

Zoetstoffen

Marianne Pieters
Inspectie Gezondheidsbescherming, Waren en Veterinaire Zaken,
(inspectie W & V) Zuid

Dit artikel is een herziening van Chemische Feitelikheden 032 Zoetstoffen (oktober 1985), geschreven door dr. J. J. T. W. A. Strik en 078 Intens-zoetende stoffen (januari 1991), geschreven door H. W. A. Teeuwen.

1.	Inleiding	160/161- 3
2.	Regelgeving	160/161- 4
3.	De intensieve zoetstoffen	160/161- 5
3.1.	Sacharine	160/161- 6
3.2.	Cyclamaat	160/161- 7
3.3.	Aspartaam	160/161- 8
3.4.	Acesulfaam-K	160/161- 9
3.5.	Thaumatine	160/161-10
3.6.	Neohesperidine dihydrochalcone	160/161-11
3.7.	Glycyrrhizine	160/161-12
4.	Bulk-zoetstoffen	160/161-13
4.1.	Sorbitol	160/161-14
4.2.	Mannitol	160/161-15
4.3.	Isomalt	160/161-16
4.4.	Maltitol	160/161-17
4.5.	Lactitol	160/161-18
4.6.	Xylitol	160/161-19
5.	Literatuur	160/161-23

1. Inleiding

De mens vindt de gewaarwording van zoetheid van nature plezierig. Pasgeboren en zelfs nog ongeboren baby's reageren al positief op de smaak van suiker, wat sommigen heeft doen opperen dat onze voorliefde voor het zoete wellicht aangeboren is. Omdat zoete stoffen die in de vrije natuur voorkomen bijna nooit giftig zijn, terwijl bittere stoffen dat vaak wel zijn, is het mogelijk dat de voorkeur voor zoetheid volgt uit onze evolutionaire ontwikkeling.

Naast de „gewone” suiker (sacharose) zijn er ook andere suikers die gebruikt worden om levensmiddelen te zoeten. De natuurlijke suikers glucose (druivensuiker) en fructose worden steeds vaker als zoetmiddel gebruikt. Fructose is het zoetst van alle suikers. (zoetkracht t.o.v. sacharose circa 1,5) Bovendien levert het gebruik van fructose voordelen op voor diabetici omdat deze suiker de bloedsuikerspiegel niet beïnvloedt. Ook invertsuiker, een mengsel uit nagenoeg gelijke delen glucose en fructose wordt veel gebruikt in de voedingsmiddelen-industrie.

De suikerconsumptie is sinds het begin van de 20e eeuw aanzienlijk toegenomen. Het is naar de mening van de voedingsdeskundigen wenselijk de consumptie van suiker enigszins te beheersen. Dit is noodzakelijk voor diabetici, maar het is ook van toepassing voor personen met een te hoog lichaamsgewicht en het is van belang voor de gezondheid van het gebit in het algemeen, al moet hier opgemerkt worden dat de gebitskwaliteit van jongeren ondanks de toename van het suikergebruik sterk is gestegen.

Derhalve is het niet verwonderlijk dat consument en producent op zoek zijn naar zoete producten die de nadelen van suikers in veel geringere mate met zich meebrengen en dus tandvriendelijker zijn, een lagere energiewaarde hebben en in grotere mate bruikbaar zijn voor diabetici.

Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van alternatieve zoetstoffen, die zijn te verdelen in twee hoofdgroepen:

- *Intensieve zoetstoffen*: aspartaam, acesulfaam-K, sacharine, cyclamaat, thaumatine en neohesperidine dihydrochalcone. Deze worden ook wel non-nutritieve of non-calorische zoetstoffen genoemd. Deze producten zijn 30 tot 3000 maal zoeter dan

sacharose (gewone tafelsuiker). Zij nemen uitsluitend de zoetfunctie van suiker over.

- *Bulk-zoetstoffen*: de polyolen (sorbitol, mannitol, xylitol, isomalt, maltitol, lactitol). Deze worden ook wel nutritieve of calorische zoetstoffen genoemd. Zij zijn even zoet als of zelfs minder zoet dan suiker. Zij nemen met name de bulk- en textuurfunctie van suiker over en hebben een energiewaarde die lager of gelijk is aan die van suiker. Naast deze suikeralcoholen zijn er ook nog andere bulkstoffen die samen met de kunstmatige zoetstoffen suiker kunnen vervangen. Zie ook „Bulkstoffen in voedingsmiddelen” Chemische feitelijkheden 090.

Vervanging van suiker in levensmiddelen brengt vaak complicaties met zich mee omdat vervangende producten niet dezelfde eigenschappen hebben (zoete smaak, bulkeigenschappen, antimicrobiële werking). Meestal kan suiker niet door één ingrediënt worden vervangen. In veel gevallen worden daarom meerdere zoetstoffen naast elkaar gebruikt om elkaar op bepaalde tekortkomingen aan te vullen. De combinatie van een polyol met een intensieve zoetstof ligt voor de hand: de intensieve zoetstof vervangt de zoete smaak en de polyol wordt toegevoegd om de textuur te imiteren (het vasthouden van water en het geven van volume en „mondgevoel” of consistentie). Om een goed smaakprofiel te verkrijgen worden vaak combinaties van intensieve zoetstoffen gebruikt. Dit heeft als doel het maskeren van een bepaalde bijmaak of van een sterke nasmaak. Tevens treedt bij combinatie vaak een synergistisch effect op. Dat wil zeggen de zoetstoffen hebben de eigenschap dat zij elkaars zoete smaak versterken waardoor van een mengsel aan zoetstoffen minder nodig is dan van elke zoetstof apart. Bekende combinaties zijn mengsels van sacharine en cyclamaat, van aspartaam en acesulfaam-K of van sacharine en aspartaam. Ook de polyolen worden soms samen in levensmiddelen verwerkt.

