



Definities Koolhydraten en suikers

Een overzicht van de uitgebreide terminologie

Op weg naar een betere communicatie rondom
koolhydraten die een rol spelen in onze voeding



Inleiding



Koolhydraten, of suikers, vormen een groep stoffen met een breed scala aan belangrijke fysische en fysiologische eigenschappen. De classificatie is gebaseerd op hun scheikundige structuur. De fysische en fysiologische eigenschappen zijn niet alleen relevant voor toepassing van koolhydraten in de voedingsmiddelenindustrie maar ook voor hun voedingskundige betekenis. Door de complexiteit en de vele mogelijke toepassingen zijn in de loop van de tijd allerlei aanvullende termen voor het beschrijven van koolhydraten geïntroduceerd, termen die een overeenkomstige voedingskundige betekenis hebben. Dit leidt tot een veelheid van termen om koolhydraten te beschrijven. Kenniscentrum suiker & voeding wil met deze factsheet de terminologie om koolhydraten te beschrijven, weergeven en de bruikbaarheid en diversiteit in termen evalueren.

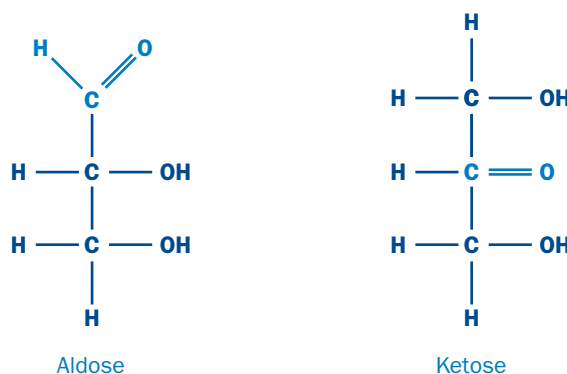
Officieel zijn de termen koolhydraten en suikers synoniem, maar in het dagelijks gebruik wordt onder suikers alle mono- en disacchariden verstaan met uitzondering van polyolen. Volgens deze definitie vallen ook vloeibare sacharose, invertsuiker, glucosestrophen, glucose-fructosestrophen (zoals bijvoorbeeld high fructose corn syrup) en dextrose²¹ onder de suikers. Sac(c)hariden is een andere veel gebruikte term, afkomstig uit het Grieks (Saccharos=suiker).

1 Scheikundige indeling

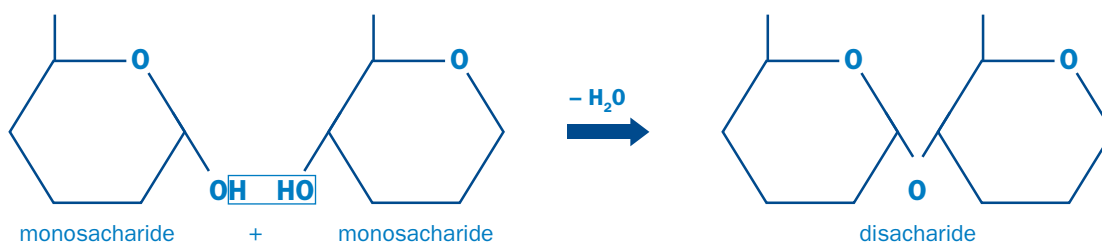
Koolhydraten zijn een groep stoffen die zijn opgebouwd door een organische verbinding van koolstof, tweemaal zoveel waterstof en zuurstof. De structuur kan ook geschreven worden als $C_n(H_2O)_n$, oftewel aan ieder koolstofatoom (kool-) is een watermolecuul (-hydraat) verbonden. Deze structuur is alleen geldig voor de

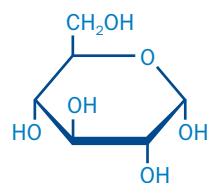
monosacchariden, bij andere koolhydraten (koolhydraten met langere ketens) wordt de formule $C_n(H_2O)_{n-1}$.

Koolhydraten bevatten in de structuur altijd een dubbelgebonden zuurstofatoom. Als dit zuurstofatoom aan het eind van de keten zit, dan is de verbinding een aldehyde en spreken we van een *aldose*. Zit het dubbelgebonden zuurstofatoom in het midden van de keten, dan is het een keton en dan wordt van een *ketose* gesproken. Aldosen zijn reducerende suikers. Zij kunnen in een redoxreactie een andere verbinding reduceren, voorbeelden zijn glucose en fructose. Deze eigenschap is ook van belang voor de Maillardreactie die verantwoordelijk is voor de vorming van geur en kleur bij de bereiding van voedingsmiddelen (zie hoofdstuk 3).

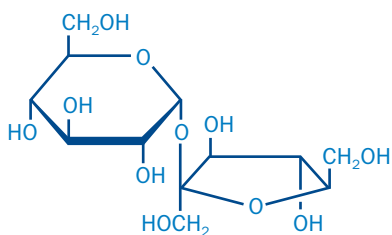


Koolhydraten worden ook wel ingedeeld op basis van het aantal koolstofatomen. Hierbij wordt gebruikt gemaakt van de in de chemie gebruikelijke telwoorden mono-, di-, tri-, tetr-, pent-, hex-, hept-, oligo- en poly-. Deze telwoorden worden dan gevolgd door de uitgang -ose (voor een individuele component) of -sacharide (voor een groepsnaam). Voorbeelden hiervan zijn

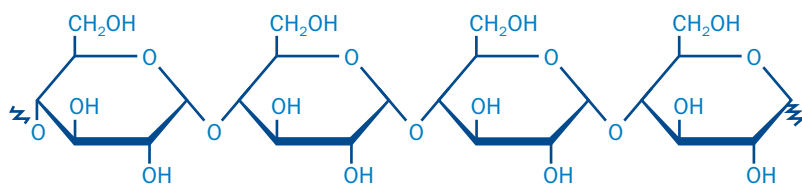




monosaccharide (glucose)



disaccharide (sucrose)



polysaccharide (amylose starch)

glucose (een hexose, d.w.z. 6 koolstofatomen) en polysacchariden (koolhydraten met een lange keten).

De meest gebruikte manier^{7, 15} om koolhydraten te onderscheiden is gebaseerd op de scheikundige structuur en middels het aantal eenheden in de keten, de polymerisatiegraad of DP (Degree of Polymerisation).

In deze factsheet zullen alleen die koolhydraten opgenomen worden die een rol spelen in onze voeding.

1.1 Monosachariden (polymerisatiegraad: 1)

Monosachariden bestaan uit een keten van 3-7 koolstofatomen, waarbij de ketens met 6 koolstofatomen verreweg het meeste voorkomen in de natuur. Een aantal koolhydraten met kortere ketens zijn eveneens

van belang in de voeding. Door kleine verschillen in de ruimtelijke structuur bestaan er vele tientallen monosachariden.

Van deze groep zijn glucose en fructose de meest voorkomende. Glucose is een bouwsteen van vele lange polysacharden, zoals zetmeel en cellulose. Glucose en fructose zijn ook de belangrijkste zoete stoffen in vele vruchten en honing.

Arabinose, mannose en galactose zijn vooral van belang als bouwsteen van vele polysachariden, ribose is een onderdeel van ons erfelijk materiaal (RNA en DNA). Xylose is een grondstof van het veel gebruikte xylitol (zie 1.5). Tagatose wordt tegenwoordig gebruikt als een alternatief voor kristalsuiker.

Tabel 1.1 Monosachariden

Subgroep	Voorbeelden	Andere namen
Monosachariden met 5 koolstofatomen	Xylose	Houtsuiker
	Ribose	
	Arabinose	
Monosachariden met 6 koolstofatomen	Glucose	Dextrose, Druivensuiker, Bloedsuiker
	Galactose	
	Fructose	Vruchtensuiker, Fruitsuiker, Laevulose
	Mannose	
	Tagatose	

1.2 Disachariden (polymerisatiegraad: 2)

Disachariden zijn opgebouwd uit 2 monosachariden. Dat kunnen dezelfde zijn, maar ook twee verschillende. Omdat monosachariden op verschillende manieren aan elkaar gekoppeld kunnen zijn, bestaan er erg veel verschillende disachariden.

