczna część, sięgająca nawet połowy światowego wykorzystania polialkoholi, dotyczy sorbitolu, z czego ok.  $\frac{3}{4}$  ma zastosowanie inne niż w żywności, np. w pastach do zębów, farmacji, jako środek do produkcji polimerów oraz środków powierzchniowo czynnych (de Cock, 2020; Radeloff i Beck, 2013).

Według niektórych prognoz wartość światowego rynku polioli do końca roku 2029 wyniesie aż 3,16 mld USD (w 2019 r. było to 1,987 mld USD). Na tę wartość w dużym stopniu wpływają trendy dotyczące odżywiania się (Future Market Insights, 2019; Oleksy, 2020).

Celem pracy było przedstawienie aktualnej wiedzy dotyczącej substancji słodzących, a w szczególności polioli.

## 2. Definicja i warunki stosowania substancji słodzących

### 2.1. Definicja

Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności substancje słodzące są to „substancje stosowane do nadania środkom spożywczym słodkiego smaku lub zastosowane w słodzikach stołowych” (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008).

Grembecka (2015) definiuje substancje słodzące jako związki chemiczne, zarówno te występujące w naturze, jak i syntezowane chemicznie, które posiadają słodki smak, dzięki czemu mogą być wykorzystywane do słodzenia produktów spożywczych.

Goluch-Koniuszy i Rygielska (2014) wskazują na powszechne zastosowanie w produkcji żywności substancji słodzących w celu ograniczenia wartości energetycznej przy zachowaniu smaku słodkiego. Deska (2009) podaje natomiast, że substancje słodzące mają za zadanie poprawę cech organoleptycznych produktów żywnościowych.

Spśród substancji posiadających właściwości słodzące część zaliczana jest do dodatków do żywności. Są to substancje niespożywane samodzielnie jako żywność i niebędące typowymi jej składnikami. Są one celowo dodawane do żywności ze względów technologicznych, np. przedłużają trwałość żywności. Dodatkami nie są substancje stosowane w celu żywieniowym bądź w celu nadania konkretnego aromatu lub smaku. Ze słodkich substancji należą do nich poliole (m.in. sorbitol, ksylitol, erytrytol), syrop poliglucitolowy (syrop zawierający sorbitol, maltitol oraz poliole o wyższej masie cząsteczkowej), a także substancje intensywnie słodzące (m.in. aspartam, sukraloza, acesulfam K). Mono-, di- oraz oligosacharydy ani zawierające je środki spożywcze użyte z powodu swoich właściwości słodzących nie są uznawane za dodatki do żywności (EFSA, 2009; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008).

### 2.2. Warunki stosowania

Dodatki do żywności, a więc także poliole, syrop poliglucitolowy oraz substancje intensywnie słodzące, nie mogą stanowić zagrożenia dla zdrowia konsumenta (przy proponowanym poziomie ich zastosowania). Ich dodatek jest uzasadniony techno-

logicznie i nie istnieje inny, możliwy do zaakceptowania pod względem technologicznym i/lub ekonomicznym, sposób zaspokojenia tej potrzeby. Poprzez ich zastosowanie konsument nie może być wprowadzany w błąd. Użycie każdego dodatku do żywności musi też przynosić korzyści dla konsumentów, a więc spełniać przynajmniej jeden z celów, które są wymienione w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008).

Oprócz wymienionych warunków, aby było możliwe zastosowanie substancji słodzącej, musi zostać spełniony choć jeden z poniższych celów (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008): zastępuje ona cukry do celów produkcji żywności o obniżonej wartości energetycznej, żywności niepowodującej próchnicy zębów lub żywności bez dodatku cukrów; lub zastępuje cukry, o ile umożliwia to przedłużenie okresu przydatności produktu do spożycia; lub umożliwia produkcję żywności specjalnego przeznaczenia żywieniowego.

„Żywność bez dodatku cukru” to żywność bez dodatku mono- lub disacharydów oraz środków je zawierających używanych z uwagi na ich właściwości słodzące. „Żywność o obniżonej wartości energetycznej” to żywność o wartości energetycznej obniżonej o co najmniej 30% w stosunku do podobnego produktu bądź żywności podobnej. W ustawie nie wymieniono definicji żywności niepowodującej próchnicy (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008).

Substancje słodzące mogą być również stosowane w słodzikach stołowych, o ile producent zapewni konsumentom dostęp do informacji dotyczących ich bezpiecznego stosowania (np. na stronie internetowej, etykietce, infolinii), przy czym słodziki stołowe to „preparaty dozwolonych substancji słodzących, które mogą zawierać inne dodatki do żywności lub składniki żywności oraz które są przeznaczone do sprzedaży konsumentowi końcowemu jako substytut cukrów” (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008).

### 3. Podział substancji o słodkim smaku

Substancje wykorzystywane do słodzenia produktów spożywczych możemy podzielić według różnych kryteriów. Jednym z nich jest pochodzenie, według którego różniamy związki naturalne i syntetyczne (Waszkiewicz-Robak, 2018).

Sztuczne (syntetyczne) substancje słodzące to substancje, które nie występują naturalnie w środowisku. Są one wytwarzane poprzez syntezę chemiczną. Zaliczamy do nich sukralozę, sacharynę, acesulfam K, aspartam, alitam, neotam, neohesperydynę oraz kwas cyklaminyowy (Waszkiewicz-Robak, Świąder i Świdorski, 2007).

Naturalne substancje słodzące to te, które pozyskuje się z surowców roślinnych. Pomimo pełnienia funkcji słodzącej część z nich nie jest zaliczana do dodatków do żywności. Glukozę, fruktozę, sacharozę oraz hydrolizaty skrobi, np. syrop glukozowo-fruktozowy, w przypadku dodania do żywności w procesie przetwarzania lub produk-

cji, określa się jako „cukry dodane”. Substancje te są uznawane za cukry także według Dyrektywy Rady z dnia 20 grudnia 2001 odnoszącej się do niektórych cukrów przeznaczonych do spożycia przez ludzi. Również w przepisach dotyczących etykietowania produktów żywnościowych substancje słodzące i cukry rozróżnia się jako osobne grupy (Drzewiecka, 2016; Dyrektywa Rady 2001/111/WE; EFSA, 2010).

Innym kryterium są różnice w budowie chemicznej oraz strukturze słodkich substancji. Według niego możemy wyodrębnić (Das i Chakrabort, 2018; Kot-Wasik, Wasik i Namieśnik, 2008):

- węglowodany, np. sukraloza oraz alkohole cukrowe, czyli poliole, np. ksylitol, sorbitol,
- siarczany, np. sacharyna, acesulfam-K,
- peptydy, np. aspartam, neotam,
- białka (proteiny), np. taumatyna, brazzeina.

Ze względu na wartość energetyczną wyróżniamy substancje kaloryczne (*caloric*) i niekaloryczne (*non-caloric*) (García-Almeida, Casado Fdez i García Alemán, 2013). Ich dokładny podział przedstawiono w tab. 1.

Kolejny podział wyodrębnia substancje używane do słodzenia ze względu na intensywność słodkiego smaku. Według tego kryterium wyróżnia się (Świerczek, Borowiecka i Feder-Kubis, 2016; Waszkiewicz-Robak, 2018):

- substancje intensywnie słodzące (*high-intensity sweeteners*), pochodzenia naturalnego lub syntetyczne, charakteryzujące się nawet kilkaset razy słodszy smakiem niż sacharoza,
- tzw. wypełniacze (*bulk sweeteners*), czyli poliole, substancje półsyntetyczne, które są mniej słodkie od sacharozy,
- substancje klasyczne – naturalne cukrowce, takie jak fruktoza, glukoza, czy syropy cukrowe, o słodkości zbliżonej do sacharozy.

**Tabela 1.** Podział substancji używanych do nadania smaku słodkiego według wartości energetycznej  
**Table 1.** Breakdown of substances used to impart a sweet taste, according to their energy value

Substancje nadające słodki smak/ Sweet-tasting substances		
Kaloryczne/ Caloric	cukry/ sugars	monosacharydy: glukoza, fruktoza, galaktoza, tagatoza/ monosaccharides: glucose, fructose, galactose, tagatose
		disacharydy: laktoza, sacharoza, maltoza, trehaloza/ disaccharides: lactose, sucrose, maltose, trehalose
	naturalne kaloryczne produkty wykorzystywane do słodzenia/ natural caloric products used for sweetening	miód, cukier palmowy lub kokosowy, syrop klonowy/ honey, palm or coconut sugar, maple syrup
	zmodyfikowane cukry/ modified sugars	karmel, cukier inwertowany, syrop kukurydziany o wysokiej zawartości fruktozy/ caramel, invert sugar, high fructose corn syrup

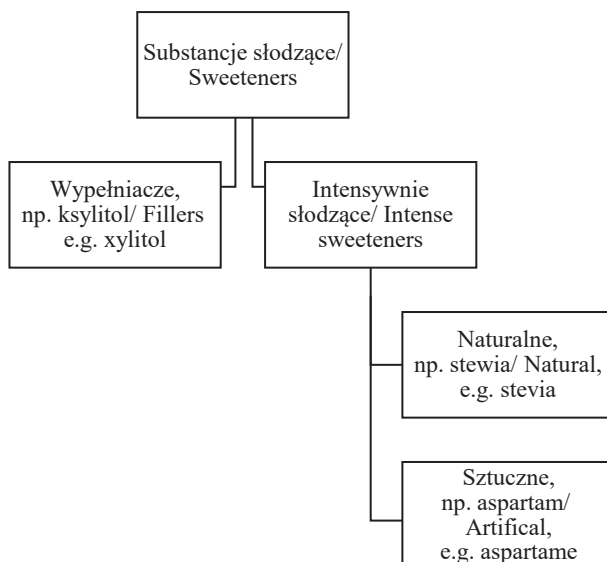
Tabela 1, cd., Table 1, cont.

	poliole/ polyols	ksylitol, maltitol, mannitol, erytrytol, laktitol, izomalt, sorbitol/ xylitol, maltitol, mannitol, erythritol, lactitol, isomalt, sorbitol
Niekaloryczne/ Non-caloric	naturalne/ natural	słodkie rośliny: stevia rebaudiana (glikozydy stewiolowe w liściach), loo han guo (owoce)/ sweet plants: stevia rebaudiana (steviol glycosides in leaves), loo han guo (fruit)
		słodkie białka: taumatyna, monellina, pentadyna, brazzeina/ sweet proteins: thaumatin, monellin, pentadine, brazzein
	sztuczne substancje słodzące/ artificial sweeteners	aspartam, sukraloza, neotam, acesulfam-K, neoheperydyna DC, sacharyna, alitame/ aspartame, sucralose, neotame, acesulfame-K, neo-hesperidin DC, saccharin, alitame

Źródło: opracowanie własne na podstawie (García-Almeida i in., 2013).