2. Regelgeving

Binnen de Europese Unie is het gebruik van zoetstoffen sinds 1994 geregeld in richtlijn 94/35/EG van het Europees Parlement. De verschillende lidstaten hebben deze richtlijn opgenomen in hun wetge-

ving. In Nederland zijn het Warenwetbesluit Zoetstoffen, de Warenwetregeling Gebruik van zoetstoffen in levensmiddelen en de Warenwetregeling Zuiverheidseisen van Zoetstoffen (richtlijn 95/31/EG) van kracht.

De Warenwetregeling Gebruik van zoetstoffen in levensmiddelen geeft aan welke zoetstoffen in welke levensmiddelen gebruikt mogen worden en wat de maximale toegelaten hoeveelheid is.

In deze Chemische Feitelikheden zal verder een algemeen overzicht worden gegeven van de verschillende typen zoetstoffen met hun eigenschappen.

3. De intensieve zoetstoffen

De intensieve zoetstoffen vormen een groep van zoetstoffen die een veel grotere zoetkracht bezitten dan sacharose. Het primaire doel van deze stoffen is verlaging van de energiewaarde van het voedingsmiddel. Daarnaast veroorzaken intensieve zoetstoffen in het algemeen geen cariës.

Toevalstreffers en de zoete driehoek

Alle intensieve zoetstoffen van huidig commercieel belang zijn bij toeval ontdekt. Veel onderzoekers hebben, uitgaand van de bekende zoetstoffen, een algemeen geldig verband trachten te ontdekken tussen zoetheid en chemische structuur dat hen in staat zou stellen trial-and-error te vervangen door rationeel structuurontwerp van intensieve zoetstoffen. De meest moderne theorie dienaangaande, die van dr. L. B. Kier, berust op de hypothese dat een molecuul drie groepen op welbepaalde onderlinge afstanden moet bevatten om zoet te smaken: een H-donorgroep en een H-acceptorgroep die waterstofbindingen aangaan met de smaakreceptor in de papillen op de tong – en zo de zoete gewaarwording initiëren – en een hydrofobe groep die in zijn interactie met een gelijkwaardige groep op die receptor de intensiteit van de gewaarwording bepaalt.

Helaas bevatten niet alle zoete moleculen de geschetste „zoete driehoek” en omgekeerd smaken niet alle moleculen die aan het model van Kier voldoen ook werkelijk zoet. Voorlopig zal de ontdekking van intensieve zoetstoffen dus wel een zaak van toevalsvondsten blijven.

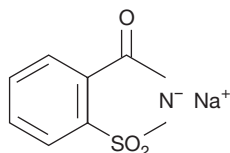
Toepassingen van intensieve zoetstoffen

In eerste instantie zijn de intensieve zoetstoffen toegepast in frisdranken en in de zogenaamde „zoetjes” (in tablet- en poedervorm) die de consument zelf naar believen aan zijn eet- en drinkwaren kan toevoegen. Inmiddels worden de intensieve zoetstoffen verwerkt in een keur van levensmiddelen zoals siropen en alcoholvrije dranken, dessertproducten, suikerwerk, snacks, ijs, jam en bakkerswaren.

De volgende intensieve zoetstoffen zijn momenteel vrij verkrijgbaar:

3.1. *Sacharine*

Structuurformule:



0886-0177

Natrium sacharine

Sacharine werd in 1879 aan de John Hopkins Universiteit ontdekt door Remsen en Fahlberg. Net voor de eeuwwisseling werd deze zoetstof in productie genomen.

Sacharine heeft een aantal zeer aantrekkelijke eigenschappen; om dezelfde zoete smaak te verkrijgen is ongeveer 300 maal zoveel suiker nodig, het heeft geen energiewaarde, is relatief stabiel, kan geproduceerd worden met relatief weinig verontreinigingen en is goedkoop. Sacharine heeft echter ook een bittere metaalachtige nasmaak. Sacharine kan een positief effect hebben op de stabiliteit van andere stoffen, bijvoorbeeld op aspartaam. Vooral voor toepassing in de voedingsmiddelen industrie is dit een zeer gunstige eigenschap. Het gebruik aan sacharine steeg door het gebrek aan suiker in de eerste wereldoorlog en direct daarna. Er werden steeds meer verschillende producten gemaakt met sacharine.

Met het steeds populairder worden van de dieetproducten in het begin van de jaren zestig, steeg de consumptie van sacharine enorm. De toxiciteit van sacharine is al jaren een onderwerp van discussie.