Naast de hieronder genoemde disachariden komen in de voeding ook o.a.²³ cellobiose, isomaltulose, isomaltose, gentiobiose, lactulose, leucrose, melibiose, xylobiose en inulobiose voor.



Tabel 1.2 Disachariden

Voorbeelden	bouwstenen	Andere namen
Sacharose	Glucose, Fructose	Suiker (spreektaal), Tafelsuiker, Kristalsuiker, Bietsuiker, Rietsuiker, Sucrose (Engels)
Lactose	Glucose, Galactose	Melksuiker
Maltose	Glucose, Glucose	Moutsuiker
Trehalose	Glucose, Glucose	Mycose, Tremalose

1.3 Oligosachariden (polymerisatiegraad: 3-9)

Dextrines²⁴ zijn een groep koolhydraten met een betrekkelijk laag molecuulgewicht, die worden verkregen door de afbraak van zetmeel. Dextrines zijn mengsels van lineair α -(1,4)-verbonden D-glucosepolymeren welke beginnen met een α -(1,6)-binding.

Naast deze oligosachariden bestaan onder andere²³: kestose (een trisacharide), nystose (een tetrasacharide), panose, cellotriose, maltotriose, maltotetraose, galactotetraose, isopanose (een vertakt oligosacharide).¹⁹



Tabel 1.3 Oligosachariden

Subgroep	voorbeelden	Andere namen
Pure oligosachariden	Raffinose	
	Stachyose	
	Verbascose	
Mengsels van oligosachariden	Fructo-oligosachariden	Oligofructose, FOS
	Malto-oligosachariden	Maltodextrinen, Isomaltoligosachariden
	Galacto-oligosachariden	Oligogalactosyllactose, GOS
	Dextrines	Polydextrose

1.4 Polysachariden of Glycanen²³ (polymerisatiegraad: >9)

Namen voor homopolysachariden bestaande uit 1 soort monosacharide wordt gevormd door de uitgang –ose te vervangen door –aan:

Glucanen

Polysachariden die bestaan uit glucosemoleculen.
Bijvoorbeeld dextraan, cellulose en zetmeel.

Galactanen

Polysachariden die bestaan uit galactosemoleculen.

Fructanen

Polysacharide van fructosemoleculen al dan niet met 1 glucosemolecuul. Voorbeelden zijn inuline, levan en graminan.

Xylanen

Polysacharide van xylosemoleculen.

Mannanen

Polysaccharide van mannosemoleculen.

Polysachariden met meerdere bouwstenen (heteropolysachariden) hebben vaak triviale namen, zoals pectine of arabische gom, of worden genoemd naar de voornaamste bouwstenen, zoals arabinogalactaan (een galactose keten met arabinose zijketens).



Tabel 1.4 Polysachariden

Subgroep	voorbeelden	Bestanddeel ²⁸	Afkomstig van
Zetmeel polysachariden	Amylose	Glucose	Diverse planten
	Amylopectine	Glucose	Diverse planten
	Polydextrose	Glucose, Sorbitol	Een afbraakproduct van zetmeel (chemische synthese)
Niet-zetmeel polysachariden	Glucagon	Glucose	Spieren en lever
	Cellulose	Glucose	Hout, planten
	Hemicellulose	Verschillende polysachariden welke zowel vertakte en onvertakte ketens van pentose-eenheden (zoals xylose en arabinose) en hexose-eenheden (glucose, galactose, mannose, rhamnose, glucuronzuur, galacturonzuur)	Planten celwanden
	Pectine	Galacturonzuur, rhamnose en ketens van pentose- en hexose-eenheden (zoals arabinose, galactose etc.)	Planten celwanden
	Arabinoxylanen	Xylose, Arabinose	Planten celwanden
	β-Glucanen	Glucose	Planten celwanden
	Glucomannanen	Mannose, Glucose	Planten celwanden
	Inuline	Fructose	Diverse planten
Hydrocolloïden en gommen ²⁸ (Zeewierextracten, plantenexudaten en zaden, inclusief gommen en slijmen)	Carragenanen, alginaten, agar-agar	Diverse monosachariden	Zeewier
	Guar gum, arabische gum, karaya gum	Diverse monosachariden	Tropische bomen
	Gellan gum, xanthan gum	Diverse monosachariden	Bacteriën

1.5 Polyolen

Polyolen zijn strikt genomen geen koolhydraten, maar afgeleiden van koolhydraten. Ze zijn scheikundig gereduceerd, waarbij het dubbel-gebonden zuurstofatoom is vervangen door een hydroxyde of –alcohol groep. Vandaar ook de naam suikeralcoholen. Ze worden vooral gebruikt als suikervervangers. Ze kunnen gemaakt worden van zowel mono-, di- als trisachariden.

Polyglycitolstroop bevat naast sorbitol en mannitol ook hogere DP polyolen.

Tabel 1.5 Polyolen

Naam	Afgeleid van
Sorbitol	Glucose
Mannitol	Mannose
Lactitol	Lactose
Xylitol	Xylose
Erythritol	Erythrose
Isomalt	Maltose
Maltitol	Maltose
Polyglycitolstroop	Glucose oligosachariden



1.6 Overige koolhydraten en -derivaten

Net als de polyolen zijn er stoffen die zijn afgeleid van koolhydraten (derivaten) maar die strikt genomen niet tot de koolhydraten behoren. Door de terminologie wordt vaak gedacht dat het wel koolhydraten zijn. Ze komen vaak in de natuur voor en hebben belangrijke biologische functies. Alleen stoffen/groepen waarvan de basisstructuur nog steeds een koolhydraat is, zijn opgenomen:

Deoxy suikers^{19, 23, 30}

Koolhydraten waarbij de hydroxylgroep (-OH) is vervangen door een waterstofatoom (-H). Deoxy suikers kunnen natuurlijk worden gemaakt door planten, schimmels en bacteriën en worden vaak gebruikt in medicijnen³⁰.

Deoxyaldohexoses^{30, 31}

Monosachariden waarbij 1 of meer hydroxylgroepen zijn vervangen door een waterstofgroep. Voorbeelden zijn fucose, rhamnose, quinovose, ascarylose, colitose, paratose en pneumose. Het zijn de natuurlijk voorkomende deoxy suikers³⁰.

*Amino suikers*²³

Monosachariden waarbij de hydroxylgroep (-OH) is vervangen door een aminegroep (-NH_n), bijvoorbeeld glycosylamines. Amino suikers komen van nature voor. Niet natuurlijke amino suikers dienen als enzym remmers en vormen een belangrijk onderdeel van antibiotica³⁰.

*Suikerzuren*³⁰

Koolhydraten waarbij de hydroxylgroep (-OH) is vervangen door een carboxylgroep (-COOH), bijvoorbeeld glucuronzuur of galacturonzuur (in pectine). Helpen het lichaam te beschermen tegen invloeden van buitenaf, wordt ook wel gebruikt als ontgiftend middel³⁰.

*Suiker fosfaten*³⁰

Koolhydraten waarbij de hydroxylgroep (-OH) is vervangen door een fosfaatgroep (-PO₄). Ze spelen een zeer grote rol in de stofwisseling, maar komen in de voeding niet voor.

Alditolen^{19, 23, 30}

Polyolen die zijn ontstaan doordat in een monosacharide de -CHOH groep is vervangen door een aldehyde groep (-CHO). Worden door de levensmiddelen- en non-food industrie gebruikt als zoetmiddel³⁰.

*Aldoximen*²³

Stoffen met een NOCH_2 groep. Ze worden gebruikt in farmaceutische chemicaliën, verf en plastics.

*Glycosides*²³

Een combinatie van een suiker(glycon) met een niet-suiker deel (aglycon). Er bestaan vele glycosides, afhankelijk van de soort glycon, soort aglycon en type verbinding. Wanneer de suiker in de glycoside glucose is dan wordt het ook wel glucosiden genoemd, is de suiker galactose dan worden het galactosiden genoemd, is de suiker rahmnose dan worden het rahmnosiden genoemd. Men spreekt ook wel van mono-, di- of triglycosiden afhankelijk van het aantal suikereenheden van de glycoside. Glycosides spelen vele belangrijke rollen in levende organismen o.a. bij de opslag van stoffen en de verwijdering van schadelijke stoffen uit het lichaam⁵⁰.