Source: own study based on (García-Almeida et al., 2013).

Górecka, Korczak i Borowska-Parus (2007) jako substancje słodzące wymieniają tylko tzw. wypełniacze oraz substancje intensywnie słodzące (rys. 1).



Rys. 1. Klasyfikacja substancji słodzących

Fig. 1. Classification of sweeteners

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Górecka i in., 2007; Świerczek i in., 2016).

Source: own study based on (Górecka et al., 2007; Świerczek et al., 2016).

## 4. Bezpieczeństwo spożycia substancji słodzących

Substancje dodatkowe to jedne z najlepiej przebadanych składników żywności. Do spożycia zostają dopuszczone jedynie te, których bezpieczeństwo zgodnie z aktualną wiedzą naukową nie wzbudza wątpliwości (portalspozywczy.pl, 2014; Rutkowski, 2012).

### 4.1. Odpowiedzialność za bezpieczeństwo

Na poziomie ogólnosiwiatowym za bezpieczeństwo stosowania substancji dodatkowych, a więc także należących do nich substancji słodzących, odpowiada Wspólny Komitet Ekspertów do spraw Dodatków Żywnościowych (JECFA, Joint Expert Committee on Food Additives), powołany przez Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Żywności i Rolnictwa (FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations) oraz Światową Organizację Zdrowia (WHO, World Health Organization). Komitet ten jest złożony z 20 ekspertów wydających niezależne opinie. Na poziomie Unii Europejskiej za dopuszczenie substancji słodzących do spożycia odpowiada natomiast Europejski Urząd do spraw Bezpieczeństwa Żywności (EFSA, European Food Safety Authority) (portalspozywczy.pl, 2014; Rutkowski, 2012).

Procedura wydawania zezwoleń na stosowanie dodatków do żywności jest opisana w Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 234/2011 (Rozporządzenie Komisji (UE) 234/2011). Wymienione są tam wszystkie dokumenty i dane konieczne do oceny ryzyka związanego ze spożyciem poszczególnych substancji. Podane są także informacje o tym, co zawiera opinia EFSA.

### 4.2. Dozwolone substancje słodzące

Obecnie w Polsce dopuszczonych do stosowania jako substancje słodzące jest 11 substancji intensywnie słodzących oraz 8 polialkoholi. Niektóre z nich otrzymały pozytywną ocenę JECFA już w latach 80. XX wieku (tab. 2). W celu ułatwienia ich identyfikacji substancjom dodatkowym nadawane są numery według międzynarodowego systemu (INS, International Numbering System). Są one wymienione w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008). Jego postanowienia w Polsce są wprowadzane przez Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. W tym samym Rozporządzeniu wymienione są dozwolone zastosowania substancji słodzących. Informacje te są zgodne z regulacjami unijnymi (Świdorski, 2018).

### 4.3. Ocena bezpieczeństwa substancji słodzących

Każda substancja słodząca jest poddawana badaniom toksykologicznym, biologicznym i chemicznym przed dopuszczeniem do spożycia. W ten sposób są rozpoznawa-



ne i charakteryzowane zagrożenia związane z jej spożywaniem przez konsumentów (Mortensen, 2006; portalspozywczy.pl, 2014; Rutkowski, 2012).

Badanie kancerogenności (rakotwórczości) jest długotrwałe. Wymaga podawania maksymalnej tolerowanej dawki przez co najmniej 12 miesięcy dla psów, 18 miesięcy dla myszy i 30 miesięcy dla szczurów. Obserwuje się czas przeżycia zwierzęcia, a także liczbę guzów i czas ich powstawania (Rutkowski, 2012).

**Tabela 2.** Dozwolone substancje słodzące i daty ich pierwszych ocen przez JECFA

**Table 2.** Authorised sweeteners and dates of their first evaluation by JECFA

Substancja/ Substance	Numer dodatku/ Food additive number	Data pierwszej oceny JECFA/ Date of first JECFA evaluation
Substancje intensywnie słodzące/ Intense sweeteners		
Acesulfam K/ Acesulfame K	E 950	1990
Adwantam/ Advantam	E 969	2013
Aspartam/ Aspartame	E 951	1981
Glikozydy stewiolowe/ Steviol glycosides	E 960	2007
Kwas cyklaminowy (i jego sole)/ Cyclamic acid (and its salts)	E 952	1982
Neohesperydyna DC/ Neohesperidine DC	E 959	–
Neotam/ Neotame	E 961	2003
Sacharyna (i jej sole)/ Saccharin (and its salts)	E 954	1993
Sól aspartamu i acesulfamu/ Salt of aspartame and acesulfame	E 962	2000
Sukraloza/ Sucralose	E 955	1990
Taumatyna/ Thaumatin	E957	1985
Poliole/ Polyols		
Erytrytol/ Erythritol	E 968	1999
Izomalt/ Isomalt	E 953	1985
Ksylitol/ Xylitol	E 967	1983
Laktitol/ Lactitol	E 966	1983
Maltitol/ Maltitol		1993
• syrop maltitolowy/ maltitol syrup	E 965	1997
Mannitol/ Mannitol	E 421	1986
Sorbitol/ Sorbitol		1982
• syrop sorbitolowy/ sorbitol syrup	E 420	1988
Syrop poliglicitolowy/ polyglucitol syrup	E 964	1998

Źródło/Source: (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010; Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1049/2012; JECFA, 2020).



Działanie na płodność oraz rozrodczość jest badane przez trzy kolejne pokolenia. Substancję podaje się (tak jak w poprzednich badaniach) codziennie samcom i samicom. Obserwowane są procent zapłodnień oraz liczba młodych w miocie. Natomiast teratogenność (czyli toksyczny wpływ na zarodek lub płód) sprawdza się, podając badaną substancję ciężarnym samicom w okresie największej wrażliwości i obserwując zdrowotność młodych z danych miotów (Rutkowski, 2012).

Toksyczność ostra, czyli niekorzystne dla zdrowia efekty, które występują w krótkim czasie od spożycia danej substancji, jest badana zazwyczaj na gryzoniach (szczurach lub myszach), a w rzadkich przypadkach – na psach. Jej najczęściej używaną miarą jest LD50 (medialna dawka śmiertelna, *medial Lethal Dose*), czyli dawka uśmiercająca połowę populacji poddanej badaniu (Dobosz, 2019).

Toksyczność podostrą bada się, podając zwierzętom substancję z paszą przez 28 dni (codziennie) i obserwując efekty w trakcie trwania eksperymentu i po nim (Rutkowski, 2012).

Toksyczność subchroniczną (inaczej nazywaną podprzewlekłą) bada się, podając substancję przez 90 dni dwóm gatunkom zwierząt – szczurom i psom (Rutkowski, 2012).

Toksyczność chroniczna (inaczej nazywana przewlekłą) dotyczy długotrwałego spożywania danej substancji. Zwierzętom doświadczalnym podaje się substancję codziennie przez 9 miesięcy lub przez całe ich życie. Jej miary to (Dobosz, 2019; EUFIC, 2013; Rutkowski, 2012):

- NOAEL (*No Observable Adverse Effects Level*), czyli największe stężenie (bądź ilość) substancji, przy którym nie obserwuje się niepożądanych efektów w badanej populacji, zwykle podawane w mg/kg masy ciała/dzień;
- LOAEL (*Lowest Observable Adverse Effects Level*), czyli najniższe stężenie (bądź ilość) substancji, wywołujące zauważalne efekty niepożądane w badanej populacji, podawane zazwyczaj w takiej samej jednostce jak NOAEL.

#### 4.4. Dopuszczalne i szacowane dzienne pobranie

Wykorzystując wartość NOAEL, wyznacza się dopuszczalne dzienne pobranie, nazywane także dopuszczalnym lub akceptowalnym dziennym spożyciem (*ADI, Acceptable Daily Intake*). Jest to ilość dodatku do żywności, którą można spożywać codziennie przez całe życie, bez znacznego ryzyka dla zdrowia. Podawana jest zwykle w mg/kg masy ciała/dzień. Wyznacza się ją zgodnie z aktualnym stanem wiedzy i dostępnymi badaniami naukowymi (EUFIC, 2013; Rutkowski, 2012; WHO i FAO, 2009).

W tym celu wartość NOAEL dzieli się przez 100, jako tzw. współczynnik niepewności (WN). Wynika on z różnic gatunkowych pomiędzy zwierzętami a ludźmi, np. różnic w długości życia oraz ze zmienności populacji i występowania osobników o większej niż przeciętna wrażliwości, np. osób chorych (w tym alergików), dzieci, osób starszych czy ciężarnych kobiet. Uwzględnia się również występowanie

zmiennych, takich jak np. ograniczona liczba zwierząt poddanych badaniom. Czasami wartości ADI dla danych substancji są różne według EFSA i JECFA, wynika to z rozbieżności w wynikach badań nad daną substancją uzyskanych przez te organizacje (tab. 3) (EUFIC, 2013; Rutkowski, 2012).

**Tabela 3.** Dopuszczalne dzienne pobranie (ADI) oraz maksymalne poziomy stosowania substancji słodzących

**Table 3.** Acceptable daily intake (ADI) and maximum levels of use of sweeteners

Substancja/ Substance	Wartość ADI (mg/kg masy ciała) według EFSA i JECFA/ ADI value (mg/kg body weight) according to EFSA and JECFA		Maksymalny poziom stosowania (mg/kg lub mg/l)/ Maximum level of use (mg/kg or mg/l)
Acesulfam K/ Acesulfame K	0-9 (EFSA)	0-15 (JECFA)	110-2500
Adwantam/ Advantam	0-5 (EFSA i JECFA)		0,5-400
Aspartam/ Aspartame	0-40 (EFSA i JECFA)		110-6000
Glikozydy stewiolowe/ Steviol glycosides	0-4* (JECFA)		40-3300*
Kwas cyklaminyowy (i jego sole)/ Cyclamic (and its salts)	0-7** (EFSA)	0-11** (JECFA)	250-1600
Neohesperydyna DC/ Neohesperidine DC	0-5 (EFSA)		30-400
Neotam/ Neotame	0-2 (JECFA)		1-250
Sacharyna (i jej sole)/ Saccharin (and its salts)	0-5*** (EFSA i JECFA)		80-3000
Sól aspartamu i acesulfamu/ Salt of aspartame and acesulfame	– ****		25-2000
Sukraloza/ Sucralose	0-15 (EFSA)	0-5 (JECFA)	10-3000
Taumatyna/ Thaumatin	Nie wymaga ustalenia/ Not specified		50-400
Poliole (np. ksylitol)/ Polyols (e.g. xylitol)	Nie wymagają ustalenia/ Not specified		<i>quantum satis</i>

\* Przeliczenie na ekwiwalent stewiolu/ Conversion into steviol equivalent. \*\* W przeliczeniu soli na kwas cyklaminyowy/ Converting salts into cyclamic acid. \*\*\* Grupowo dla sacharyny oraz jej soli/ In group for saccharin and its salts. \*\*\*\* ADI ustalone odpowiednio według części składowych acesulfamu i aspartamu/ ADI appointed by component parts of aspartame and acesulfame.