In 1977 stelde de FDA (Food and Drugs Administration) voor om sacharine te verbieden. Testen hadden namelijk aangetoond dat deze stof blaastumoren veroorzaakte bij ratten. Tot een verbod op sacharine kwam het bijna nergens, (het was namelijk de enige zoetstof die toen verkrijgbaar was) maar het imago van de zoetstof was gedeukt. Sinds 1977 is het uitstel van het verbod vijf keer verlengd. De marktintroductie van het beter smakende aspartaam (1981) deed sacharine geen goed. Sinds 1984 loopt de verkoop van de stof wereldwijd gestaag terug.

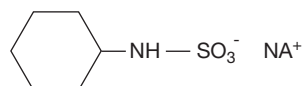
De FDA heeft sacharine inmiddels goedgekeurd en heeft een ADI (Acceptable Daily Intake) vastgesteld van 5 mg/kg lichaamsgewicht. Op dit moment wordt sacharine gebruikt in meer dan 90 landen over de hele wereld.

Van sacharine mogen naast de zuurvorm de Ca-, Na-, en K-zouten worden toegepast, die als voordeel hebben dat ze veel beter oplosbaar zijn dan het zuur.

Sacharine wordt gebruikt in onder andere frisdranken, zoetjes, kauwgom, jam, dessertproducten, en salades.

3.2. Cyclamaat

Structuurformule:



0886-0178

Natrium cyclamaat

De zoete smaak van cyclamaat werd in 1937 door Michael Sveda aan de Universiteit van Illinois ontdekt. In 1949 werd natrium-cyclamaat op de markt gebracht. Later volgde ook de calciumvorm. De stof domineerde de markt voor intensieve zoetstoffen tot hij in 1970 in verband werd gebracht met blaaskanker in ratten en vervolgens werd verboden. Omdat de blaastumoren bij de rat vermoedelijk te wijten zijn aan metabolieten van cyclohexylamine die bij de mens niet worden gevormd is het verbod later weer opgeheven. Er geldt een ADI van 11 mg/kg lichaamsgewicht.

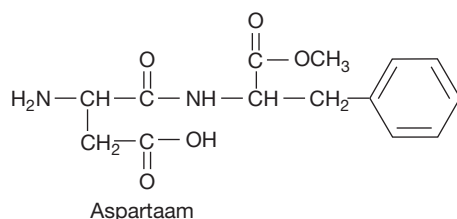
Cyclamaat is vele malen zoeter dan suiker en levert bijna geen energie. De smaak wordt omschreven als citroenzuurzoet en heeft uitsluitend bij hoge concentraties een bittere nasmaak.

Cyclamaat wordt vooral toegepast in frisdranken en dan met name in combinatie met sacharine. Ook in het zoetmiddel natrena en natrena vloeibaar zit cyclamaat verwerkt.

De stof is goed in water oplosbaar en stabiel bij een breed temperatuur- en pH-gebied.

3.3. Aspartaam

Structuurformule:



0886-0179

Aspartaam werd in 1965 in de laboratoria van G. D. Searle ontdekt terwijl het farmaceutische bedrijf op zoek was naar een middel tegen maagzweren. Pas in 1981, na uitgebreide testen en de goedkeuring van de FDA (Food and Drugs Administration), kwam aspartaam op de Amerikaanse markt. Dit ging ten koste van sacharine en cyclamaat. Aspartaam wordt slechts door drie firma's geproduceerd. Dit zijn: Nutrasweet, Holland Sweetener Company en Sanofi Bio-Industries. Aspartaam heeft na de introductie een enorme groei doorgemaakt en is commercieel gezien een van de succesvolste intensieve zoetstoffen op dit moment.

Aspartaam is ongeveer 150-200 maal zo zoet als sacharose. Vanwege de grote zoetkracht worden maar kleine hoeveelheden aspartaam aan levensmiddelen toegevoegd.

De smaak van aspartaam lijkt sterk op die van sacharose, dit is zijn voornaamste pluspunt. De stof is goed te combineren met sacharine en acesulfaam-K en werkt dan smaakversterkend. De energiewaarde van het dipeptide bedraagt 17 kJ/g.

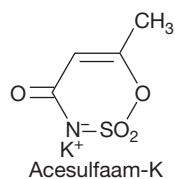
Een nadeel van aspartaam is de verminderde stabiliteit in oplossing. De stof is in vloeibare producten met een neutrale tot hoge pH niet erg stabiel: binnen vijftig dagen bij kamertemperatuur is de helft van de stof afgebroken. Bij hoge temperaturen verloopt de afbraak van aspartaam nog sneller.

In het maagdkanaal wordt aspartaam gesplitst in de lichaams-eigen aminozuren asparaginezuur en fenylalanine, zodat de stof als onschadelijk mag worden beschouwd voor de doorsnee bevolking. Echter 1 op 10.000 mensen mist door een genetische mutatie het enzym fenylalanine-4-monoöxygenase dat fenylalanine afbreekt, een aandoening bekend als fenylketonurie (FKU). Bij FKU-lijdens wordt fenylalanine langzaam omgezet in fenylpyruvaat, dat in de urine wordt uitgescheiden. Een chronisch hoge bloedspiegel van fenylalanine en het pyruvaat leidt tot klinische ziekteverschijnselen en kan bij kinderen de normale geestelijke ontwikkeling vertragen. De FKU-patiënt heeft daarom baat bij een fenylalanine-arm dieet, en moet naast aspartaam nagenoeg alle bronnen van dierlijk en plantaardig eiwit vermijden. De Nederlandse Warenwetgeving stelt de aanduiding: „bevat een bron van fenylalanine” verplicht.