*Chlorosacharose*³¹

Wordt ook wel chlorosucose genoemd. Dit is een verzamelnaam voor een groep stoffen waarbij een of

meer van de hydroxylgroepen in sacharose door chloor zijn vervangen. Enkele van deze gechloreerde suikers hebben een zeer hoge relatieve zoetkracht. Voorbeeld is sucralose.

*Cellulosederivaten*³⁷

Afgeleiden van cellulose door vervanging van de hydroxylgroep (-OH). Bijvoorbeeld methylering (→ methylcellulose), ethylering, hydroxypropylering, sulfonering, nitratie (→ cellulosenitraat), acetylering (→ cellulose acetaat), oxidatie, xanthation, verknoping, door enting copolymerisatie. In voeding wordt het gebruikt vanwege de gelvormende eigenschappen.

Gemodificeerd zetmeel^{32, 26, 3}

Het bewerken van geraffineerd zetmeel door een andere toepassing mogelijk te maken. Bijvoorbeeld koudwater oplosbaar maken, katoniseren, oxideren, hydroxypropyleren, carboxymethyleren, dextrineren.



2 Voedingskundige betekenis

De voedingskundige betekenis van een type koolhydraat is afhankelijk van:

- Soort koolhydraat (op basis van de scheikundige indeling, zie hoofdstuk 1)
- Fysiologische eigenschappen van het koolhydraat
- Fysische eigenschappen van het koolhydraat

Koolhydraten hebben een vijftal fysiologische eigenschappen:^{22, 44}

- 1 Levert energie
- 2 Hebben invloed op het verzadigingsgevoel en voedselinname
- 3 Beïnvloeden de bloedglucose-, insuline- en bloedlipidenconcentratie na vertering en absorptie in de dunne darm
- 4 Zorgen voor fermentatie in de dikke darm
De fermentatie van niet verteerbare (d.w.z. niet in de dunne darm opgenomen) koolhydraten heeft invloed op de darmfunctie. De hierbij gevormde metabolieten kunnen bijdragen aan de energiestofwisseling en beïnvloeden diverse metabole processen in het lichaam.
- 5 Hebben effect op de stoelgang
Niet fermenteerbare en niet verteerbare koolhydraten verlagen de mond-anus transsittijd. Door het toegenomen volume van de fecale bulk wordt de uitdrijving van feces bevorderd.

De fysiologische eigenschappen zijn belangrijk voor de voedingskundige betekenis van het koolhydraat. Koolhydraten spelen daardoor een belangrijke rol in onze dagelijkse voeding.

Behalve de soort koolhydraat en de genoemde fysiologische eigenschappen zijn de fysische eigenschappen ook van invloed op de voedingskundige betekenis. Fysische eigenschappen van koolhydraten zijn onder andere oplosbaarheid, hydratatie, kristalvorm, viscositeit (gelvormend), samenhang met andere moleculen en de opname in complexe structuren van de celwand en andere plantaardige weefsels. De fysische eigenschappen van het koolhydraat bepalen de fysische structuur van het levensmiddel. En juist deze fysische structuur beïnvloedt de fysiologische eigenschappen. Het is echter lang niet altijd bekend welke invloed de fysische structuur heeft voor de voedingskundige betekenis. Kortom de voedingskundige betekenis van een koolhydraat is niet zomaar af te leiden.

De invloed van koolhydraten op de fysische structuur kan worden gebruikt om bepaalde eigenschappen van levensmiddelen te verbeteren. Als koolhydraten aan levensmiddelen worden toegevoegd, kan bijvoorbeeld de structuur en/of textuur verbeteren.

3 Functie van koolhydraat in levensmiddelen

Niet alleen de fysische en fysiologische eigenschappen bepalen de betekenis van koolhydraten in een levensmiddel. De chemische en fysisch-chemische eigenschappen van de koolhydraten spelen een belangrijke rol ten aanzien van de organoleptische eigenschappen van diverse levensmiddelen en gerechten.

Bij mono- en disachariden is behalve de smaak, ook de rol bij de vorming van kleur en geur van belang. Vorming van kleur en geur kan worden veroorzaakt door karamellisatie of de Maillard reactie. Bij karamellisatie wordt de mono- of disacharide afgebroken onder invloed van temperatuur. Het product kleurt bruin en krijgt een typische smaak, ook komen vluchtige stoffen vrij met een typische karamelgeur. De Maillardreactie is een scheikundige reactie tussen reducerende suikers en eiwitten/aminozuren onder invloed van temperatuur en met aanwezigheid van vocht. Hierbij ontstaan donkergekleurde verbindingen (melanoïden). De reactie kan optreden omdat reducerende suikers een vrij dubbelgebonden zuurstofatoom (aldose) hebben die de reactie kan aangaan. Een koolhydraat (vaak polysachariden) kan ook meerdere moleculen hebben



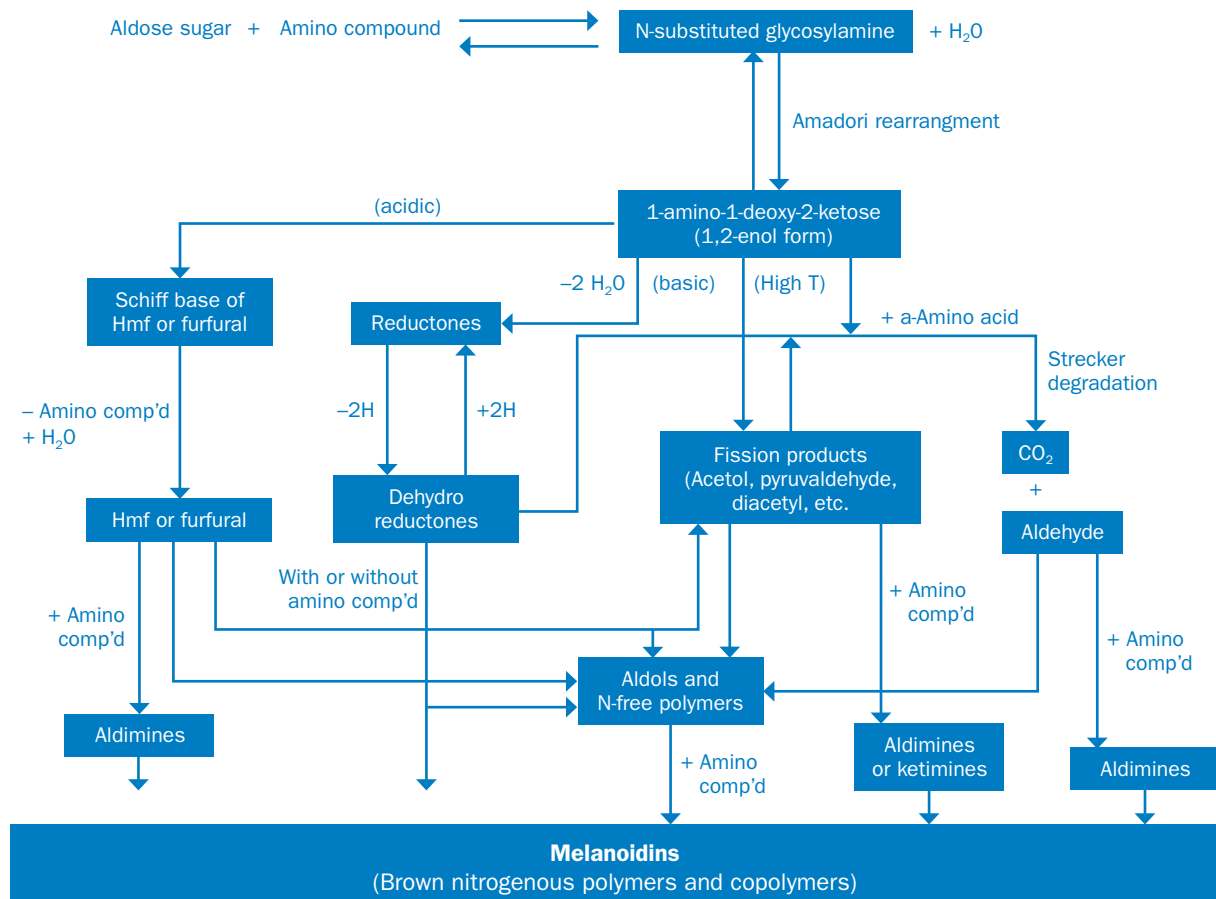
met een vrij dubbelgebonden zuurstofatoom, in dat geval bevat het dus meerdere reducerende suikers. Het percentage reducerende suikers dat aanwezig is, wordt ook wel dextrose equivalent (DE) genoemd. DE geeft de hoeveelheid reducerende suikers aan ten opzichte van glucose, uitgedrukt als percentage. De DE staat in verhouding met de mate waarin polysachariden (zetmeel) zijn gesplitst door middel van hydrolyse (splitsing van een scheikundige verbinding onder opname van water). Bij 100% hydrolyse van zetmeel ontstaat glucose. Zetmeel heeft 0% hydrolyse ondergaan. De DE van glucose is dan ook 100 en van zetmeel 0. Alle tussenliggende gehalten (DE's) geven een mate van splitsing weer. Dit gaat geleidelijk, eerst wordt afgebroken tot polymeren van 20-30 eenheden. Daarna wordt gesplitst in polymeren van 20 eenheden en kleiner. Producten met een DE tussen 3-20 zijn maltodextrinen, glucose-siropen hebben een DE van 20-75. Producten met een DE groter als 75 worden hydrolysaten genoemd⁵⁷. Niet alleen heeft de DE invloed op de Maillard reactie ook de andere functionele eigenschappen van koolhydraten in levensmiddelen worden beïnvloed. Het water-



