

HET VOORKOMEN VAN RIETSUIKER IN PLANTEN

DOOR

Dr. G. DOJER VAN CLEEFF.

Het aantal stoffen, die den naam *suiker* dragen, is legio. In de natuur komen zij voor: *vruchtensuiker* en *druivensuiker* o. a. in den honig, *sorbose* in het sap van de vogelbessen en *arabinose* in de arabische gom, *saccharose* en *raffinose* in het sap van de beetwortelen, *melksuiker* in de versche melk en *galactose* in melk, die op het punt staat zuur te worden; fabriekmatig worden zij gemaakt, b.v. *maltose* door inwerking van de diastase in het mout op zetmeel; synthetisch worden zij door E. FISCHER en zijne navolgers in zóó grooten getale gemaakt, dat FISCHER, om het overzicht over ééne groep van die suikers gemakkelijk te maken, voorstelt ze in *triösen*, *tetrosen*, *pentosen*, *hexosen*, *heptosen*, *octosen* en *nonosen* te verdeelen, al naar gelang de molekulen dier suikers 3 maal tot 9 maal 12 gewichtsdeelen koolstof bevatten.

Onder al die suikers is er echter ééne, waaraan men meer bepaald denkt, wanneer het woord *suiker* wordt gebruikt. De suiker bij uitnemendheid is *saccharose* of *rietsuiker*, bij ons te lande het voorwerp van tweeërlei takken van nijverheid: van de beetwortelsuikerfabrieken, waar elk najaar de campagne wordt begonnen om uit het sap der suikerbieten de beetwortelsuiker af te zonderen, en van de suiker-raffinaderijen, waar ruwe rietsuiker uit de tropische gewesten en de opbrengst der beetwortelsuikerfabrieken worden geraffineerd en van waar fijn gekristalliseerde suikers van onderscheiden hoedanigheid en kandijkristallen in den handel worden gebracht. In andere Euro-

peesche landen wordt geen suiker van andere afkomst bewerkt dan in Nederland. Suikerriet en beetwortelsuiker zijn de planten, wier sappen de grootste hoeveelheid rietsuiker of saccharose bevatten; het sap van suikerriet (de bovenste armere stukken niet medegerekend) bevat 14 à 20 pct. suiker, terwijl de hoeveelheid daarvan in de suikerbiet 10 à 12 pct. bedragen kan.

In Noord-Amerika wordt ook uit het sap van den suiker-ahorn, uit dat van de maïsstengels en dat van *Sorghum saccharatum* rietsuiker gemaakt en in Oost-Indië wordt het sap, dat gedurende een bepaald gedeelte van het jaar in sommige palmen voorkomt, voor hetzelfde doel gebruikt. Hoewel de jaarlijksche opbrengst van de ahornsuiker en de palmsuiker in millioenen K.G. kan worden uitgeteld, zijn deze twee soorten voornamelijk van belang voor de streken, waar zij inheemsch zijn.

Maar behalve in de genoemde planten, die voor het winnen van suiker worden aangewend, zijn er tal van anderen, waarin deze stof aanwezig is. In de bladeren wordt zij gevormd; zoo heeft men wel op een K.G. bladeren van den wijnstok 16 G. rietsuiker gevonden. In den stengel hoopt zij zich op zooals in het suikerriet, in den ahorn, in de beuken enz., om in een later tijdperk van het leven als voorraad van voedsel te worden gebruikt. Tal van bloemen bevatten in de honigkliertjes of in het sap eene hoeveelheid rietsuiker, zooals de bloemen der Akelei, van de Fuchsia en van de Klaver; de paarsche of witte bloemetjes van een klaverveld worden daarom door de bijen bezocht en in de druivensuiker en vruchtensuiker van den honig vindt men later de bestanddeelen van de rietsuiker uit de bloemen terug.

In de meeste zoete vruchten komt deze rietsuiker voor, soms in vrij groote hoeveelheden. Noten en amandelen, vijgen, kastanjes, appelen, kersen en vele andere vruchten zijn suikerhoudend. Wanneer deze vruchten, hetgeen zeer dikwijls het geval is, een weinig zuur bevatten, wordt door de werking daarvan een gedeelte van de rietsuiker in andere soorten van suikers (in glucosen) omgezet; zoo is in ananas naast 11.33 pct. rietsuiker 1.98 pct. glucosen gevonden; in aardbeijen vond men de verhouding tusschen het gewicht van de vruchten en dat van de rietsuiker en de glucosen uitgedrukt in de getallen 6.33 pct. en 4.98 pct. voor de suikers, in abrikozen door de getallen 6.04 pct. en 2.74 pct., in rijpe bananen door de getallen 5.00 pct. en 10.00 pct.