Er is een ADI vastgesteld voor aspartaam en het afbraakproduct diketopiperazine van respectievelijk 40 en 7,5 mg/kg lichaamsgewicht. Het toepassingsgebied van aspartaam is zeer uitgebreid. De grote doorbraak van aspartaam vond plaats in de light frisdranken, light desserts en tafelzoetstof.

3.4. Acesulfaam-K

Structuurformule:



0886-0180

Acesulfaam-K werd in 1967 ontdekt door Clauss en Jensen van de firma Hoechst. Het werd zeer uitgebreid getest en kreeg daarna, in 1988, het groene licht van de FDA. De zoetstof was al jaren voor-

dien in de meeste EG-landen verkrijgbaar. Acesulfaam-K is chemisch-thermisch zeer stabiel en derhalve geschikt voor gebruik in suiker- en bakwaren. Net als sacharine, waarmee het chemisch nauw verwant is, wordt het onveranderd door het lichaam uitgescheiden (energiewaarde nul) en heeft het een zekere bittere nasmaak. Deze laatste tekortkoming kan worden opgeheven door acesulfaam-K te mengen met andere intensieve zoetstoffen. Zo benadert de smaak van een mengsel van acesulfaam-K en aspartaam die van sacharose zeer dicht, is bijna nasmaakloos, heeft een 30-40% hogere zoetkracht dan elk van de twee componenten afzonderlijk, en is goedkoper en langer houdbaar dan aspartaam alleen. Daarom wordt acesulfaam-K vooral in combinatie met aspartaam toegepast.

Acesulfaam-K is ongeveer 200 maal zoeter dan suiker. Er geldt een ADI van 9 mg/kg lichaamsgewicht. Hoehst is wereldwijd de enige aanbieder van acesulfaam-K.

Acesulfaam-K is bruikbaar in producten zoals bijvoorbeeld kauwgom, jam, dranken, zoetjes en dessertproducten waardoor deze een lagere energiewaarde krijgen. Het wordt vooral in combinatie met andere zoetstoffen gebruikt. Niet alleen met de intensieve zoetstoffen (maskeren van nasmaak), maar ook met de bulkzoetstoffen zoals bijvoorbeeld sorbitol. Sorbitol zorgt voor de structuur en het volume, het gebruik van acesulfaam-K zorgt dan voor een energie-reductie.

3.5. *Thaumatine*

Thaumatine is een mengsel van twee uitzonderlijk zoete eiwitten met een molecuulgewicht van ongeveer 21.000 elk, die voorkomen in de vruchten van *Thaumatococcus danielli*, een plant die voorkomt in westelijk Afrika, Soedan, en Oeganda. De vruchten worden door de plaatselijke bevolking al zeer lang als zoetmiddel gebruikt. Pas in de 19e eeuw werd thaumatine overgebracht naar het westen. Thaumatine wordt op de markt gebracht onder de naam Talin.

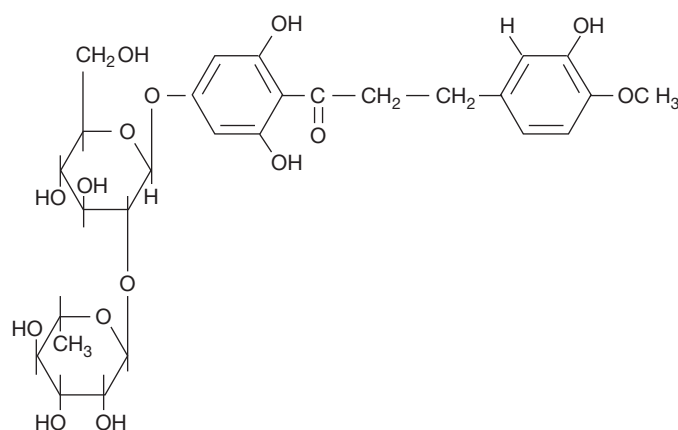
Thaumatine heeft een ietwat bittere nasmaak die aan zoethout doet denken. Als eiwit heeft het een energiewaarde van 17 kJ/g en is het uitermate gevoelig voor hogere temperaturen.

De Amerikaanse voedingsfirma Beatrice financiert een project van het biotechbedrijf Ingene, dat middels recombinant-DNA-technie-

ken een verbeterde productiemethode van thaumatine wil ontwikkelen. Ook Tate & Lyle en Unilever zijn actief op dit gebied. Er zijn toepassingen van thaumatine in de farmaceutische- en voedingsmiddelen-industrie bekend. Meestal wordt er een mengsel van thaumatine met een andere zoetstof gemaakt. Dit om de ongewone zoete smaak van thaumatine te maskeren. Binnen de EU mag thaumatine gebruikt worden in zoetwaren, kauwgom, vitamine- en dieetproducten.

3.6. Neohesperidine dihydrochalcone

Structuurformule:



Neohesperidine dihydrochalcone

De eerste dihydrochalcones die een bruikbare zoete smaak bezaten (naringine en neohesperidine), werden gemaakt van bio-flavonoïden van citrusvruchten. In 1963 werden deze voor het eerst beschreven door Horowitz en Gentili. Er zijn vele varianten geprobeerd. Neohesperidine dihydrochalcon (Neohesperidine DC, NHDC) is de enige die ook daadwerkelijk als zoetstof mag worden toegepast in levensmiddelen.