bindend vermogen, welke de consistentie en viscositeit beïnvloedt, is een belangrijke factor bij polysachariden. Hoe hoger de DE van de polysacharide hoe lager het waterbindend vermogen. Echter hoe hoger de DE hoe zoeter de smaak, hoe beter oplosbaar en hoe meer het vriespuntsverlaging en kookpuntsverhoging kan geven.

In tabel 3.1 wordt de betekenis, zowel technologisch als voedingskundig, van de verschillende soorten koolhydraten (op basis van de scheikundige indeling) weergegeven.

Maillard Browning Pathway



Tabel 3.1 Functies van koolhydraten

Koolhydraat	Functie ²⁸	Voedings- waarde	Relatieve zoet- heid	Additief of ingre- diënt ²⁸
Glucose	Smaak, zoetheid, bevochtigings- middel, conserveermiddel, bruin- kleuring ³	4 kcal/g ¹¹	0,74 ^{14, 16}	ingrediënt
Galactose	Zoetheid, bruinkleuring (vaak alleen onderdeel van andere koolhydraten) ³⁸	4 kcal/g ¹¹	0,32 ^{14,16}	ingrediënt
Fructose	Zoetheid, bruinkleuring ³	4 kcal/g ¹¹	1,4	ingrediënt
Mannose	(alleen onderdeel van andere koolhydraten)	4 kcal/g ¹¹	0,32 ¹⁴	ingrediënt
Tagatose	Zoetheid, lage glycemische respons, stabilisator, conserveermiddel ⁴¹	1,5 kcal/g ⁴⁵	0,9 ⁴⁸	Ingrediënt
Sacharose	Zoetheid, bulking, smaak, gel- vormend, bruining, kristalliseert, conserveermiddel ³	4 kcal/g ¹¹	1 ¹⁶	ingrediënt
Lactose	Bulking ¹⁶ , kristalliseert niet ³	4 kcal/g ¹¹	0,16 ¹⁷	ingrediënt
Maltose	Zoetheid	4 kcal/g ¹¹	0,33 ¹⁶	ingrediënt
Trehalose	Zoetheid ¹⁵ , stabilisator, verdikkings- middel ⁴¹	4 kcal/g ⁴⁶	0,5 ¹⁶	ingrediënt
Raffinose	Prebioticum ³	2 kcal/g ²⁹	0,45	ingrediënt
Stachyose	Prebioticum ³	2 kcal/g ²⁹	0,28	ingrediënt
Verbascose	Prebioticum ³	2 kcal/g ²⁹	Onbekend	ingredient
Fructo-oligosachari- den	Zoetheid, prebioticum, voedings- vezel, suikervervanger ³³	1,5 kcal/g ¹⁶	0,3-0,5 ¹⁶	ingrediënt
Malto-oligosachari- den	Prebioticum, lage glycemische respons	1,5 kcal/g ⁵⁴	Laag ⁵⁶ -0,5 ⁵⁵	Ingrediënt (novel food aanvraag IMOs loopt)
Galacto-oligosacha- riden	Prebioticum ³⁹	2 kcal/g ²⁹	0,3-0,6 ⁵¹	Ingrediënt
Dextrines	Verdikkingsmiddel ³⁸ , suiker- en vet vervanger ¹⁵	4 kcal/g ²⁹	0,1-0,3 ¹⁶	additief E1400
Amylose	Gelvormend, verdikkingsmiddel, emulgator ⁴¹	4 kcal/g ¹¹	0	ingrediënt
Amylopectine	Gelvormend, verdikkingsmiddel, stabilizator ⁴¹	4 kcal/g ¹¹	0	ingrediënt
Polydextrose	Bulking, prebioticum, suiker- en vet vervanger ³⁸	1 kcal/g ⁴⁷	0 ⁴⁷	additief E1200

Koolhydraat	Functie ²⁸	Voedings- waarde	Relatieve zoet- heid	Additief of ingre- diënt ²⁸
Glucagon	- (alleen gebruikt als medicijn)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Cellulose	Bulking, gelvormend, anti-klonter- middel, emulgator, verdikkings- middel, voedingsvezel ^{3,33}	2 kcal/g ¹¹	0	additief E460
Hemicellulose	Gelvormend, voedingsvezel ³	2 kcal/g ¹¹	0	additief E426
Pectine	Verdikkingsmiddel, gelvormend ³	2 kcal/g ¹¹	0	additief E440
Arabinoxylanen	Laag glycemische respons, voedingsvezel ³⁵	2 kcal/g ²⁹	0	nieuw ingrediënt - nog niet toe- gestaan
β-glucanen	Voedingsvezel ³⁶ , lage glycemische respons, textuur bepaler	2 kcal/g ²⁹	0	ingrediënt
Glucomannanen	Verdikkingsmiddel, emulgator ³⁴	2 kcal/g ²⁹	0	additief (nieuw ingrediënt)
Inuline	Suiker- en vetvervanger, prebioticum, bulking ⁴⁰	2 kcal/g ²⁷	0,1 ¹⁸	ingrediënt
Hydrocolloïden	Verdikkingsmiddel, gelvormend, stabilisator, emulgator ³³	2 kcal/g ²⁹	0	additieven (tus- sen E400-E500) of ingrediënten
Sorbitol	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, lage glycemische respons, koelingseffect, suikervervanger ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,5-0,6 ¹⁶	additief E420
Mannitol	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, lage glycemische respons, koe- lingseffect, suikervervanger, ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,5-0,6 ¹⁶	additief 421
Lactitol	Zoetheid, bulking, suikervervanger ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,4 ¹⁶	additief E966
Xylitol	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, lage glycemische respons, koe- lingseffect, suikervervanger ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,92 ¹⁶	additief E967
Erythritol	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, koelingseffect, suikervervanger ³³	0 kcal/g ¹¹	0,6-0,8 ¹⁶	additief E968
Isomalt	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, lage glycemische respons, suiker- vervanger ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,54 ⁷	additief E953
Maltitol	Zoetheid, bulking, niet-cariogeen, suikervervanger ³³	2,4 kcal/g ¹¹	0,7 - 0,9 ^{16,53}	additief E965
Polyglycitolstroop	Bulking, suikervervanger, bevochtig- ingsmiddel ⁵²	2,4 kcal/g ¹¹	0,4-0,7 ⁵³	additief E964
Gemodificeerd zetmeel	Gelvormend, verdikkingsmiddel ³	4 kcal/g ¹¹	0	additief E1400

4 Terminologie

Door de verschillende eigenschappen, fysiologisch, fysisch, chemisch, is het lastig om de voedingskundige betekenis van een koolhydraat te bepalen. Het is ook niet af te leiden uit de soort koolhydraat op basis van de scheikundige indeling. Bij de scheikundige indeling is het niet mogelijk een simpele vertaling te maken naar de voedingskundige betekenis, omdat elke scheikundige klasse verschillende en ook overlappende fysiologische eigenschappen heeft. De polysacharide zetmeel levert evenveel energie als de disacharide sacharose. De voedingskundige betekenis op basis van

de hoeveelheid energie is gelijk, maar op basis van de scheikundige indeling vallen ze niet in dezelfde klasse.