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Gajda-Wyrębek, 2020; Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010; Świąder, Waszkiewicz-Robak i Świdorski, 2011; Tennant, 2014).

Source: own study based on (Gajda-Wyrębek, 2020; Rozporządzenie Ministra zdrowia z dnia 22 listopada 2010; Świąder, Waszkiewicz-Robak and Świdorski, 2011; Tennant, 2014).

Kolejny etap oceny ryzyka związanego ze spożyciem substancji słodzących to ocena poziomu narażenia. Dokonuje się jej, analizując ile danej substancji przeciętnie konsument dostarcza wraz z dietą do organizmu (minimalnie bądź maksymalnie, dziennie lub w innym określonym czasie). W ten sposób uzyskuje się szacowane pobranie (EDI, *Estimated Dietary Intake*), przy czym dane mogą być pozyskane np. poprzez badania ankietowe przeprowadzone na poziomie krajowym bądź międzynarodowym, wśród gospodarstw domowych lub indywidualnie. Indywidualne badania pozwalają połączyć spożycie danej substancji m.in. z płcią, wiekiem, stanem zdrowia. Dzięki temu wiadomo, czy istnieje ryzyko przekraczania ADI przez konsumentów z danych grup (Dobosz, 2019; Lee, 2006; Mortensen, 2006).

Na końcu ma miejsce charakterystyka ryzyka, w której stwierdza się, czy obecne lub oczekiwane narażenie na daną substancję nie powoduje zagrożenia dla zdrowia konsumentów, uwzględniając, jak poważne mogą być reakcje uboczne i jakie korzyści przynosi jej zastosowanie. Aby dokonać oceny, porównuje się średnie oraz maksymalne szacowane spożycie z ADI. W przypadku gdy EDI sugeruje, że substancja dodatkowa jest regularnie spożywana w nadmiernych ilościach (przekraczających ADI), może zaistnieć konieczność zmniejszenia dawki dopuszczonej do użycia w żywności dla danej substancji bądź zmniejszenia asortymentu produktów spożywczych, w których jest dopuszczona do stosowania. Należy to do zadań EFSA. W praktyce, jeśli jednorazowo dodatek do żywności będzie spożyty w ciągu dnia w ilości większej niż ADI, nie powinno być to powodem do strachu o własne zdrowie, ponieważ współczynnik bezpieczeństwa jest naprawdę duży, a spożyta ilość wyrówna się w inne dni. Tylko substancje, które są dobrze przebadane i bezpieczne dla zdrowia (przy ustalonym maksymalnym poziomie stosowania), zostają dopuszczone do spożycia (Dobosz, 2019; EUFIC, 2013; Mortensen, 2006).

#### 4.5. Dozwolone maksymalne poziomy stosowania

Dla substancji dopuszczonych do spożycia, będących dodatkami do żywności, ustalane są poziomy stosowania w produktach spożywczych (tab. 3). Ich wartość ustalana jest w oparciu o szacowane dzienne pobranie. Ilość dodatku w produkcie musi być niższa bądź równa tej wartości (WHO i FAO, 2009).

W niektórych przypadkach nie ma określonej maksymalnej dawki. Stosuje się wówczas zasadę *quantum satis*. Oznacza to, że substancja ta ma znikomą toksyczność i nie stanowi zagrożenia niezależnie od tego, w jakiej ilości będzie zastosowana w produktach żywnościowych. Nie ma wówczas podanej wartości liczbowej, natomiast zastosowanie znajdują Zasady Dobrej Praktyki Produkcyjnej. Stosowana jest najmniejsza ilość, która pozwoli osiągnąć pożądaný efekt. Nie można również wprowadzać konsumentów w błąd (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) 1333/2008; WHO i FAO, 2009).

#### 4.6. Ponowna ocena

Nawet po dopuszczeniu substancji do spożycia wciąż monitorowane jest jej bezpieczeństwo. Ustawodawstwo unijne wymaga przeprowadzania obserwacji zmian w spożyciu dodatków do żywności przez państwa członkowskie (EUFIC, 2013).

Według Rozporządzenia Komisji (UE) nr 257/2010 z dnia 25 marca 2010 r. obecnie ma miejsce ponowna ocena dodatków do żywności, zgodnie z obecną wiedzą i badaniami na ich temat (Rozporządzenie Komisji (UE) nr 257/2010).

Jako pierwsze ponownej ocenie poddano barwniki i ich ocena została już zakończona (tak jak ocena antyoksydantów i konserwantów, glutaminianów i kwasu glutaminowego oraz dwutlenku krzemu). Spośród wszystkich substancji dodatkowych jako ostatnią rozpoczęto ocenę substancji słodzących (pod koniec 2019 roku), ponieważ opinie na ich temat były najbardziej aktualne. Przed rozpoczęciem opracowano i skonsultowano publicznie protokoły określające sposób oceny narażenia konsumentów oraz toksyczności, a 19 maja 2019 r. opublikowano wezwanie do przedstawienia danych technicznych dotyczących substancji słodzących (EFSA, 2019; EFSA, 2020).

Do dnia 17 grudnia 2020 r. spośród substancji słodzących EFSA ponownie przebadła jedynie aspartam (w 2013 r.). Reszta substancji słodzących powinna zostać ponownie oceniona do 31 grudnia 2020 r., ale dane z 17 grudnia 2020 r. wskazują, że ocena nie została jeszcze wydana. Można zauważyć jednak postęp, ponieważ 30 czerwca 2021 r. ogłoszono publiczne wezwanie do przedstawienia wyników badań dotyczących genotoksyczności niektórych substancji słodzących (ksylitolu, laktitolu, izomaltu, sukralozy, soli aspartamu i acesulfamu, acesulfamu K, cyklamianów, neotamu i neohesperydiny), mogących mieć wpływ na ponowną ocenę (EFSA, 2020; EFSA, b.d.).

### 5. Intensywność słodzenia

Substancje słodzące charakteryzuje słodki smak. Jednak dodatek takiej samej ilości, ale różnych substancji słodzących powoduje powstanie produktu końcowego o innej intensywności słodczy. Do pomiaru intensywności słodzenia wykorzystuje się wskaźnik tzw. względnej słodkości (RS, *relative sweetness*). Jako wzorzec przyjęty jest 10-procentowy wodny roztwór sacharozy, dla którego współczynnik ten wynosi 100 (Staroszczyk, 2017; Świąder i Waszkiewicz-Robak, 2006). Wartości współczynnika względnej słodkości dla wybranych substancji słodzących przedstawiono w tab. 4.

Intensywność słodkiego smaku może ulec osłabieniu wraz ze wzrostem temperatury roztworu. Jest to spowodowane rozpadem wiązań wodorowych w podwyższonych temperaturach – są one odpowiedzialne za stabilizację struktury przestrzennej. Jako przykład można podać fruktozę, która w podwyższonej temperaturze zmniejsza swoją słodczy nawet o połowę (Staroszczyk, 2017; Tiefenbacher, 2017; Waszkiewicz-Robak, 2018).

**Tabela 4.** Współczynniki względnej słodkości dla wybranych cukrów i substancji słodzących  
**Table 4.** Relative sweetness coefficients for selected sugars and sweeteners

Substancja/ Substance	Współczynnik względnej słodkości/ Relative sweetness index
Cukry/ Sugars	
Sacharoza/ Saccharose	100 (odniesienie)/ (as a reference)
Fruktoza/ Fructose	147-180 (niskie temperatury/ low temperatures); 79 (w 60°C/ in 60°C)
Glukoza/ Glucose	69-74
Poliole (alkohole cukrowe)/ Polyols (sugar alcohols)	
Ksylitol/ Xylitol	100-102
Maltitol/ Maltitol	60-90
Mannitol/ Mannitol	40-60
Sorbitol/ Sorbitol	50-70
Izomalt/ Isomalt	40-50
Erytrytol/ Erythritol	60-80
Laktitol/ Lactitol	30-50
Substancje intensywnie słodzące (syntetyczne)/ Intense sweeteners (synthetic)	
Alitam/ Alitam	20 000
Neohesperydyna/ Neohesperidine	10 000-30 000
Sukraloza/ Sucralose	4000-8000
Sacharyna/ Saccharin	3000-4000
Acesulfam K/ Acesulfame K	1500-2000
Aspartam/ Aspartame	1600-2000
Substancje intensywnie słodzące (pochodzenia naturalnego)/ Intense sweeteners (of natural origin)	
Taumatyna/ Thaumatin	20 000-25 000
Monelina/ Monellin	15 000-30 000
Stewiozydy/ Steviosides	1000-3000
Dulcyna/ Dulcine	3500-4000
Glicyrhizyna/ Glycyrrhizine	1000

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Regnat, Mach i Mach-Aigner, 2018; Staroszczyk, 2017; Waszkiewicz-Robak, 2018).

Source: own study based on (Regnat, Mach and Mach-Aigner, 2018; Staroszczyk, 2017; Waszkiewicz-Robak, 2018).

Według Świąder i Waszkiewicz-Robak (2006) wpływ na intensywność smaku słodkiego mają również pH roztworu i jego stężenie. Tiefenbacher (2017) jako istotne czynniki podaje także obecność innych składników oraz wrażliwość danej osoby.

Ważna jest również rozpuszczalność danej substancji słodzącej, która zazwyczaj rośnie wraz z temperaturą. Substancje o lepszej rozpuszczalności dają na początku mocniejsze odczucie słodkiego smaku, jednak jest on wyczuwalny krócej. Substancje, które gorzej się rozpuszczają, dają uczucie słodczy o niższej intensywności, ale na dłużej (Zacharis, 2012a).

Ze względu na to, że intensywność słodzenia większości tradycyjnych środków słodzących oraz polioli jest zbliżona lub znacznie słabsza od intensywności słodzenia sacharozy, dodaje się je w podobnej bądź większej ilości jak sacharozę do tradycyjnego produktu. Efektem jest produkt o masie i objętości zbliżonych lub odpowiednio większych od tych uzyskiwanych poprzez zastosowanie sacharozy (Myszkowska-Ryciak, Harton, Gajewska i Bawa, 2010).