NHDC komt van nature voor in de huid van een Seville sinaasappel maar wordt meestal gesynthetiseerd uit neohesperidine of naringine. De zoetstof wordt geproduceerd door het Spaanse Exquim.

160/161-12 Zoetstoffen

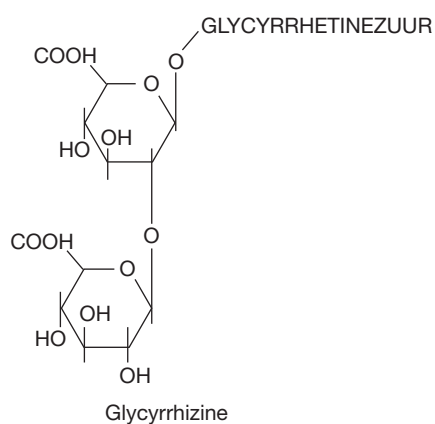
De zoetkracht van NHDC is 1000 tot 1800 maal zo groot als die van sacharose. Het heeft een mentholachtige bij smaak en de zoete smaak blijft zeer lang in de mond hangen. Daarom leent het zich uitstekend voor toepassingen in tandpasta, kauwgom en snoepgoed.

NHDC is zeer hitteresistent. Het wordt veel toegepast in mengsels van bijvoorbeeld acesulfaam-K en aspartaam.

Neohesperidine DC heeft een ADI van 5 mg/kg lichaamsgewicht. Het wordt normaal door het lichaam afgebroken.

3.7. Glycyrrhizine

Structuurformule:



Glycyrrhizine is het glycoside van glycyrrhetinezuur dat de zoethoutwortel (de gedroogde wortel van *Glycyrrhiza glabra*, die in Klein-Azië in het wild voorkomt) zijn zoete smaak geeft. Het gebruik van extracten van de zoethoutwortel, en daarmee van glycyrrhizine, als zoetmiddel gaat ver terug in de geschiedenis. In Japan is de glycyrrhizine-smaak enorm geliefd. In Europa en de VS zal het gebruik van glycyrrhizine-extracten beperkt blijven tot enkele speciale toepassingen, onder andere als grondstof voor drop en „sauzen” voor tabak. De Nederlandse Warenwet ziet glycyrrhizine niet als een zoetstof.

4. Bulk-zoetstoffen

De Nederlandse Warenwet kent naast de intensieve zoetstoffen nog de polyolen als zoetstof. Deze bulk-zoetstoffen ook wel suikeralcoholen genoemd, hebben een zoetkracht die over het algemeen even groot is of iets lager ligt dan die van kristalsuiker. Hun belangrijkste eigenschap is het overnemen van de technologische bulkfunctie van suiker in het product. Dit speelt met name een rol bij producten waarin suiker een relatief groot aandeel heeft als ingrediënt, zoals bakkerijproducten, chocolade, zoetwaren en ijs.

Het voordeel van het gebruik van polyolen is met name het verlenen van de houdbaarheid van het product en de bijdrage aan het verminderen van cariës. (Bacteriën kunnen de polyolen niet als voedingsbron gebruiken)

Soms vertonen deze zoetstoffen een geheel eigen karakter. Zo onttrekken de suikervervangende zoetstoffen zoals o.a. xylitol en sorbitol warmte aan de omgeving bij oplossen. Dit veroorzaakt in de mond een koud en fris gevoel. Zoetstoffen worden ook gebruikt om hun vochtregulerende werking, om karamelliseren tegen te gaan, het vriespunt te verlagen en om de smaak te veraangename (maskeren van bijsmaak).

Het nadeel van de polyolen is dat zij, indien ze gebruikt worden in grotere hoeveelheden of door personen die er gevoelig voor zijn, osmotische diarree kunnen veroorzaken. Indien de polyolen worden toegepast als zoetstof, moet dan ook een vermelding op de verpakking staan waaruit blijkt dat overmatige consumptie een laxerende werking kan hebben.

Polyolen mogen onbeperkt gebruikt worden mits er sprake is van voedingkundig voordeel of verminderd cariogeen effect. Ze mogen niet worden toegepast in producten welke kennelijk bestemd zijn voor zuigelingen, peuters of kleuters.

De polyolen worden meestal gesynthetiseerd uitgaande van een suiker, vandaar ook de naam suikeralcoholen. Sorbitol, mannitol en xylitol komen ook in de natuur voor. De omzetting van een suiker tot een suikeralcohol betekent altijd de katalytische reductie van de vrije carbonylgroep van de suiker.

160/161-14 Zoetstoffen

Als gemiddelde waarde voor de opname van polyolen in het lichaam, geldt een energiewaarde van 10 kJ/g (Warenwetbesluit Voedingswaardeinformatie levensmiddelen A-6.2) Voor koolhydraten geldt een gemiddelde energiewaarde van 17 kJ/g.

De volgende polyolen mogen binnen de EU gebruikt worden:

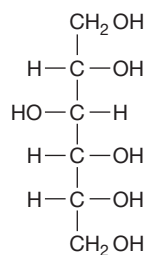
- De monosacharide polyolen; sorbitol, mannitol en xylitol;
- De disacharide polyolen; maltitol, en lactitol;
- Het mengsel van twee disacharide polyolen; isomalt.