Terminologie op basis van fysiologische eigenschappen is analytisch een onmogelijke indeling, maar heeft wel geleid tot introductie van andere termen, gebaseerd op de fysiologische eigenschappen.

In tabel 4.1 worden aanvullende termen voor (soorten) koolhydraten weergegeven op basis van fysiologische eigenschappen.

Tabel 4.1 Terminologie

Term	Definitie	Referenties	Andere naam
Koolhydraten	De koolhydraten die in het menselijk organisme worden gemetaboliseerd, met inbegrip van polyolen.	[11]	
Totaal koolhydraten	Alle koolhydraten ongeacht hun fysiologische eigenschappen en voedingskundige betekenis, plus variabele hoeveelheid niet-koolhydraten zoals organische zuren, lignine en polyfenolen.	[7]	
Verteerbare koolhydraten	De koolhydraten die de mens kan verteren, hiertoe behoren de monosachariden glucose, fructose en galactose, de disachariden sacharose, lactose, maltose en sommige oligosachariden en polysachariden zoals zetmeel.	[4]	
Complexe koolhydraten	Polysachariden.	[4]	
Korte keten koolhydraten	Oligosachariden.	[3]	
Cariogene koolhydraten	Voornamelijk sacharose, glucose en fructose.	[7]	
Gemakkelijk vergistbare koolhydraten	Er worden mono- en disachariden bedoeld.	[6]	Makkelijk vergistbaar suiker of eenvoudig fermenteerbare koolhydraten
Beschikbare koolhydraten	De koolhydraten die kunnen worden verteerd door menselijke enzymen, worden geabsorbeerd en toetreden tot het metabolisme.	[25]	
Glycemische koolhydraten	Koolhydraten welke direct energie leveren via de spijsvertering en opname in de dunne darm.	[3], [7]	
Niet-glycemische koolhydraten	Koolhydraten die worden gemetaboliseerd in de dikke darm.	[3], [7]	

Term	Definitie	Referenties	Andere naam
Suiker	Alle categorieën sacharose.	[11]	Sucrose (engels) Kristalsuiker Geraffineerde suiker
	Gezuiverde en gekristalliseerde sacharose.	[1]	
Suikers	Alle in voedsel aanwezige mono- en disachariden, met uitzondering van polyolen.	[11]	Totaal suikers
	Alle mono- en disachariden behalve polyolen.	[2], [3]	
Eenvoudige koolhydraten	Een suiker welke tijdens hydrolyseren geen andere suikers produceert, met andere woorden monosachariden.	[22]	Enkelvoudige suikers Simpel suikers
	Mono- en disachariden.	[4]	
Vrije suikers	Alle mono- en disachariden die aan voedingsmiddelen worden toegevoegd door de producent, kok of de consument plus alle suikers die van nature voorkomen in honing, siropen en fruitsappen.	[2], [5]	
Van nature aanwezige suikers	De suikers die niet onder definitie “toegevoegde suikers” vallen.	[12]	
Intrinsieke suikers	Suikers als van nature geïntegreerde onderdelen van de cellulaire structuur van plantaardig materiaal.	[8]	
Extrinsieke suikers	Suikers die vrij in voedsel aanwezig zijn of worden toegevoegd.	[8]	
Extrinsieke niet-melk suikers	Alle extrinsieke suikers, welke niet afkomstig zijn van melk (dus exclusief lactose) zoals bijvoorbeeld vruchtensap, honing en suikers die worden toegevoegd tijdens bereiding thuis of industriële productie.	[8]	
Toegevoegde suikers	Elke toegevoegde mono- of disacharide of elk ander voedsel dat wordt toegevoegd voor zijn zoetkracht.	[13]	
	Het wordt ook wel gedefinieerd als de suikers die worden toegevoegd tijdens productie in de fabriek en de bereiding thuis.	[2]	
	Sacharose, fructose, zetmeel hydrolysaten (glucose siroop, glucose-fructose siroop) en andere geïsoleerde suiker preparaten die apart of tijdens voedselbereiding en productie worden gebruikt.	[7]	
	Alle mono- en disacchariden met een calorische waarde van > 3,5 kcal uit andere bronnen dan groente, fruit en zuivelproducten. Ook producten die volledig uit suikers bestaan die niet afkomstig zijn van fruit, groenten of zuivel vallen onder toegevoegde suikers. Hieronder vallen suiker, (vruchten)siroop, honing en gekonfijte vruchten, etc. en alle polyolen.	[10]	

Tabel 4.1 (vervolg)

Term	Definitie	Referenties	Andere naam
Zetmeel	Natief zetmeel en lang fysische weg of met enzymen gemodificeerd zetmeel.	[11]	
Resistent zetmeel	De som van zetmeel en afbraakproducten van zetmeel die niet kunnen worden opgenomen in de dunne darm en in de dikke darm worden gefermenteerd.	[3]	
	Zetmeel dat de dunne darm slechts ten dele kan opnemen.	[4]	
Gemodificeerd zetmeel	Zetmeel geproduceerd voor specifieke doeleinden uit genetisch gemodificeerd gewas, bijvoorbeeld maïszetmeel met een hoog gehalte amylose en maïszetmeel met een hoog gehalte amylopectine.	[3]	
Geraffineerd zetmeel	Zetmeel in voedingsmiddelen zoals witte rijst, mais, witbrood, aardappelen en noedels.	[4]	
Voedingsvezel	Sinds 2008 is de definitie van vezels opgenomen in de warenwet: koolhydraatpolymeren bestaande uit drie of meer monomere eenheden, die in de menselijke dunne darm niet verteerd en niet opgenomen worden en tot de volgende categorieën behoren: - Eetbare koolhydraten die van nature voorkomen in levensmiddelen zoals die worden geconsumeerd - Eetbare koolhydraten die langs fysische, enzymatische of chemische weg uit grondstoffen voor levensmiddelen zijn verkregen en een gunstig fysiologisch effect hebben dat door algemeen aanvaarde - wetenschappelijke gegevens wordt gestaafd - Eetbare synthetische koolhydraatpolymeren met een gunstig fysiologisch effect dat door algemeen aanvaarde wetenschappelijke gegevens wordt gestaafd	[11], [27]	
	Niet-verteerbare koolhydraten plus lignine.	[7]	
	Hiertoe worden gerekend koolhydraten, verbindingen analoog aan koolhydraten en lignine en daaraan verwante stoffen die in de dunne darm van de mens niet worden verteerd of opgenomen.	[10]	
Oplosbare vezels	Koolhydraten die effect hebben op de glucose- en vetabsorptie in de dunne darm.	[3]	
Onoplosbare vezels	Koolhydraten die langzaam en onvolledig fermenteren en meer effect hebben op de dikke darm.	[3]	

Term	Definitie	Referenties	Andere naam
Prebiotica	Niet verteerbare levensmiddeleningredienten die een heilzame invloed hebben op de gastheer door selectieve stimulering van de groei en/of activiteit van één of een maximaal aantal bacteriën in de dikke darm.	[3]	
	Voedselingrediënt dat de condities in de dikke darm in het voordeel van de gastheer verbetert.	[38]	
Polyolen	Alcoholen die meer dan twee hydroxylgroepen bevatten.	[11]	Suikeralcoholen
	Mono- en disachariden waarvan de aldose en ketose functionele groepen zijn verminderd tot hydroxylgroepen.	[26]	

Doordat verschillende koolhydraten een grote betekenis hebben op de organoleptische eigenschappen van een levensmiddel (zie tabel 3.1), wordt ook vaak over zoetmiddelen en zoetstoffen gesproken.

Zoetstoffen zijn géén koolhydraten en worden hier verder niet behandeld, met uitzondering van de polyolen.