## 6. Etykietowanie produktów spożywczych zawierających substancje słodzące

Obowiązkowe informacje na opakowaniu każdego produktu żywnościowego to kolejno: wartość energetyczna oraz zawartość tłuszczów, węglowodanów (z wyszczególnieniem cukrów), białka i soli. Dodatkowo można wyszczególnić zawartość polioli (tab. 5) (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 1169/2011).

**Tabela 5.** Kolejność prezentacji oraz jednostki stosowane w informacjach o wartości odżywczej  
**Table 5.** Order of presentation and units used in the nutrition declaration

Informacja/ Information	Jednostka/ Unit
Wartość energetyczna/ Energy value	kJ/kcal w 100 g/ kJ/kcal in 100 g
Tłuszcz, w tym/ Fat, incl.	g
• nasycone kwasy/ saturated fat	g
Węglowodany, w tym/ Carbohydrate, incl:	g
• cukry/ sugars	g
• poliole (alkohole wielowodorotlenowe)/ Polyols (polyhydric alcohols)	g
Białko/ Protein	g
Sól/ Salt	g

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 1169/2011).

Source: own study based on (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 1169/2011).

W Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) podane są również współczynniki przeliczeniowe (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 1169/2011). Według nich 1 gram polioli ma 2,4 kcal, co jest równoważne 10 kJ. Wyjątkiem jest erytrytol, który ma zerową wartość energetyczną (0 kJ/g, 0 kcal/g). Pozostałe węglowodany mają 17 kJ/g, czyli 4 kcal/g. Pozwala to przeliczyć, skąd pochodzi podana ogólna wartość energetyczna.

Oprócz informacji o wartości odżywczej opakowania środków żywnościowych zawierających substancje słodzące muszą mieć umieszczoną obok nazwy środka żywnościowego informację „zawiera substancję(-e) słodzącą(-e)”. Jeśli dodatkowo zawiera cukier (bądź cukry) informacja zmienia brzmienie na: „zawiera cukier (cukry) i substancję(-e) słodzącą(-e)”. W przypadku zawartości alkoholu wielowodorotlenowych w ilości powyżej 10% musi znaleźć się jeszcze informacja, że produkt spożyty w nadmiernych ilościach może powodować efekt przeczyszczający. Zawartość aspartamu bądź soli aspartamu i acesulfamu obliguje do umieszczenia informacji „zawiera źródło fenyloalaniny” (jeśli w wykazie składników wymieniona jest nazwa szczegółna) bądź „zawiera aspartam (źródło fenyloalaniny)”, gdy w składzie podany jest jedynie numer E (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 1169/2011).

## 7. Podatek cukrowy

Od 1 stycznia 2021 r. w Polsce obowiązuje podatek cukrowy. Podobna opłata obowiązuje już w wielu krajach na całym świecie. Został on wprowadzony na podstawie ustawy z dnia 14 lutego 2020 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z promocją prozdrowotnych wyborów konsumentów (Ustawa z dnia 14 lutego 2020 r.).

### 7.1. Opodatkowane produkty

Zgodnie z treścią ustawy opłacie podlegają napoje znajdujące się w Polskiej Klasyfikacji Wyrobów i Usług w klasie 10.32 (soki owocowe i warzywne), w klasie 10.89 (pozostałe, niesklasyfikowane nigdzie indziej, artykuły spożywcze) oraz w rozdziale 11 (napoje) zawierające dodatek (Ustawa z dnia 14 lutego 2020 r.):

- cukrów (mono- i disacharydów), zawierających je środków spożywczych oraz substancji słodzących,
- kofeiny lub tauryny.

Opłata ta nie dotyczy napojów, w których wyżej wymienione substancje występują naturalnie. Oznacza to, że np. soki owocowe, pomimo zawartości cukrów i w niektórych przypadkach polioli, nie są objęte opłatą, o ile nie dodano do nich dodatkowych substancji słodzących i/lub cukrów. Podatek cukrowy nie obejmuje także (Ustawa z dnia 14 lutego 2020):

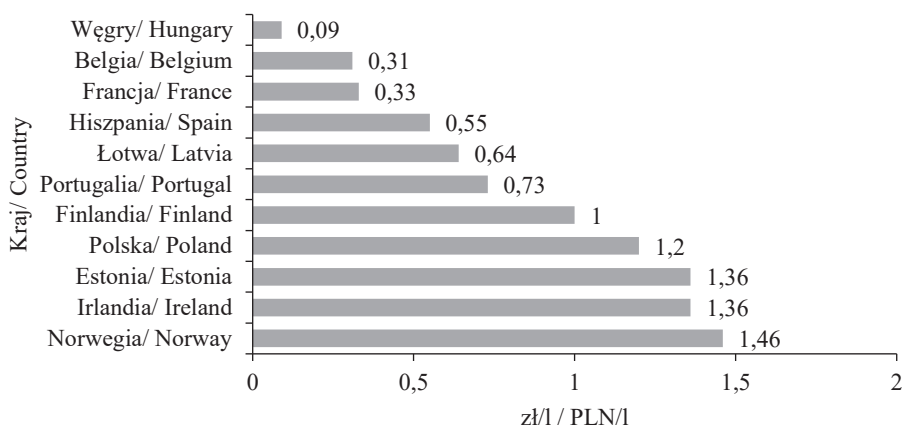
- wyrobów medycznych,
- wyrobów akcyzowych,
- suplementów diety,
- żywności specjalnego przeznaczenia medycznego,
- preparatów do początkowego oraz dalszego żywienia niemowląt,
- napojów, w których zawartość cukrów jest nie większa niż 5 g w 100 ml napoju, a udział masowy soku warzywnego, owocowego bądź owocowo-warzywnego wynosi 20% lub więcej składu surowcowego,



- roztworów węglowodanowo-elektrolitowych (napojów izotonicznych), o zawartości cukrów mniejszej bądź równej 5 g w przeliczeniu na 100 ml napoju,
- napojów, w których mleko lub jego przetwory znajduje się na pierwszym miejscu w wykazie składników (np. smakowych rodzajów mleka).

## 7.2. Wysokość opłaty i wpływy do budżetu

Opłata cukrowa składa się z części stałej (0,50 zł/litr napoju, do którego dodano substancje słodzące i/lub cukier, oraz 0,1 zł/litr w przypadku napojów mających w składzie taurynę i/lub kofeinę) oraz zmiennej, wyznaczonej w zależności od ilości zawartego cukru (0,05 zł za każdy gram, jeśli zawartość cukru przekracza 5 g/100 ml, zaokrąglając w górę do pełnych gramów). Jej maksymalna wysokość to 1,2 zł/litr napoju. W odniesieniu do podatku cukrowego w innych krajach w Polsce podatek ten jest dość wysoki (rys. 2).



**Rys. 2.** Wysokość podatku cukrowego w różnych krajach według kursów walutowych z 26.01.2021 r. (zł/litr)

**Fig. 2.** Amount of sugar tax in different countries according to exchange rates of 26.01.2021 (PLN/liter)

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Borucki, 2021).

Source: own study based on (Borucki, 2021).

W przypadku niektórych napojów podatek ten spowodował nawet ponad 100-procentowy wzrost ceny względem ceny sprzed wprowadzenia opodatkowania (styczeń 2021 r. w porównaniu z końcem roku 2020) (tab. 6). Oprócz tego tą samą ustawą wprowadzono opłatę od napojów zawierających alkohol, sprzedawanych w butelkach poniżej 300 ml (25 zł/litr czystego alkoholu) (Borucki, 2021; Ustawa z dnia 14 lutego 2020 r.).

Podatek cukrowy stanowi dochód Narodowego Funduszu Zdrowia w wysokości 96,5% oraz dochód budżetu państwa w wysokości 3,5%. NFZ przeznacz

środku uzyskane z tej opłaty na profilaktykę, edukację oraz opiekę zdrowotną dla osób z chorobami wynikającymi z podejmowania niewłaściwych wyborów żywieniowych oraz zachowań zdrowotnych, a przede wszystkim dla osób z nadmierną masą ciała (nadwagą i otyłością) (Ustawa z dnia 14 lutego 2020 r).

**Tabela 6.** Przykładowe podwyżki cen napojów po wprowadzeniu podatku cukrowego  
**Table 6.** Examples of price increases for beverages after the introduction of the sugar tax

Nazwa/ Name	Cena przed wprowadzeniem podatku (zł)/ Price before tax (PLN)	Cena po wprowadzeniu podatku (zł)/ Price after tax (PLN)	Pojemność (l)/ Capacity (l)	Wzrost ceny (zł/l)/ Price increase (PLN/l)	Wzrost ceny (%)/ Price increase (%)
Coca-Cola Zero/ Coca-Cola Zero (Biedronka)	4,35	6,29	1,75	1,11	44,60
Oranżada Hellena/ Orangeade Helen (Biedronka)	2,49	3,49	1,25	0,80	40,16
Napój gazowany o smaku coli/ Cola-flavoured carbonated beverage (Auchan)	1,49	3,49	2,00	1,00	134,23
Cola zero/ Coke zero (Auchan)	2,19	3,85	2,00	0,83	75,80

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Unton, 2021).  
 Source: own study based on (Unton, 2021).

**Tabela 7.** Wpływy z opłaty cukrowej w okresie styczeń – maj 2021 r.  
**Table 7.** Revenues from the sugar levy in the period January – May 2021

Miesiąc (2021 r.)/ Month (2021)	Liczba podmiotów, które dokonały wpłaty/ Number of entities that made payments	Wpływy (zł)/ Income (PLN)
Styczeń/ January	641	76 767 064,42
Luty/ February	617	80 832 280,57
Marzec/ March	608	136 069 912,63
Kwiecień/ April	582	136 815 694,44
Maj/ May	509	130 567 572,39
Suma wpływów/ Total income		561 052 524,45

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Koślicki, 2021).  
 Source: own study based on (Koślicki, 2021).

Przewidywane wpływy z opłaty cukrowej za rok 2021 to ok. 2 mld zł. Wpływy w okresie styczeń – maj, czyli przez pierwsze pięć miesięcy obowiązywania opłaty, wyniosły łącznie ok. 560 mln zł, tak więc jeśli w najbliższych miesiącach utrzymają się na podobnym poziomie, nie zostaną osiągnięte przewidywane 2 mld zł (tab. 7) (Koślicki, 2021; Mazurkiewicz, 2021).