De polyolen zijn over het algemeen kristallijne stoffen, van enkele polyolen zijn ook stropen in de handel.

Sinds 1994 is er een nieuwe polyol in de handel; dit is erythritol. Deze stof is net als de andere polyolen tandvriendelijk en geschikt voor diabetici. Het voordeel van erythritol is dat het een lagere energiewaarde heeft (< 1,7 kJ/g) en niet laxerend werkt. De molecuulformule van erythritol is $C_4H_{10}O_4$. Vooralsnog is deze bulkstof binnen de EU niet toegelaten.

4.1. Sorbitol

Structuurformule:



Sorbitol

0886-0183

Sorbitol werd in 1872 voor het eerst geïdentificeerd door de Franse chemicus J. B. Boussingault in de lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), waarvan de naam is afgeleid. Later werd sorbitol ook in verschillende hoeveelheden in vele planten, vruchten en algen gevonden.

Sinds meer dan vijftig jaar wordt sorbitol op industriële schaal geproduceerd door middel van katalytische hydrogenering van glucose.

Sorbitol heeft uitstekende vochtregulerende eigenschappen. Dit ten gevolge van het hygroscopisch karakter. Bij gebruik van meer dan 50 gram sorbitol per dag wordt een laxerende werking waargenomen.

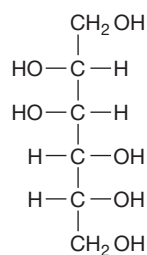
Sorbitol is een belangrijke zoetstof voor de bereiding van suikervrije levensmiddelen. Het wordt veel toegepast in suikerwerk en kauwgom.

Naast de toepassing als suikervervanger, wordt sorbitol ook gebruikt bij bijvoorbeeld de bereiding van polyurethaanschuim en voor de synthese van sorbitol-esters welke worden gebruikt als oppervlakteactieve stoffen. Het kan ook werken als complexvormer met zware metalen en vertraagd hierdoor het rans worden van vetten speciaal in producten welke noten bevatten. Ook zijn er vele toepassingen die gebruik maken van de vochtregulerende eigenschappen van sorbitol.

Naast sorbitol is ook sorbitolstroop (E 420 (ii)) in de handel. Deze wordt gevormd door de hydrogenering van glucosestroop en bestaat uit D-sorbitol, D-mannitol en gehydrogeneerde oligosachariden.

4.2. Mannitol

Structuurformule:



Mannitol

0886-0184

Mannitol werd voor het eerst gevonden in het sap van de es. Dit sap werd manna genoemd, vandaar de naam mannitol. Mannitol komt veel voor in de plantenwereld, vooral in zeewier en paddestoelen. Mannitol kan commercieel geproduceerd worden uit het extract van zeewier. Meestal wordt het echter door middel van katalytische hydrogenering gesynthetiseerd uit maltose of glucose.

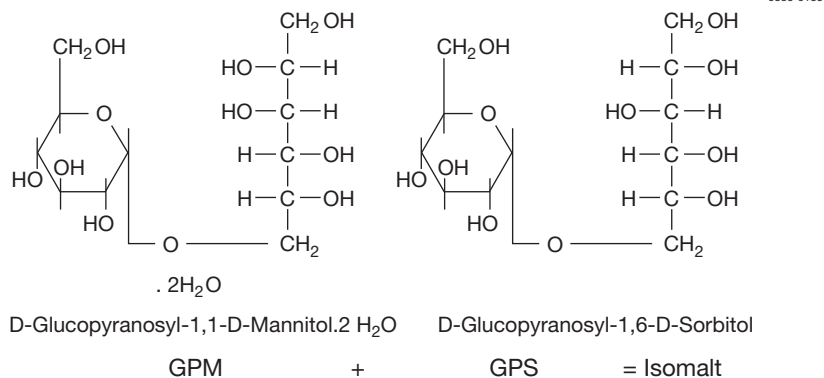
Mannitol is niet zo hygroscopisch als de andere polyolen. Het wordt daarom vaak gebruikt als anticoagulens in bijvoorbeeld puddingpoeders. Toevoeging van mannitol aan producten voorkomt kleverigheid. Mannitol wordt het meest toegepast in farmaceutische producten.

Mannitol heeft geen vrije carbonyl groep waardoor het beter hitte bestendig is dan de sacharides.

De energiewaarde van mannitol is slechts de helft van de energiewaarde van de meeste polyolen. (8,4 kJ/g)

4.3. Isomalt

Structuurformule:



Reeds in 1957 werd een octrooi gepubliceerd op de bereiding van isomaltulose, de voorloper van isomalt. Verder research- en ontwikkelingswerk leverden omstreeks 1973 het huidige isomalt op. Na een reinigingskristallisatie van het geproduceerde isomaltulose volgt een

hydrogenering in waterig milieu met waterstof en Raney-nikkel als katalysator.

Een equimolair mengsel van de isomeren α -D-glucopyranosyl-1,1-D-mannitol (GPM) en α -D-glucopyranosyl-1,6-D-sorbitol (GPS) wordt gevormd. Het zuivere isomalt bevat ca. 4,5% kristalwater.