Tabel 4.2 Zoetstoffen

Term	Definitie	Referentie
Natuurlijke zoetmiddelen	Koolhydraten die van zichzelf al zoet smaken of die na een bepaalde bewerking een zoete smaak afgeven.	[16]
Zoetstoffen	Stoffen die worden gebruikt om levensmiddelen een zoete smaak te geven of in tafelzoetstoffen gebruikt worden.	[20]
Calorische zoetstoffen	Alle koolhydraten die energie leveren aan het menselijke organismen inclusief alle van nature voorkomende koolhydraten die energie leveren zoals honing, siropen en fruitsappen.	[3]
Niet of laag calorische zoetstoffen	Alle zoetstoffen die géén of nauwelijks energie leveren aan het menselijke organisme.	[49]
Synthetische zoetstoffen	Zoetstoffen die volledig synthetisch zijn bereid.	[16]

5 Discussie

De indeling van koolhydraten op basis van hun scheikundige benaming, biedt de meeste duidelijkheid. Het is lastig om naar aanleiding van de scheikundige indeling de voedingskundige betekenis te achterhalen. Er zijn inmiddels diverse aanvullende termen in omloop die een overeenkomstige voedingskundige betekenis hebben. Voor sommige termen blijken meerdere, niet overeenkomende definities in gebruik te zijn. Dit leidt tot verwarring.

5.1 Koolhydraten

Termen om koolhydraten te beschrijven en te onderscheiden naar voedingskundige betekenis zijn niet allemaal bruikbaar. De term “koolhydraten” in de Europese wetgeving vertoont een inconsistentie: het omvat ook polyolen. Polyolen voldoen strikt genomen niet aan de definitie “dat koolhydraten worden gemetaboliseerd”, polyolen worden gefermenteerd. Ook de term “totaal koolhydraten” is misleidend omdat het per definitie ook niet-koolhydraten kan bevatten zoals organische zuren, lignine en polyfenolen.

De term “complexe koolhydraten” werd aanvankelijk gebruikt om suikers van andere koolhydraten te onderscheiden. Het was bedoeld om de consumptie van producten die passen in een gezonde voeding te stimuleren, maar is in de praktijk niet bruikbaar wanneer de term wordt gebruikt om fruit en groenten (met weinig zetmeel) te beschrijven. Vervolgens is deze term vaak gebruikt voor zetmeel, voedingsvezels en niet-verteerbare oligosachariden. Als vervangende term voor zetmeel is die niet bruikbaar. De term “gemakkelijk vergistbare koolhydraten” is onduidelijk. Wordt er bedoeld vergistbaar in het lichaam? De definitie geeft juist die koolhydraten weer, die verteerbaar zijn in het lichaam. Het onderscheid tussen beschikbare en niet-beschikbare koolhydraten is misleidend. Sommige niet-verteerbare koolhydraten (niet-beschikbare koolhydraten) kunnen het lichaam wel van energie voorzien door fermentatie in de dikke darm en opname van korte keten vetzuren.

Een betere manier om koolhydraten te onderscheiden naar de eigenschappen verteerbaarheid en fermenteerbaarheid is het onderscheid glycemische en niet-glycemische koolhydraten. Dit moet echter niet worden verward met de term “glycemische index”. De glycemische index is een maat voor de relatieve stijging van bloedglucose in het lichaam na opname van koolhydraten.

5.2 Suikers

Het begrip van de term suikers is complex door de verwarring met het woord koolhydraten, die ontstaat omdat beide termen in de Nederlandse taal synoniem zijn (zie Inleiding). Echter in professioneel gebruik is

het niet synoniem en wordt met suikers bedoeld alle mono- en disachariden, met uitzondering van polyolen. Daarnaast zijn termen als “vrije suikers”, “van nature aanwezige suikers” en “toegevoegde suikers” analytisch niet te onderscheiden. Er is geen praktische, gemakkelijke analytische methode om deze suikers te analyseren en dus te onderscheiden⁴³. Vrije suikers zijn daarbij niet te onderscheiden van andere suikers⁴². Omdat het menselijk lichaam geen onderscheid kan maken tussen toegevoegde en van nature aanwezige suikers, heeft dit onderscheid voedingskundig gezien geen enkele betekenis. Dat geldt ook voor de termen intrinsieke en extrinsieke suikers die werden ontwikkeld om te proberen meer duidelijkheid te geven over de gezondheidscijfers van suikers. De definitie intrinsieke suikers komt overeen met die van nature aanwezige suikers, de nieuwe definitie voor extrinsieke suikers is vrije suikers.

De meest zinvolle manier om suikers te beschrijven is als “totaal suikers”. Deze eenduidige term is erkend door wetenschappers en kan worden toegepast bij analyses, bij het gebruik van etiketten en biedt consumenten duidelijkheid.

5.3 Zetmeel en vezels

Termen voor zetmeel zijn eenduidig en geaccepteerd met uitzondering van de definitie voor resistent zetmeel. Resistent zetmeel wordt gedeeltelijk in de dikke darm gefermenteerd.

Het onderscheid oplosbare en onoplosbare vezels is misleidend. Onoplosbare vezels die niet worden gefermenteerd leveren geen calorieën, volledig fermenteerbare vezels leveren ongeveer 2 kcal/g. Sommige onoplosbare vezels blijken snel en volledig gefermenteerd te worden terwijl niet alle oplosbare vezels effect hebben op de glucose- en vetabsorptie. Daarbij is wettelijk geregeld¹¹ dat alle vezels een energetische waarde hebben van 2 kcal/g, zowel de oplosbare als de onoplosbare vezels welke binnen de EU definitie van voedingsvezel vallen²⁷.

5.4 Zoetstoffen

Het begrip zoetstoffen is onduidelijk. Volgens de definitie (zie tabel 4.2) zouden ook alle koolhydraten die een zoete smaak leveren, onder het begrip zoetstoffen vallen. Dat geldt dus ook voor sacharose, maar dit wordt niet bedoeld. In de definitie van energieleverende zoetstoffen worden de niet-koolhydraten vergeten die zoet van smaak zijn en ook calorieën leveren (bijvoorbeeld Thaumatine E957).



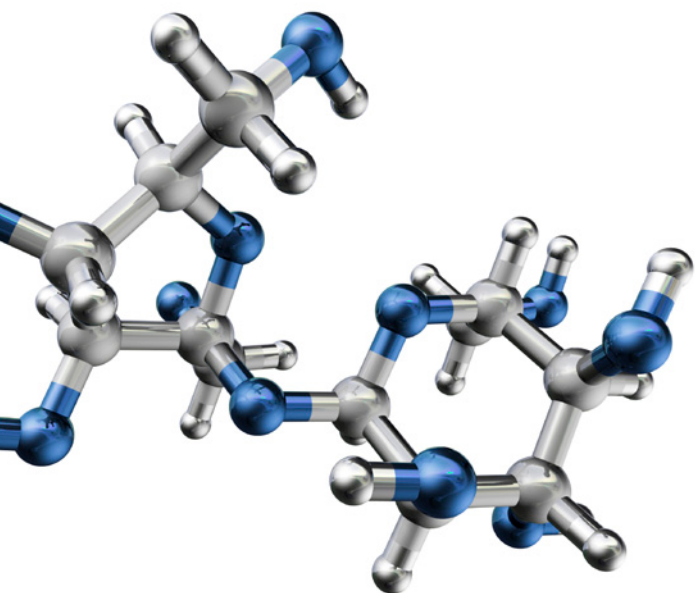
Conclusie

De terminologie om koolhydraten te beschrijven is verwarrend en onnauwkeurig. Beleidsmakers, wetenschappers, producenten, gezondheidsprofessionals en consumenten hanteren verschillende termen. Koolhydraten en suikers hebben verschillende chemische, fysische en fysiologische eigenschappen, waardoor er vele toepassingsmogelijkheden zijn. Wetenschappers zijn het er over eens dat koolhydraten dienen te worden geclassificeerd volgens de scheikundige indeling. De meest zinvolle manier om suikers te beschrijven, te analyseren en te etiketteren is “totaal suikers” met onderscheid naar mono- en disachariden en met uitzondering van polyolen. Gebruik van andere termen leiden tot problemen bij het analyseren, onduidelijkheid bij de consument of suggereren een voedingskundige betekenis die niet is gerelateerd aan het betreffende koolhydraat.