### 7.3. Opinie na temat wprowadzenia podatku cukrowego w innych krajach i jego efekty

Napoje słodzone cukrem i kalorycznymi substancjami słodzącymi stanowią jedno z głównych źródeł nadwyżki energetycznej w diecie. Istnieją też udowodnione powiązania nadmiernego ich spożycia z chorobami takimi jak cukrzyca typu 2, otyłość oraz choroby układu krążenia. Na rynku dostępne są jednak także napoje słodzone substancjami, które są prawie pozbawione wartości energetycznej (Hattersley i in., 2020).

Z badań Zymetrii (2021) przeprowadzonych na ponad 800 osobach obojga płci, w wieku powyżej 18 roku życia wynika jednak, że aż 66% pełnoletnich Polaków ocenia negatywnie decyzję dotyczącą wprowadzenia podatku cukrowego. Polacy są również zaskoczeni podwyżką cen napojów typu *light* oraz bez kalorii, a tylko 16% osób wierzy, że pieniądze z podatku będą wykorzystane do zwalczania skutków otyłości.

Związek Przedsiębiorców i Pracodawców uważa, że argumenty dotyczące zdrowotności opodatkowania są mało przekonujące, ponieważ opodatkowano również niskokaloryczne substancje słodzące pomagające w walce z nadmierną masą ciała. Zdaniem organizacji zniechęca to również producentów do reformulacji, czyli zmiany składu produktów (Mazurkiewicz, 2021).

Również w innych krajach miał miejsce sprzeciw branży napojów wobec opodatkowania. Jednak Hawkes i in. (2015) piszą, że podnoszenie cen służy zachęceniu konsumentów do ponownej analizy swoich preferencji dotyczących słodzonych napojów. Poziom cen napojów i żywności ma znaczny wpływ na podejmowane decyzje zakupowe. Wzrost cen o 20% skutecznie zniechęca do zakupu danego napoju (Afshin i in., 2017; Waterlander i in., 2019).

Dane z innych krajów potwierdzają skuteczność w ograniczeniu spożycia słodzonych napojów. Spadek sprzedaży napojów po opodatkowaniu można było zaobserwować na Barbados (o ok. 4%), w Filadelfii (ok. 39%), w Arabii Saudyjskiej (ok. 58% w odniesieniu do napojów energetycznych). W Meksyku spożycie słodkich napojów spadło o 6,3%, a wzrosło spożycie wody (o ok. 16%). Również w Wielkiej Brytanii zastosowanie podatku cukrowego (uzależnionego od ilości zawartego cukru) okazało się skuteczne i skłoniło producentów do reformulacji produktów, a konsumentów do zakupu mniej kalorycznych napojów. Sprzedaż napojów o średnim opodatkowaniu (o zawartości cukru 5-8 g/100 ml) spadła o 45,5% w latach 2015-2018, sprzedaż napojów wysokosłodzonych (>8 g cukru/100 ml) spa-

dła o 35,1%, a sprzedaż napojów niepodlegających podatkowi (<5 g cukru/100 ml) wzrosła o 35,5% (Colchero, Molina i Guerrero-López, 2017; Hattersley i in., 2020).

Moskwik, Połęczarz i Roszkowski (2020) podają, że mimo ograniczenia spożycia słodzonych napojów na podstawie doświadczeń z innych krajów można stwierdzić, iż skuteczność zastosowania rozwiązań podatkowych w zwalczaniu otyłości jest niska. Łada (2021) wskazuje nawet konkretne przykłady państw. Na Łotwie podatek cukrowy został wprowadzony w roku 2004. Wówczas otyłych było 21,7% jej obywateli, a pięć lat wcześniej o 1,1 punktu procentowego mniej. Po kolejnych pięciu latach odsetek otyłych osób wzrósł o 1,5 punktu procentowego. Podobnie na Węgrzech, gdzie podatek wprowadzono w 2011 r. W latach 2006-2011 r. odsetek otyłych wzrósł o 2,5 punktu procentowego, a w latach 2011-2016 o 2,8 punktu procentowego. We Francji, Meksyku oraz Chile wprowadzenie opodatkowania nie zmieniło poziomu przyrostu odsetka otyłych osób. W Nauru, państwie z bardzo wysokim odsetkiem osób z nadmierną masą ciała (60,7% w 2016 r.), wprowadzenie podatku w ciągu pięciu lat tylko nieznacznie, bo o 0,3 punktu procentowego, zmniejszyło trend wzrostowy.

## 8. Żywność o naturalnej zawartości polioli

Poliole, takie jak ksylitol, sorbitol, erytrytol i mannitol, występują naturalnie w niektórych warzywach i owocach oraz wodorostach (Grembecka, 2018; Waszkiewicz-Robak, 2018). Waszkiewicz-Robak (2018) oraz Grupińska i in. (2015) jako ich naturalne źródła wymieniają:

- truskawki i maliny (zawierają ksylitol),
- oliwki i figi (zawierają mannitol),
- śliwki (1,7-4,5% sorbitolu),
- gruszki (1,2-1,8% sorbitolu),
- brzoskwinie (0,5-1,3% sorbitolu),
- jabłka (0,2-1,0% sorbitolu).

Chukwuma i Islam (2018) podają, że zawartość ksylitolu w jego naturalnych źródłach jest przeważnie mniejsza niż 1%. Obecny jest on w niektórych owocach i warzywach (tab. 8). Rehman, Murtaza i Mushtaq (2018) wymieniają dodatkowo jagody, owies i grzyby. Inne źródła ksylitolu, które pojawiają się w literaturze, to dynia, kukurydza oraz brzoza (Myszkowska-Ryciak i in., 2010; Rehman i in., 2015).

Według Grembeckiej (2018) sorbitol występuje szczególnie w jagodach i pestkach drzew rodzaju *Sorbus*. Antoniewska, Rutkowska i Adamska (2017) piszą, że jest on zawarty także w owocach pigwowca japońskiego (*Chaenomeles japonica*).

Mannitol można znaleźć nie tylko w figach i oliwkach, ale również w wodorostach, drożdżach, jadalnych grzybach oraz wydzielinach drzew, szczególnie jesionu mannowego – *Fraxinus ornus* (Grembecka, 2018). Obecny jest także w niektórych owocach i warzywach, czasami wraz z sorbitolem (tab. 9) (de Cock, 2012).

**Tabela 8.** Naturalna zawartość ksylitolu w produktach żywnościowych**Table 8.** Natural content of xylitol in food products

Produkt/ Product	Zawartość ksylitolu w 100 g suchej masy (mg)/ Xylitol content in 100 g of dry mass
Owoce/ Fruits	
Rokitnik/ Sea buckthorn	213
Maliny/ Raspberries	268
Truskawki/ Strawberries	362
Śliwki (żółte)/ Plums (yellow)	935
Warzywa/ Vegetables	
Koper włoski/ Fennel	92
Kalarepa/ Kohlrabi	94
Szpinak/ Spinach	107
Salata/ Lettuce	131
Bakłażan/ Eggplant	180
Cykoria/ Chicory	258
Kalafior/ Cauliflower	268-300
Roszonka/ Lamb's lettuce	273

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Baranowski, Rutkowska i Antoniewska, 2020; de Cock, 2012).  
Source: own study based on (Baranowski, Rutkowska and Antoniewska, 2020; de Cock, 2012).

**Tabela 9.** Naturalna zawartość sorbitolu i mannitolu w wybranych produktach żywnościowych**Table 9.** Natural content of sorbitol and mannitol in selected food products

Produkt/ Product	Zawartość (g/100 g produktu)/ Content (g/100 g of product)
Sorbitol/ Sorbitol	
Morele/ Apricots	1,20
Suszone jabłka/ Dried apples	1,90
Śliwki/ Plums	2,40
Nektar gruszkowy/ Pear nectar	3,40
Gruszki/ Pears	4,10
Jeżyny/ Blackberries	4,76
Suszone morele/ Dried apricots	6,00
Suszone śliwki/ Dried plums	10,80
Mannitol/ Mannitol	
Groch cukrowy/ Sugar peas	1,16
Seler/ Celery	1,50
Kalafior/ Cauliflower	2,96
Sorbitol i mannitol/ Sorbitol and mannitol	
Brzoskwinie/ Peaches	1,03
Grzyby/ Mushrooms	2,74

Źródło: opracowanie własne na podstawie (de Cock, 2012).  
Source: own study based on (de Cock, 2012).

Według Grembeckiej (2018) erytrytol obecny jest głównie w owocach i gło-nach (*Trentepohlia jolithus* oraz *Protococcus vulgaris*). De Cock (2012) pisze o jego obecności w warzywach i fermentowanych produktach (tab. 10).

**Tabela 10.** Naturalna zawartość erytrytolu w wybranych produktach żywnościowych  
**Table 10.** Natural erythritol content in selected food products

Produkt/ Product	Zawartość erytrytolu/ Erythritol content
Owoce/ Fruits	
Gruszki/ Pears	0-40 mg/kg
Winogrona/ Grapes	0-42 mg/kg
Melony/ Melons	22-47 mg/kg
Fermentowane produkty/ Fermented products	
Wino sherry/ Sherry wine	70 mg/l
Wino/ Wine	130-300 mg/l
Sake/ Sake	1550 mg/l

Źródło: opracowane własne na podstawie (de Cock, 2012).

Source: own study based on (de Cock, 2012).

Stolarczyk (2015) jako produkty o wysokiej zawartości alkoholi cukrowych wymienia także awokado, wiśnie i arbuzy. Nie precyzuje jednak, które poliole są w nich zawarte.

## 9. Wpływ polioli na zdrowie

### 9.1. Nadwaga i otyłość

Wartość energetyczna polioli jest prawie o połowę niższa niż wartość energetyczna sacharozy, dzięki czemu pomagają w walce z nadwagą i otyłością. Wynika to z ich niepełnego wchłaniania w jelicie cienkim. Wartość energetyczna erytrytolu jest najniższa ze wszystkich polioli, ponieważ jest on wydalany z organizmu w postaci niezmienionej wraz z moczem. W Unii Europejskiej przyjmuje się dla niego zerową wartość energetyczną, a w Stanach Zjednoczonych 0,2 kcal/1g (tab. 11) (Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2020; Grembecka, 2015; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011).

Poliole często pełnią funkcję wypełniacza w produktach, w których dodanie wyłącznie substancji intensywnie słodzących zmieniłoby teksturę produktu. Dzięki nadawaniu objętości pozwalają na obniżenie kaloryczności gotowego produktu przy zachowaniu takiej samej masy. Niektóre z nich, np. sorbitol, pomagają też w maskowaniu gorzkiego smaku substancji intensywnie słodzących (Waszkiewicz-Robak, 2018).