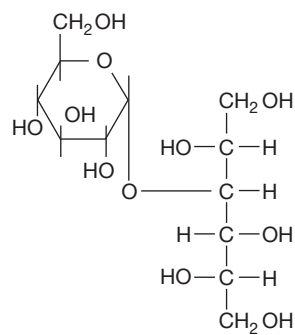
De zoetkracht van isomalt is 50 tot 60% van die van sacharose. Isomalt wordt vaak in combinatie met een kunstmatige zoetstof gebruikt. Het heeft de eigenschap dat het de bittere nasmaak van de kunstmatige zoetstoffen kan maskeren.

De laxerende werking van isomalt is minder dan die van de andere polyolen.

Isomalt wordt vooral toegepast in suikerwerk, kauwgom en bonbons. Bij gebruik in bakkerswaren wordt vaak een combinatie van isomalt, fructose en eventuele kunstmatige zoetstoffen gebruikt. Isomalt is niet zo hygroscopisch. Om te voorkomen dat het product te droog wordt, worden vaak vochtregulerende stoffen zoals bijvoorbeeld sorbitol toegevoegd.

4.4. Maltitol

Structuurformule:



Maltitol

0886-0186

Maltitol werd in 1936 door de Zwitser Paul Karrer voor het eerst op laboratoriumschaal gesynthetiseerd door middel van katalytische reductie van maltose.

Aan het einde van de zestiger jaren begon de Japanse firma Hayashibara Biochemical Laboratories met de productie van maltose uit zetmeel. Uit maltose werd vervolgens door hydrogenering maltitol verkregen. Tegenwoordig wordt maltitol geproduceerd uitgaande van zetmeelhydrolysaten met een hoog maltose gehalte.

De zoetkracht van maltitol is ongeveer 90% van die van sacharose. Maltitol heeft in waterig milieu net zoals sorbitol een uitstekende vochtregulerende capaciteit. Maltitol is zeer hitte stabiel, het is bestand tegen een temperatuur van 220 °C.

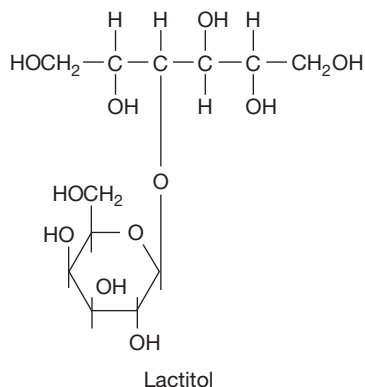
De opgenomen hoeveelheid maltitol wordt vrij snel door de maag omgezet tot glucose en sorbitol.

Maltitol wordt in hoofdzaak toegepast in suikerwerk, gelatinegommen en kauwgom. Het wordt ook toegepast in ijs, bakkerswaren en jam.

Naast het kristallijne maltitol is er ook maltitolstroop (E 965 (ii)) in de handel. Deze wordt vervaardigd door de katalytische hydrogenering van glucosestroop met een hoog maltosegehalte. Het is een mengsel dat bestaat uit voornamelijk maltitol en daarnaast sorbitol en gehydrogeneerde oligo- en polysacchariden.

4.5. Lactitol

Structuurformule:



Lactitol is een vrij nieuwe zoetstof deze wordt op de markt gebracht door CCA biochem bv onder de naam Lacty. Pas in de periode tussen 1978 en 1984 werd lactitol uitgebreid getest bij TNO. In 1984 werd het door de EG-commissie als veilig beoordeeld.

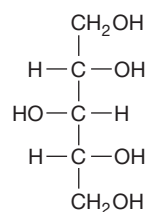
Lactitol wordt geproduceerd uit lactose (melksuiker) door middel van katalytische hydrogenering met Raney-nikkel als katalysator. De zoetkracht van lactitol is slechts 40% van die van sacharose, zodat in sommige voedingsmiddelen met intensieve zoetstoffen moet worden bij gezoet.

Lactitol is in tegenstelling tot sorbitol niet hygroscopisch. Het is bestand tegen hoge temperaturen en in zuur milieu wordt lactitol niet afgebroken.

Lactitol wordt toegepast in suikerwerk, chocolade, ijs, jam en kauwgom. Lactitol is geschikt voor gebruik in bakkerswaren omdat het niet hygroscopisch is waardoor het mogelijk is om droge banketproducten bijvoorbeeld krokante koekjes of speculaas te bereiden. Lactitol wordt in verband met zijn tandvriendelijke eigenschappen ook gebruikt in tandpasta.

4.6. Xylitol

Structuurformule:



Xylitol

0886-0188

Xylitol is een vijfwaardige suikeralcohol die van nature voorkomt in verschillende groente- en fruitsoorten. Zelden is echter de concentratie hoger dan 0,3%, zodat opname van xylitol met de normale voeding zeer gering is. Xylitol wordt tijdens het menselijk stofwisselingsproces gevormd in hoeveelheden van 5 tot 15 gram per dag. In 1891 werd xylitol voor het eerst beschreven en gesynthetiseerd

door Emil Fischer. Sinds 1960 wordt het gebruikt in voedingsmiddelen.

De zoetkracht van xylitol komt overeen met die van sacharose.