De voedingskundige betekenis is niet zomaar af te leiden van de scheikundige indeling omdat elke scheikundige klasse verschillende en ook overlapende fysiologische eigenschappen heeft. Daarbij zijn ook de fysische eigenschappen van invloed op de voedingskundige betekenis. Terminologie op basis van fysiologische eigenschappen biedt echter analytisch een onmogelijke verdeling. Dit heeft geleid tot additionele termen om koolhydraten te beschrijven, gebaseerd op hun fysiologische eigenschappen. Bruikbaar zijn onder andere de termen prebiotica, glycemische koolhydraten, resistent zetmeel en voedingsvezels. De kwaliteit van de communicatie rondom koolhydraten en suikers zou worden verbeterd wanneer algemeen geaccepteerde definities worden geharmoniseerd.

Deze factsheet van Kenniscentrum suiker & voeding is beoordeeld door Dr.ir. R. Hartemink (Wageningen Universiteit).

Baarn, 2013



Referenties

- [1] Richtlijn 2001/111/EG van de Raad van 20 december 2001 inzake bepaalde voor menselijke voeding bestemde suikers, 2001, (<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32001L0111:NL:HTML>)
- [2] WHO (2003) Diet, Nutrition and the Prevention of Chronic Diseases. Report of a joint WHO/FAO Expert Consultation. WHO Technical Report Series no 916. World Health Organization: Geneva (http://whqlibdoc.who.int/trs/who_trs_916.pdf)
- [3] Joint FAO/WHO Scientific update on carbohydrates in human nutrition. European Journal of Clinical Nutrition, Volume 61 (supplement 1), December 2007. (<http://www.nature.com/ejcn/journal/v61/n1s/index.html>)
- [4] Voedingsnormen energie, eiwitten, vetten en verteerbare koolhydraten. Den Haag: Gezondheidsraad, 2001; publicatie nr 2001/19 (<http://www.gezondheidsraad.nl/nl/adviezen/voedingsnormen-energie-eiwitten-vetten-en-verteerbare-koolhydraten>)
- [5] Gezondheidsraad. Gezonde voeding: logo's onder de loep. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatienr. 2008/22. (<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/200822R.pdf>)
- [6] Gezondheidsraad. Richtlijnen goede voeding 2006. Den Haag: Gezondheidsraad, 2006; publicatie nr 2006/21. (<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/2006@21N.pdf>)
- [7] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA); Scientific Opinion on Dietary Reference Values for carbohydrates and dietary fibre. EFSA Journal 2010; 8(3):1462 [77 pp.]. doi:10.2903/j.efsa.2010.1462. (<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1462.pdf>)
- [8] Department of Health. 1989. Dietary Sugars and Human Disease. Committee on Medical Aspects of Food Policy. Report on Health and Social Subjects No 37. HMSO, London.
- [9] U.S. Department of Health and Human Services. US Department of Agriculture dietary guidelines for Americans. 2005. (<http://www.health.gov/dietaryguidelines/dga2005/document/pdf/DGA2005.pdf>)
- [10] Voedingscentrum, Richtlijnen Voedselkeuze, 1 maar 2011
- [11] Verordening (EU) Nr. 1169/2011 van het Europees Parlement en de Raad betreffende de verstrekking van voedselinformatie aan consumenten, tot wijziging van Verordeningen (EG) Nr. 1924/2006 en (EG) Nr. 1925/2006 van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van Richtlijn 87/250/EEG van de Commissie, Richtlijn 90/496/EEG van de Raad, Richtlijn 1999/10/EG van de Commissie, Richtlijn 2000/13/EG van het Europees Parlement en de Raad, Richtlijnen 2002/67/EG en 2008/5/EG van de Commissie, en Verordening (EG) Nr. 608/2004 van de Commissie, 25 oktober 2011
- [12] Schorin et al, The science of sugars, part 1, a closer look at sugars, nutrition today, 2012
- [13] Verordening (EG) Nr. 1924/2006 van het Europees Parlement en de Raad inzake voedings- en gezondheidsclaims voor levensmiddelen, 20 december 2006
- [14] G.G. Birch et al, Sweetness and sweeteners, applied science publishers ltd, 1971
- [15] Cummings et al, Carbohydrate terminology and classification, 1997
- [16] Dr. Geert Verhelst, Suiker & Zoetstoffen, ISBN 90-807784-1-9

- [17] Joesten, Melvin D; Hogg, John L; Castellion, Mary E (2007). "Sweetness Relative to Sucrose (table)". *The World of Chemistry: Essentials* (4th ed.). Belmont, California: Thomson Brooks/Cole. p.359. ISBN 0-495-01213-0. Retrieved 14 September 2010
- [18] Vandamme, Strubbe, Voedingsingrediënten: een-stand-van-zaken, 2006
- [19] Shallenberger, *Advanced Sugar chemistry*, USA, 1982
- [20] VERORDENING (EG) Nr. 1333/2008 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 16 december 2008 inzake levensmiddelen-additieven
- [21] Richtlijn 2001/111/EG van de Raad van 20 december 2001 inzake bepaalde voor menselijke voeding bestemde suikers
- [22] de Wijn, Hekkens, *Fysiologie van de voeding*, Bohn Stafleu Van Loghum, 1989
- [23] Nomenclature of Carbohydrates, IUPAC, *Pure & Appl. Chem.*, Vol 68, No 10, pp 1919-2008, 1996
- [24] Glossary of class names of organic compounds and reactive intermediates based on structure, IUPAC, 1994
- [25] Impact of different macronutrient definitions and energy conversion factors on energy supply estimations, FAO 2003
- [26] Joint FAO/WHO Carbohydrates in human nutrition, 1998. (<http://www.fao.org/docrep/w8079e/w8079e00.htm>)
- [27] Richtlijn 2008/100/EG van de commissie van 28 oktober 2008 tot wijziging van Richtlijn 90/496/EEG van de Raad inzake de voedingswaarde-etikettering van levensmiddelen wat betreft de aanbevolen dagelijkse hoeveelheden, de omrekeningsfactoren en de definities
- [28] Carbohydrates: nutritional and health aspects, ILSI Europe Concise monograph series, 2003 http://www.ilsa.org/Europe/Publications/C2003Carb_Nut.pdf
- [29] *Essentials of human nutrition*, Jim Mann & A. Stewart Truswell, second edition, Oxford New York, 2002
- [30] *Essentials of carbohydrate chemistry*, John F. Robyt, Springer 1998
- [31] *Handbook of sweeteners*, S. Marie and J.R. Piggott, London, 1991
- [32] "Vickie Vaclavik, Vickie A. Vaclavik, Elizabeth W. Christian" (2007). *Essentials of food science* (3rd ed.). Springer.
- [33] Borner, F.R.J., Undigestible sugars in food products, 1994, *American Journal of Clinical Nutrition* 59 (suppl.):763S
- [34] Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to konjac mannan (glucomannan) and reduction of body weight (ID 854, 1556, 3725), reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 1559), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 835, 3724), maintenance of normal (fasting) blood concentrations of triglycerides (ID 3217), maintenance of normal blood cholesterol concentrations (ID 3100, 3217), maintenance of normal bowel function (ID 834, 1557, 3901) and decreasing potentially pathogenic gastro-intestinal microorganisms (ID 1558) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006, *EFSA Journal* 2010;8(10):1798 [27 pp.].
- [35] Scientific Opinion on the substantiation of health claims related to arabinoxylan produced from wheat endosperm and reduction of post-prandial glycaemic responses (ID 830) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006, *EFSA Journal* 2011;9(6):2205 [15 pp.].
- [36] Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006, *EFSA Journal* 2011;9(12):2471 [13 pp.].
- [37] *Cellulose and Cellulose Derivatives, Molecular Characterization and its Applications*, Copyright © 2005 Elsevier B.V. All rights reserved, Author(s): Kenji Kamide, ISBN: 978-0-444-82254-3
- [38] Stichting Food-info, Wageningen Universiteit, www.food-info.net
- [39] Galacto-Oligosaccharides: Production, Properties, Applications, and Significance as Prebiotics, Duarte P.M. Torres, Maria do Pilar F. Gonçalves, José A. Teixeira, Lígia R. Rodrigues, Article first published online: 26 AUG 2010, DOI: 10.1111/j.1541-4337.2010.00119.x
- [40] Roberfroid M (2005). "Introducing inulin-type fructans". *Br J Nutr* 93 Suppl 1: S13–25. PMID 15877886.
- [41] EVALUATION OF CERTAIN FOOD ADDITIVES, Sixty-third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, World Health Organization, Geneva 2005
- [42] Johnson I.T., Southgate D.A.T., Durnin J.V.G.A.: Intrinsic and non-milk extrinsic sugars: does the distinction have analytical or physiological validity? *Int. J. Food Sci. Nutr.* 1996; 47:131-140.
- [43] AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments) – Saisine n° 2006-SA-0140.
- [44] Gezondheidsraad. Richtlijn voor de vezelconsumptie. Den Haag: Gezondheidsraad, 2006; publicatie nr 2006/03 (<http://www.gezondheidsraad.nl/sites/default/files/Richtlijn%20voor%20de%20vezelconsumptie.pdf>)
- [45] Bureau Nieuwe Voedingsmiddelen, D-Tagatose, Tweede beoordeling van de veiligheid voor de consument, volgens de Europese verordening 258/97 betreffende nieuwe voedingsmiddelen en nieuwe voedsel-ingrediënten, Den Haag, november 2005
- [46] May 2000: Application from Bioresco for approval of Trehalose as a novel food ingredient. Authorised September 2001.
- [47] *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*, Helen Mitchell, Blackwell publishing Ltd, 2006, ISBN-13: 978-14051-3434-7
- [48] Sensory characteristics and relative sweetness of tagatose and other sweeteners., Fujimaru T, Park JH, Lim J., Dept of Food Science & Technology, Oregon State Univ, Corvallis, OR 97331, USA. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22908895#>)
- [49] Genotoxicity testing of low-calorie sweeteners: aspartame, acesulfame-K, and saccharin. Bandyopadhyay A, Ghoshal S, Mukherjee A., Centre of Advanced Study, Cell and Chromosome Research, Department of Botany, University of Calcutta, Kolkata, India. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18850355>)
- [50] Brito-Arias, Marco (2007). *Synthesis and Characterization of Glycosides*. Springer. ISBN 978-0-387-26251-2.
- [51] R.L.H. McSweeney and R.F. Fox, *Advanced dairy chemistry*, volume 3, 2009
- [52] Scientific Opinion on the use of Polyglycitol Syrup as a food additive, EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy, 2009 (<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1413.pdf>)