**Tabela 11.** Wartość energetyczna polioli (kcal/g) w porównaniu z sacharozą**Table 11.** Energy value of polyols (kcal/g) compared to sucrose

Poliol/ Polyol	Wartość energetyczna (kcal/g)/ Energy value (kcal/g)	
	według przepisów unijnych/ according to EU regulations	według FDA (Agencja Żywności i Leków)/ according to FDA (Food and Drug Administration)
Erytrytol/ Erythritol	0	0
Mannitol/ Mannitol	2,4	1,6
Laktitol/ Lactitol		2,0
Izomalt/ Isomalt		2,0
Maltitol/ Malitol		2,1
Ksylitol/ Xylitol		2,4
Sorbitol/ Sorbitol		2,6
Sacharoza/ Saccharose		4

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2020; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011).

Source: own study based on (Center for Food Safety and Applied Nutrition, 2020; Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011).

## 9.2. Działanie prebiotyczne

Niepełne przyswajanie w jelicie cienkim i fermentacja polioli w okrężnicy powodują, że poliole (poza erytrytolem, który nie jest metabolizowany przez człowieka) wykazują działanie prebiotyczne. Powstawanie lotnych kwasów tłuszczowych obniża pH, tworząc tym samym odpowiednie warunki do rozwoju bakterii z rodzajów *Lactobacillus spp.* oraz *Bifidobacterium spp.* Badania Gostnera i in. (2006) potwierdzają wzrost ilości bifidobakterii w jelitowej florze bakteryjnej przy wzbogaceniu diety o poliole (w tym przypadku spożywano 30 g izomaltu dziennie przez okres czterech tygodni). Wzrost ich liczebności ogranicza wzrost bakterii gnilnych z rodzaju *Clostridium* oraz chorobotwórczych, takich jak *Escherichia coli* czy *Shigella*, ponieważ bifidobakterie wytwarzają zwalczające je substancje (Baranowski i in., 2020; Sooch i Lugani, 2017).

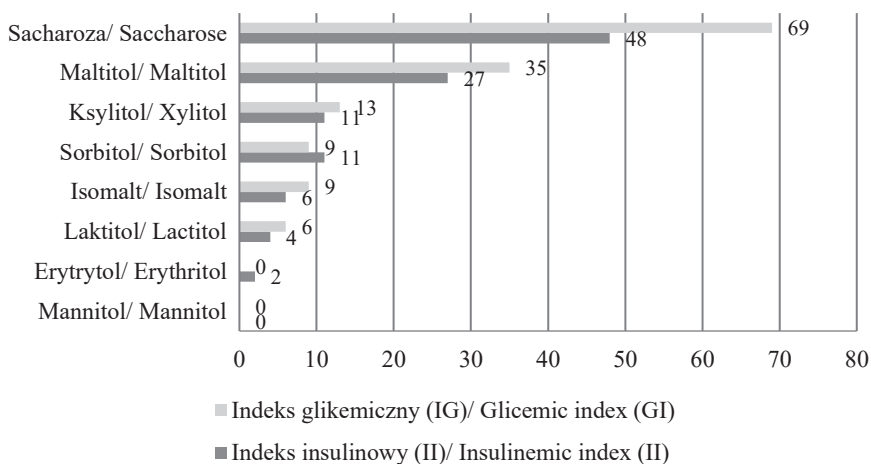
## 9.3. Wchłanianie wapnia

Obniżone pH poprawia wchłanianie oraz rozpuszczanie minerałów, w tym wapnia. Udział 10% wagowych ksylitolu w całkowitej diecie w badaniach na szczurach spowodował dwukrotny wzrost poziomu jonów  $\text{Ca}^{2+}$  w surowicy. Może to mieć pozytywny wpływ na kości (Baranowski i in., 2020; Salli, Lehtinen, Tiihonen i Ouwehand, 2019).



#### 9.4. Cukrzyca, zespół policystycznych jajników, insulinooporność

Indeks glikemiczny i insulinowy polioli jest znacznie niższy niż sacharozy (rys. 3). Jest to spowodowane ich częściowym, powolnym wchłanianiem – nie powodują więc gwałtownego wzrostu stężenia glukozy. Mają one także niższą wartość energetyczną (tab. 13). Sprawia to, że mogą być spożywane jako zamienniki sacharozy przez osoby, które muszą zmniejszyć swoją masę ciała (m.in. poprzez obniżenie spożycia kalorii) lub obniżyć poposiłkową odpowiedź insulinową oraz glikemiczną. Najkorzystniejsze jest spożywanie produktów o indeksie glikemicznym nieprzekraczającym 50, co zapobiega hiperglikemii i hiperinsulimii. Taka potrzeba zachodzi m.in. u osób chorych na cukrzycę, zespół policystycznych jajników oraz insulinooporność (Grupińska i in., 2015; Ostrowska i Jeznach-Steinhagen, 2016; Waszkiewicz-Robak, 2018).



**Rys. 3.** Indeks insulinowy oraz indeks glikemiczny polioli w zestawieniu z sacharozą

**Fig. 3.** Insulin index and glyceimic index of polyols versus sucrose

Źródło: opracowanie własne na podstawie (Chukwuma i Islam, 2018).

Source: own study based on (Chukwuma and Islam, 2018).

Zespół policystycznych jajników (PCOS, *Polycystic Ovary Syndrome*) to choroba endokrynologiczna, w przebiegu której występują problemy z owulacją, torbiele na jajnikach oraz często otyłość. Jest on główną przyczyną niepłodności kobiet w wieku rozrodczym. W przebiegu choroby konieczne jest ograniczenie spożycia węglowodanów (do 30-43% dziennego zapotrzebowania energetycznego) oraz spożywanie produktów z niskim indeksem glikemicznym. Spadek masy ciała i odpowiednia dieta mogą pomóc w regulacji cykli menstruacyjnych (Kostecka, 2018; Marsh, Steinbeck, Atkinson, Petocz i Brand-Miller, 2010; Nowotnik, 2012).

Przy insulinooporności tkanki są mniej wrażliwe na działanie insuliny, przez co rośnie jej poziom bądź utrzymuje się jej wysokie stężenie. Konsekwencją może być cukrzyca typu 2, przy której zaburzone jest wydzielanie insuliny i utrzymane jest podwyższone stężenie glukozy we krwi, dlatego ważna jest prawidłowa dieta, o niskim indeksie glikemicznym (Ciok i Dolna, 2006; Małecki 2006; Ostrowska i Jeznach-Steinhagen, 2016).

## 9.5. Próchnica

Poliole nie oddziałują negatywnie na zęby, ponieważ bakterie odpowiedzialne za niszczenie szkliwa nie są w stanie ich wykorzystać do wytworzenia kwasów. Dzięki temu płytka nazębna nie osiąga pH, które powodowałoby demineralizację szkliwa (EFSA, 2011; Rapaille, Goosen i Heume, 2003).

## 9.6. Zespół jelita drażliwego

Zespół jelita drażliwego (IBS, *Irritable Bowel Syndrome*) to choroba charakteryzująca się przewlekłymi bólami brzucha, wzdęciami i zmianami w rytmie wypróżnień. Odpowiednia dieta przy IBS pomaga złagodzić objawy. Zaleca się unikanie fruktozy, laktozy, galaktooligosacharydów, frukranów oraz polioli (Pawlak, Rudzik, Lewiński, Majcher i Słuczanska-Głabowska, 2017).

U zdrowych osób alkohole cukrowe mogą jednak normalizować pracę jelit oraz pomóc złagodzić zaparcia. Ze względu na powstawanie lotnych kwasów tłuszczowych niektóre źródła mówią nawet o zapobieganiu występowania zespołu jelita drażliwego (Baranowski i in., 2020; Sooch i Lugani, 2017).

# 10. Metabolizm i skutki nadmiernego spożycia polioli

## 10.1. Metabolizm

Metabolizm różnych alkoholi cukrowych jest uzależniony od ich budowy (pochodzą od mono-, di- lub oligosacharydów). Są one częściowo wchłaniane w jelicie cienkim poprzez dyfuzję do krwiobiegu i następnie są trawione lub wydalane wraz z moczem w niezmienionej postaci. Prędkość wchłaniania jest zależna m.in. od masy cząsteczkowej danego polialkoholu oraz ilości, jaka została spożyta, jednak jest mniejsza niż prędkość wchłaniania glukozy. Pozostała, niewchłonięta część jest fermentowana w okrężnicy przez naturalną florę bakteryjną do lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) (Dobrevá i in., 2013; Livesey, 2003; Rapaille i in., 2003).

Erytrytol jest absorbowany w największym stopniu spośród alkoholi cukrowych dopuszczonych do spożycia. Najwyższe stężenie we krwi osiąga około godziny po spożyciu. Nie jest on metabolizowany, dlatego zaabsorbowana część jest wydalana w ciągu 24-72 godzin od spożycia wraz z moczem (w niezmienionej postaci). Niewchłonięta część nie jest jednak fermentowana w okrężnicy (Asif, 2013; de Cock, 2012; Grembecka, 2015).

Ksylitol jest wchłaniany w 25-50%. Jest jednak dobrze tolerowany, nawet przez dzieci. Maltitol jest wchłaniany w 40% w jelicie cienkim, a pozostała część jest fermentowana w okrężnicy. Podobnie jest z mannitolem oraz sorbitolem, chociaż są wchłaniane w mniejszym stopniu (15-25%) (Grembecka, 2015; Kearsley i Deis, 2012; Zacharis 2012b).

Izomalt jest przyswajany powoli i w niewielkim stopniu. Większość spożytej substancji jest fermentowana przez bakterie w jelicie grubym (Grembecka, 2015; Senteko i Willibald-Ettle, 2012).

Laktitol prawie nie jest wchłaniany, aż 98% ze spożytego laktytu trafia do okrężnicy. Tam mikroflora powoli przetwarza go do lotnych kwasów tłuszczowych, kwasu mlekowego, niewielkich ilości  $H_2$  oraz  $CO_2$ . Jest tam także pożywką dla pożytecznej flory bakteryjnej, takiej jak *Lactobacillus spp.* oraz *Bifidobacteria* (Grembecka, 2015; Zacharis, 2012a).

## 10.2. Skutki nadmiernego spożycia polioli

Nadmierne spożycie alkoholi cukrowych może skutkować występowaniem problemów żołądkowo-jelitowych, takich jak dyskomfort, wzdęcia i gazy spowodowane fermentacją polioli oraz biegunki wynikające z zachwiania równowagi osmotycznej. Dawka wywołująca takie skutki jest zależna od rodzaju polialkoholu (tab. 12), częstotliwości spożycia, wrażliwości danej osoby, diety oraz wieku. Tolerancja wzrasta też przy długotrwałym stosowaniu, już nawet po 4-5 dniach spożywania polioli problemy żołądkowo-jelitowe zmniejszają się bądź znikają (Asif, 2013; Kearsley i Deis, 2012; Rapaille i in., 2003; Zacharis, 2012a; Zacharis, 2012b).