De negatieve oplossingswarmte van xylitol is veel groter dan die van de andere polyolen (-153 kJ/kg). Op grond daarvan veroorzaakt de kristallijne zoetstof een uitgesproken koelend effect in de mond, dat nog kan worden versterkt met bijvoorbeeld pepermuntolie.

Xylitol kan een rol spelen bij het terugdringen van tandcariës. Het is voor de in tandplaque aanwezige bacteriën geheel onverteerbaar. Bij gebruik van suiker produceren de bacteriën een zuur dat vervolgens het tandglazuur aantast. Bij gebruik van xylitol kan niet alleen de zuurvorming worden voorkomen, het zorgt ook voor de verhoging van de weerstand van het glazuur en het bevordert de remineralisatie.

Xylitol wordt meestal gebruikt in de sector zoetwaren, zoals in kauwgom, bonbons en hard suikerwerk. In kauwgom wordt het verreweg het meest toegepast omdat het in tegenstelling tot suiker geen cariës veroorzaakt.

Tabel 1 geeft een overzicht van de hier besproken intensieve zoetstoffen en bulk-zoetstoffen.

Tabel 1. Overzicht zoetstoffen

Zoetstof	Molecuul-formule	Chemische naam	E-nummer	ADI	Zoetkracht*	Energie-waarde**	Kostprijs***
sacharine	$C_7H_5NO_3S$	orthobenzoëzuursulfimide 1,2-benzisothiazool-3(2H)-on-1,1-dioxide 2,3-dihydro-3-oxobenzisosulfonazol	E 954	mg/kg lichaams- gewicht 5	relatief t.o.v. suiker 300	kJ/g	Fl/kg 5,50
cyclamaat	$C_6H_{13}NO_3S$ $C_6H_{12}NNaO_3S$ $C_{12}H_{24}CaN_2O_6S_2 \cdot 2H_2O$	cyclaamzuur of het natrium- of calciumzout van cyclaamzuur „Zure vorm; cyclohexylsulfaminezuur, cyclo- hexylaminosulfonzuur” Natriumzout; natriumcyclohexaansulfamaat, natriumcyclohexylsulfamaat „Calciumzout; Ca-bis(cyclohexaansulfamaat), Ca-bis(cyclohexylsulfamaat)”	E 952	11	30		4,50
aspartaam	$C_{14}H_{18}N_2O_5$	N-L-a-aspartyl-L-fenylalanine-1-methylester	E 951	40	180		95,—
acesulfaam-K	$C_4H_4NO_4SK$	6-methyl-1,2,3-oxathiazine-4(3H)-on-2,2- dioxide, kaliumzout	E 950	9	200		130,—
thaumatine	Polypeptide met 207 aminozuren	Twee eiwitten te weten Thaumatine I en Thaumatine II	E 957		3000	17	15000,—
neohesperidine dihydrochalcone	$C_{28}H_{36}O_{15}$	2-0-a-L-rhamnopyranosyl-4'-β-D- glucopyranosylhesperetine dihydrochalcon	E 959	5	1250		1200,—
sorbitol	$C_6H_{14}O_6$	D-glucitol	E 420 (i)		0,54 - 0,7	10	3,—

160/161-22 Zoetstoffen

Zoetstof	Molecuul-formule	Chemische naam	E-nummer	ADI	Zoetkracht*	Energie-waarde**	Kostprijs***
mammitol	$C_6H_{14}O_6$	D-mannitol	E 421		0,7	10	8,—
isomalt	$C_{12}H_{24}O_{11}$ $C_{12}H_{24}O_{11} \cdot 2H_2O$	mengsel van: D-glucopyranosyl-1,6-D-glucitol en glucopyranosyl-1,1-D-mannitol, dihydraat	E 953		0,45 - 0,64	10	6,—
malitol	$C_{12}H_{24}O_{11}$	α -D-glucopyranosyl-1,4-D-glucitol	E 965 (i)		0,7 - 0,9	10	8,—
lactitol	$C_{12}H_{24}O_{11}$	β -D-galactopyranosyl-1,4-D-glucitol	E 966		0,3 - 0,4	10	5,—
xyfitol	$C_5H_{12}O_5$	D-xyfitol	E 967		1,0	10	10,—
suiker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	sacharose			1,0	17	1,60

* De zoekkracht is niet echt meetbaar omdat deze afhankelijk is van verschillende factoren. Suiker heeft de waarde 1 gekregen.
 ** Volgens Warenwetbesluit Voedingswaarde-informatie levensmiddelen (A-6.2.) Dit is een gemiddelde waarde en komt niet altijd overeen met de exacte waarde.
 *** De kostprijs is afhankelijk van de hoeveelheid en de verpakking waarin het geleverd wordt. Dit is uitsluitend een richtprijs.

5. Literatuur

- Wetgeving;
Warenwetbesluit Zoetstoffen (A-10.3)
Warenwetregeling Gebruik van Zoetstoffen in Levensmiddelen (A-10.3.1.)
Richtlijn 95/31/EG Zuiverheidseisen Zoetstoffen (A-10.3.4.)
- Rymon Lipinski, G-W., Intense Sweeteners types, applications and new developments., The European Food & Drink Review (1997), 47-49.
- Tatlock, M., Sweeteners – a brief overview., Food Tech Europe., 3 (1995), 30-34.
- Summary of Evaluations Performed by the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) (1996).