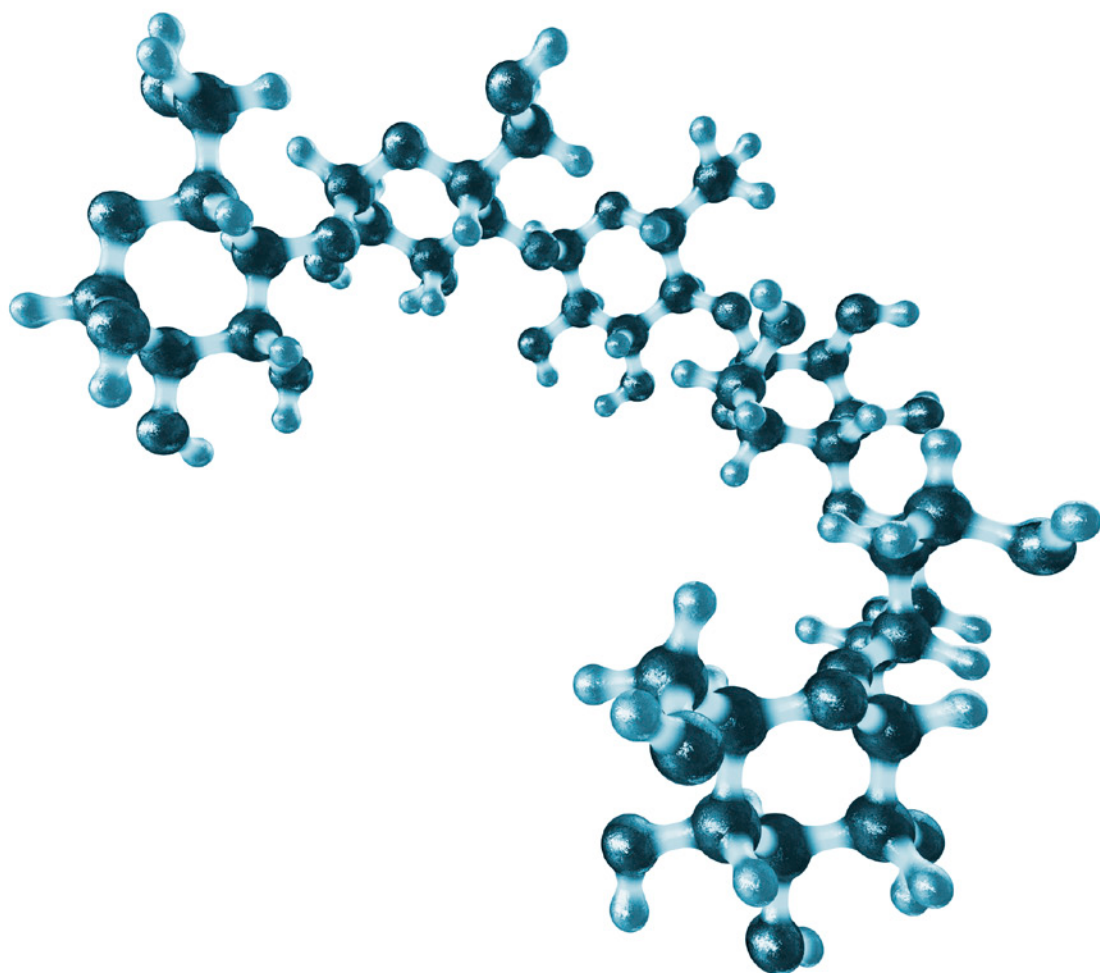
[53] Alternative sweeteners 4th edition, Lyn O'brein Nabors, CRC Press, Taylor and Francis Group LLC, New York, 2012

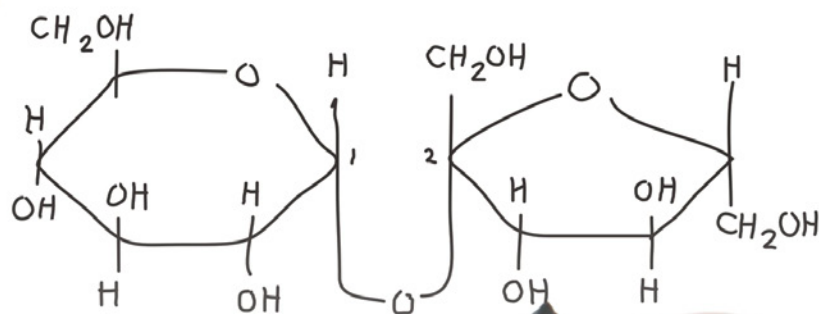
[54] Roberfroid, M. B., 1999. Caloric value if inulin and Oligosfructose. J. Nutr. 129: 1436S-1437S.

[55] Application for the approval of isomalttooligosaccharide(IMO), BioNeutra Inc., Canada, december 2008 (<http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/isomaltodossier.pdf>)

[56] Present status and future of functional oligosaccharide development in Japan*, Teruo Nakakuki, Pure Appl. Chem., Vol. 74, No. 7, pp. 1245–1251, 2002.© 2002 IUPAC (<http://pac.iupac.org/publications/pac/pdf/2002/pdf/7407x1245.pdf>)

[57] Handbook of starch hydrolysis products and their derivatives, edited by M.W. Kearsly and S.Z. Dziedzic, Springer Science+Business Media Dordrecht, 1995





Kenniscentrum suiker & voeding

Kenniscentrum suiker & voeding verricht onderzoek naar suiker in relatie tot voeding en gezondheid. Hierbij wordt nauw samengewerkt met (inter)nationaal erkende onderzoeksinstituten en universiteiten. Daarnaast geeft Kenniscentrum suiker & voeding voorlichting over suiker in de breedste zin van het woord en fungeert zij als vraagbaak op het gebied van suiker in relatie tot voeding en gezondheid en op het gebied van levensmiddelenwetgeving. Kenniscentrum suiker & voeding wil de wetenschappelijke informatievoorziening op het gebied van suiker in een gezonde leefstijl bevorderen.

Meer informatie:

Kenniscentrum suiker & voeding | Amsterdamsestraatweg 39a | 3744 MA Baarn Tel. 035-543 34 55
info@kenniscentrumsuiker.nl | www.kenniscentrumsuiker.nl