**Tabela 12.** Maksymalne dawki wybranych polioli niepowodujące problemów żołądkowo-jelitowych  
**Table 12.** Maximum doses of selected polyols not causing gastrointestinal problems

Poliol/ Polyol	Tolerowana dawka/ Tolerable dose		
	(g/dzień)/ (g/day)	(g/kg masy ciała)/ (g/kg body weight) kobiety/ woman	(g/kg masy ciała)/ (g/kg body weight) mężczyźni/ men
Mannitol/ Mannitol	10-20	–	–
Laktitol/ Lactitol	20-50	–	–
Maltitol/ Malitol	30-60	0,30 (jednorazowo)/ (one time) 0,80 (dziennie)/ (per day)	0,30 (jednorazowo)/ (one time) 0,80 (dziennie)/ (per day)
Izomalt/ Isomalt	50-70	–	0,30
Sorbitol/ Sorbitol	50-80	0,24	0,17
Ksylitol/ Xylitol	50-90	0,30	0,30
Erytrytol/ Erythritol	125	0,80	0,66

Źródło: opracowane własne na podstawie (Dobrevá i in., 2013; García-Almeida i in., 2013).  
 Source: own study based on (Dobrevá et al., 2013; García-Almeida et al., 2013).

## 10. Zakończenie

Substancje słodzące są dobrze przebadane, choć najdokładniejsze informacje na ich temat pojawią się po ponownej ocenie EFSA, której termin upłynął 31 grudnia 2020 r. Sam fakt badania substancji słodzących jako ostatnich świadczy o ich bezpieczeństwie i aktualności dostępnych danych, które ich dotyczą. Na niekorzyść ich spożycia wpłynie prawdopodobnie (biorąc pod uwagę doświadczenia z innych państw) ustanowiony od stycznia 2021 r. podatek cukrowy, który je obejmuje. Wciąż jednak intensywność słodzenia niektórych substancji pozwala na zastosowanie ich w mniejszej ilości niż sacharozy, co może zrównoważyć negatywny wpływ podatku.

## Literatura

- Afshin, A. J., Peñalvo, L., Del Gobbo, L., Silva, J., Michaelson, M., O'Flaherty, M., Capewell, S., Spiegelman, D., Danaei, G. i Mozaffarian, D. (2017). The prospective impact of food pricing on improving dietary consumption: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*, 12(3).
- Antoniewska, A., Rutkowska, J. i Adamska, A. (2017). Charakterystyka owoców pigwowca japońskiego oraz ich zastosowanie w przemyśle spożywczym, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 111(2), 5-15.
- Asif, M. (2013). Low caloric sweeteners for diabetes and obesity care and their clinical inferences for tackle the prevalence. *Journal of Pharmaceutical Care*, 1(3), 104-113.
- Baranowski, D., Rutkowska, J. i Antoniewska, A. (2020). Ksylitol – rola technologiczna i żywieniowa, *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 123(2), 5-21.
- Borucki, B. (2021). *Słodzone napoje gazowane droższe nawet o 35%, czyli podatki i opłaty w 2021 roku*. Pobrane z <https://finanse.rankomat.pl/>
- Center for Food Safety and Applied Nutrition (2020). *Food labeling: Revision of the nutrition and supplement facts labels: Guidance for industry, FDA Guidance Documents*, FDA-2012-N-1210, 11-12.
- Chukwuma, C. I. i Islam, M. S. (2018). Xylitol: One name, numerous benefits. W: J.-M. Mérillon i K. G. Ramawat (red.), *Sweeteners. Pharmacology, biotechnology, and applications* (s. 409-435). Cham: Springer.
- Ciok, J. i Dolna, A. (2006). Indeks glikemiczny w patogenezie i leczeniu dietetycznym cukrzycy. *Diabetologia Praktyczna*, 7(2), 78-85.
- Cock, P. de (2012). Erythritol. W: O'Donnell, K., Kearsley, M.W., (red.), *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (s. 215-243). West Sussex: Wiley Blackwell.
- Colchero, M. A., Molina, M. i Guerrero-López, C. M. (2017). After Mexico implemented a tax, purchases of sugar-sweetened beverages decreased and water increased: Difference by place of residence, household composition, and income level. *The Journal of Nutrition*, 147(8), 1552-1557.
- Das, A. i Chakrabort, R. (2018). An introduction to sweetener. W: J. M. Mérillon i K. G. Ramawat (red.), *Sweeteners. Pharmacology, biotechnology, and application*. Cham: Springer.
- Dejnaka, A. (2019). Sposoby odżywiania się przez konsumentów – nowe trendy. W: W. Nowak i K. Szalmonka (red.), *Zdrowie i styl życia. Wyzwania ekonomiczne i społeczne* (s. 97-110). Wrocław: E-Wydawnictwo. Prawnicza i Ekonomiczna Biblioteka Cyfrowa. Wydział Prawa, Administracji i Ekonomii Uniwersytetu Wrocławskiego.

- Deska, M. (2009). Substancje decydujące o smaku. *Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie*, (13), 17-28.
- Dobosz, A. (2019). *Dawki toksyczne, czyli skąd wiadomo, że to, co jemy, nas nie zabije?*, broszury Jagiellońskiego Centrum Innowacji. Pobrane z [https://www.jagiellonskiecentruminnovacji.pl/wp-content/uploads/2019/11/dawki-toksycznosci\\_112019-003.pdf](https://www.jagiellonskiecentruminnovacji.pl/wp-content/uploads/2019/11/dawki-toksycznosci_112019-003.pdf)
- Dobrev, V., Hadjikinova, M., Slavov, A., Hadjikinov, D., Dobrev, G. i Zhekova, B. (2013). Functional properties of maltitol. *Agricultural Science and Technology*, 5(2), 168-172.
- Drzewiecka, A. (2016). Sztuczne i naturalne środki słodzące. *Kosmetologia Estetyczna*, 5(4), 365-368.
- Dyrektywa Rady 2001/111/WE z dnia 20 grudnia 2001 r. odnosząca się do niektórych cukrów przeznaczonych do spożycia przez ludzi (Dz.U.UE.L.2002.10.53, ze zm.).
- EFSA. (2011). Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to the sugar replacers xylitol, sorbitol, mannitol, maltitol, lactitol, isomalt, erythritol, D-tagatose, isomaltulose, sucralose and polydextrose and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation (ID 463, 464, 563, 618, 647, 1182, 1591, 2907, 2921, 4300), and reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 617, 619, 669, 1590, 1762, 2903, 2908, 2920) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 9(4), 2076.
- EFSA. (2019). *Call for technical data on sweeteners authorised as food additives in the EU*. Pobrane z <https://www.efsa.europa.eu>
- EFSA. (2020). *Summary table of permitted food additives and status of their re-evaluation by EFSA (status as of 17 December 2020)* Pobrane z <https://www.efsa.europa.eu>
- EFSA. (b.d.). *Food additive re-evaluations*. Pobrane z <https://www.efsa.europa.eu>
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). (2010). Scientific opinion on dietary reference values for carbohydrates and dietary fibre. *EFSA Journal*, 8(3).
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS) (2009). The use of polyglycitol syrup as a food additive. *EFSA Journal*, 7(12).
- EUFI (The European Food Information Council). (2013). *What is an Acceptable Daily Intake (ADI)?* Pobrane z <https://www.eufic.org>
- Future Market Insights. (2019). *Polyol sweeteners market, 2019 Analysis and review polyol sweeteners market by type – sorbitol, maltitol, isomalt, erythritol and xylitol for 2019-2029*. Pobrane z <https://www.futuremarketinsights.com/reports/polyol-sweeteners-market>
- Gajda-Wyrębek, J. (2020). Substancje słodzące w żywności. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 64(4-5), 25-28.
- García-Almeida, J. M., Casado Fdez, G. M. i García Alemán, J. (2013). A current and global review of sweeteners; regulatory aspects. *Nutricion Hospitalaria*, 28(1), 17-31.
- Goluch-Koniuszy, Z. i Rygielska, M. (2014). Ocena wpływu na modelu zwierzęcym zamiany sacharozy w diecie sukralozą (E 955) na wybrane torę metaboliczne ustroju. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 47(1), 96-105.
- Gostner, A., Blaut, M., Schäffer, V., Kozianowski, G., Theis, S., Klingenberg, M., Dombrowski, Y., Martin, D., Ehrhardt, S., Taras, D., Schwirtz, A., Kleessen, B., Lührs, H., Schaubert, J., Dorbath, D., Menzel, T. i Schepbach, W. (2006). Effect of isomalt consumption on faecal microflora and colonic metabolism in healthy volunteers. *British Journal of Nutrition*, 95(1), 40-50.
- Górecka, D., Korczak, J. i Borowska-Parus, A. (2007). Zastosowanie substancji słodzących w wyrobach ciastkarskich. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 6(55), 210-218.
- Grabda, M. (2018). *Poliiole – słodycz bez wyrzeczeń*. Pobrane z <https://dietetycy.org.pl/poliiole-slodycz-bez-wyrzeczen/>
- Grembecka, M. (2015). Natural sweeteners in a human diet. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 66(3), 195-202.
- Grembecka, M. (2018). Sugar alcohols as sugar substitutes in food industry. W: J.- M. Mérillon i K. G. Ramawat (red.), *Sweeteners. Pharmacology, biotechnology, and applications* (s. 547-574). Cham: Springer.

- Grupińska, J., Grzelak, T., Walczak, M., Kramkowska, M. i Czyżewska, K. (2015). Korzyści i zagrożenia związane z konsumpcją naturalnych zamienników sacharozy. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, XLVII(1), 1-10.
- Hattersley, L., Thiebaud, A., Fuchs, A., Gonima, A., Silver, L. i Mandeville, K. (2020). *Taxes on sugar-sweetened beverages: International evidence and experiences*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Hawkes, C., Smith, T. G., Jewell, J., Wardle, J., Hammond, R. A., Friel, S., Thow, A. M. i Kain, J. (2015). Smart food policies for obesity prevention. *Lancet*, 385(9985), 2410-2421.
- Jarosz, M., Sajór, I., Gugala-Mirosz, S. i Nagel, P. (2019). Czy wiesz, ile potrzebujesz węglowodanów? Instytut Żywności i Żywienia, Warszawa, 7-8, Pobrane z [https://ncez.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/broszura\\_weglowodany-2.pdf](https://ncez.pzh.gov.pl/wp-content/uploads/2021/03/broszura_weglowodany-2.pdf)
- JECFA. (2020). *Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. Pobrane z <https://apps.who.int>
- Jeznach, M., Jeżewska-Zychowicz, M. i Kosicka-Gębska, M. (2011). Konsumpcja słodczy i jej społeczno-kulturowe warunkowania. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(4), 806-809.
- Kearsley, M. W. i Deis, R. C. (2012). Maltitol powder. W: K. O'Donnell, M. W., Kearsley (red.), *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (s. 295-308). West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Kostecka, M. (2018). Zespół policystycznych jajników – rola diety i suplementacji we wspomaganiu leczenia. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 67(4), 855-862.
- Koślicki, K. (2021). *Firmy płacą podatek cukrowy, ale nie wiedzą, jak go prawidłowo liczyć*. Pobrane z <https://www.prawo.pl/podatki/jakie-wplywy-z-podatku-cukrowego-obliczenie-wysokosci-oplaty,509676.html>
- Kot-Wasik, A., Wasik, A. i Namieśnik, J. (2008). Wykorzystanie techniki LC-MS do oznaczania słodzików w produktach spożywczych, materiały z III Konferencji pt. *Analityczne Zastosowania Chromatografii Cieczowej*, Warszawa.
- Lee, H. (2006). *Guidance for industry: Estimating dietary intake of substances in Food*, CFSAN (Center for Food Safety and Applied Nutrition), *Guidance Document*. Pobrane z <http://www.fda.gov>
- Livesey, G. (2003). Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, (16), 163-191.
- Łada, L. (2021). *Czy podatek cukrowy jest skuteczny?* Pobrane z <https://tenpoznaj.pl>
- Małecki, M. T. (2006). Otyłość – insulinooporność – cukrzyca typu 2. *Kardiologia Polska*, 64(10), 561-566.
- Marsh, K. A., Steinbeck, K. S., Atkinson, F. S., Petocz, P. i Brand-Miller, J. C. (2010). Effect of a low glycemic index compared with a conventional healthy diet on polycystic ovary syndrome. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(1), 83-92.
- Mazurkiewicz, P. (2021). *Budżet nie pożywi się na cukrze. Znacznie mniejsze wpływy z podatku*. Pobrane z <http://grm-scweb.newscyclecloud.com/Budzet-i-Podatki/210319415-Budzet-nie-pozywi-sie-na-cukrze-Znacznie-mniejsze-wplywy-z-podatku.html>
- Mortensen, A. (2006). Sweeteners permitted in the European Union: Safety aspects. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition*, 50(3), 104-116.
- Moskwik, K., Połęczarz, E. i Roszkowski, M. (2020). *Podatek cukrowy a walka o zdrowie Polaków. Analiza*. Pobrane z <http://jagiellonski.pl>
- Myszkowska-Rygiak, J., Harton, A., Gajewska, D. i Bawa, S. (2010). Środki słodzące w profilaktyce i leczeniu otyłości. *Kosmos. Problemy Nauk Biologicznych*, 59(3-4), 365-374.
- Nowotnik, A. (2012). Wielowymiarowość doświadczenia zespołu policystycznych jajników u kobiet w wieku rozrodczym: przegląd badań. *Nowiny Lekarskie*, 81(3), 268-272.
- Oleksy, A. (2020). *Światowy rynek polioli w 2029 r. przekroczy wartość 3 mld USD*. Pobrane z <https://foodfakty.pl/swiatowy-rynek-polioli-w-2029-r-przekroczy-wartosc-3-mld-usd>
- Ostrowska, J. i Jeznach-Steinhagen, A. (2016). Czynniki wpływające na wartość indeksu glikemicznego oraz jego zastosowanie w leczeniu dietetycznym cukrzycy. *Forum Medycyny Rodzinnej*, 10(2), 84-90.



- Pawlak, K., Rudzik, R., Lewiński, M., Majcher, S. i Słucznanowska-Głąbowska, S. (2017). Dieta L-FOODMAP w leczeniu zespołu jelita drażliwego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, L (2), 179-183.
- Portalspozywczy.pl (2014). Manager Hoop Polska: *Dodatki do żywności nie stanowią zagrożenia dla zdrowia*. Pobrane z <https://www.portalspozywczy.pl/>
- Radeloff, M. A. i Beck, R. (2013). Polyols – more than sweeteners. *Sugar Industry*, 138(4), 226-234.
- Rapaille, A., Goosens, J. i Heume, M. (2003). Sugar alcohols. W: L. Trugo i P. M. Finglas, *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (s. 5665-5671). Second Edition. Academic Press.
- Regnat, K., Mach, R. L. i Mach-Aigner, A. R. (2018). Erythritol as sweetener – where from and where to? *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(2), 587-595.
- Rehman, S.-ur., Murtaza, M. A. i Mushtaq, Z. (2018). Xylitol as sweetener. W: J.-M. Mérillon i K. G. Ramawat (red.), *Sweeteners. Pharmacology, biotechnology, and applications* (s. 129-150). Cham: Springer.
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 1049/2012 z dnia 8 listopada 2012 r. zmieniające załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w odniesieniu do stosowania syropu poliglucitolowego w kilku kategoriach żywności (Dz.U.UE L 310.41).
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 234/2011 z dnia 10 marca 2011 r. w sprawie wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1331/2008 ustanawiającego jednolitą procedurę wydawania zezwoleń na stosowanie dodatków do żywności, enzymów spożywczych i środków aromatyzujących (Dz.U.UE L 2011.64.15 ze zm.).
- Rozporządzenie Komisji (UE) nr 257/2010 z dnia 25 marca 2010 r. ustanawiające program ponownej oceny dopuszczonych dodatków do żywności zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 w sprawie dodatków do żywności (Dz.U.UE L 2010.80.19 ze zm.).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 listopada 2010 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych (Dz.U. 2010.232.1525 ze zm.).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1169/2011 z dnia 25 października 2011 r. w sprawie przekazywania konsumentom informacji na temat żywności, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1924/2006 i (WE) nr 1925/2006 oraz uchylecia dyrektywy Komisji 87/250/EWG, dyrektywy Rady 90/496/EWG, dyrektywy Komisji 1999/10/WE, dyrektywy 2000/13/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, dyrektyw Komisji 2002/67/WE i 2008/5/WE oraz rozporządzenia Komisji (WE) nr 608/2004 (Dz.U.UE L 2011.304.18 ze zm.).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1333/2008 z dnia 16 grudnia 2008 r. w sprawie dodatków do żywności (Dz.U.UE L 2008.354.16 ze zm.).
- Rutkowski, A. (2012). Dodatki do żywności. W: Z. Sikorski (red.), *Chemia żywności. Składniki żywności* (s. 137-139). Warszawa: WNT.
- Salli, K., Lehtinen, M. J., Tiihonen, K. i Ouwehand, A. C. (2019). Xylitol's health benefits beyond dental health: A comprehensive review. *Nutrients*, 11(8), 1813.
- Senteko, A. i Willibald-Ettle, I. (2012). Isomalt. W: K. O'Donnell i M. W. Kearsley (red.), *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (s. 243-274). West Sussex: Wiley Blackwell.
- Sooch, B. S. i Lugani, Y. (2017). Xylitol, an emerging prebiotic: A review. *International Journal of Applied Pharmaceutical and Biological Research*, 2(2), 67-73.
- Staroszczyk, H. (2017). Sacharydy – występowanie i znaczenie. W: Z. Sikorski i H. Staroszczyk (red.), *Główne składniki żywności. Chemia żywności*. T. 1 (s.105-150). Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Stolarczyk, A. (2015). Składniki FODMAP w żywności. *Standardy Medyczne/Pediatrics*, (12), 235-243.
- Świąder, K. i Waszkiewicz-Robak, B. (2006). Intensywność słodczy wybranych substancji słodzących. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 46(1) Supl., 183-191.
- Świąder, K., Waszkiewicz-Robak, B. i Świdorski, F. (2011). Substancje intensywnie słodzące – korzyści i zagrożenia. *Problemy Higieny i Epidemiologii*, 92(3), 392-396.



- Świdorski, F. (2018). Wprowadzenie do substancji dodatkowych. W: F. Świdorski (red.), *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Warszawa: WNT.
- Świerczek, U., Borowiecka, A. i Feder-Kubis, J. (2016). Struktura, właściwości i przykłady zastosowań syntetycznych substancji słodzących. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 107(4), 15-25.
- Tennant, D. R. (2014). Potential intakes of total polyols based on UK usage survey data. *Food Additives & Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment. Foreword*, 31(4), 574-586.
- Tiefenbacher, K. (2017). *The technology of wafers and waffles I: Operational aspects*. London: Academic Press.
- Unton, A. (2021). *Błyskawiczne podwyżki. Podatek cukrowy daje o sobie znać. Sprawdzamy ceny*. Pobrane z <https://finanse.wp.pl>
- Ustawa z dnia 14 lutego 2020 r. o zmianie niektórych ustaw w związku z promocją prozdrowotnych wyborów konsumentów (Dz.U. 2020.1492 ze zm.).
- Waszkiewicz-Robak, B. (2018). Substancje słodzące. W: F. Świdorski (red.), *Żywność wygodna i żywność funkcjonalna*. Warszawa: WNT.
- Waszkiewicz-Robak, B., Świąder, K. i Świdorski, F. (2007). Substancje intensywnie słodzące. Cz. I. Właściwości i warunki ich stosowania w żywności. *Przemysł Spożywczy*, 61(5), 22-26.
- Waterlander, W., Jiang, E. Y., Nghiem, N., Eyles, H., Wilson, N. i Cleghorn, C. (2019). The effect of food price changes on consumer purchases: A randomised experiment. *Lancet Public Health*, 8(4), 394-405.
- WHO (World Health Organization) i FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2009). *Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food. Environmental Health Criteria 240. Annex 1 Glossary of Terms, A-2*. Pobrane z <https://apps.who.int>
- Zacharis, C. (2012a). Lactitol. W: K. O'Donnell i M. W. Kearsley (red.), *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (s. 275-294). West Sussex: Wiley Blackwell.
- Zacharis, C. (2012b). Xylitol. W: K. O'Donnell i M. W. Kearsley (red.), *Sweeteners and sugar alternatives in food technology* (s. 347-371). West Sussex; Wiley Blackwell.
- Zymetria. (2021). *Podatek cukrowy oczami konsumentów*. Pobrane z <https://www.dlahandlu.pl>