Bij het noemen van de vruchten volgden wij het algemeen spraakgebruik en niet de regels, welke de plantkundigen daarvoor aangenomen hebben. Een plantkundige toch zou b.v. noten en amandelen geen vruchten maar zaden hebben genoemd. Vruchten heeten bij den plantkundige wel de peulen met de daarin aanwezige zaden en ook de doperwtten, zooals zij van de plant worden geplukt. Ook in sappige groene schillen van doperwtten komt rietsuiker voor.

Ook in tal van zaden, die niet alleen door plantkundigen maar ook door leeken zoo worden genoemd, ontbreekt rietsuiker of saccharose niet. E. SCHULZE en S. FRANKFURT meldden onlangs in de *Berichte der deutschen chem. Gesellschaft* XXVII, 62, dat zij deze stof hadden afgezonderd uit tarwekorrels, rogge, haver, boekweit, hennepzaad, uit de zaden van de zonnebloem, uit erwten, sojaboonen en uit koffieboonen. Reeds vroeger was door andere onderzoekers gemeld, dat in de zaden van tuinboonen, sla- en snijboonen, gerst, maïskorrels en aardnoten rietsuiker voorhanden was. Men mag dus veilig beweren, dat deze stof in zaden algemeen verbreid is. Bij hun onderzoek zochten SCHULZE en FRANKFURT haar te vergeefs alleen in de zaden van de gele lupine.

De zaden werden door hen met alcohol uitgetrokken. De rietsuiker ging daarbij in opgelosten toestand in dien alcohol over; uit deze oplossing werd zij als strontiaanverbinding neergeslagen en vervolgens werd het neerslag weder met koolzuur ontleed. Deze scheikundige werkingen beantwoorden geheel aan eenige werkingen, waarvan men zich bij de afzondering van de rietsuiker uit het sap der suikerbieten bedient. Dan moet dit sap met gebluschte kalk en water (met zogenoemde kalkmelk) worden gekookt; hierbij vormt zich eene kalkverbinding van suiker, gewoonlijk kalksuiker genoemd, die niet, zooals de strontiaanverbinding, in water onoplosbaar, maar die daarentegen in water oplosbaar is. Om de suiker, die hierbij verloren zou gaan, weder te gewinnen, wordt door de vloeistof, die suiker en kalksuiker opgelost houdt, een stroom van koolzuur gevoerd. Hiermede zet de oplosbare kalksuiker zich in oplosbare suiker en onoplosbare koolzure kalk om; de laatste laat men bezinken of zij wordt door filtratie van de suikeroplossing afgescheiden.

Dat SCHULZE en FRANKFURT inderdaad met rietsuiker te doen hadden, leerden zij niet alleen uit eene oppervlakkige waarneming van den kristalvorm en den zoeten smaak van de gezuiverde suikerkristallen, maar ook uit het draaiingsvermogen der oplossing in den polariscope en uit de verschijnselen, die de inwerking van scheikundige agentien

(resorcine en zoutzuur, invertine en Fehlings proefvocht) vertoonde.

In de onderzochte plantendeelen werden door de genoemde scheikundigen bijna altijd andere suikers naast de rietsuiker aangetroffen. In twee volgende mededeelingen in de *Berichte* spreken zij over *raffinose*, die door hen uit de kiemen van roggekorrels, en over eene *laevuline*, die uit de stengels der rogge werd afgezonderd. Raffinose komt ook in het beetwortelsap naast rietsuiker voor.

De roggeplant was niet vrij van rietsuiker.

Het feit, dat rietsuiker zelden of nooit de eenige suiker is, die de plant bevat, en dat zij daar van andere suikers is vergezeld, moet hieraan worden toegeschreven, dat zij zoo gemakkelijk voor omzetting vatbaar is. Voornamelijk in een mengsel van druivensuiker of glucose en vruchtensuiker of fructose gaat deze verandering zeer gemakkelijk; 19 gewichtsdeelen rietsuiker nemen 1 gewichtsdeel water in zich op en geven 20 gewichtsdeelen *invertsuiker*, een mengsel der twee andere, pas genoemde suikers, van elke evenveel.

De oorzaak van deze ontleding is niet altijd dezelfde. Wanneer een suikerhoudend vocht, van vruchten op suiker b.v., in gisting geraakt is, hebben de giscellen eerst een gedeelte der suiker in invertsuiker veranderd. Suikerwater, dat aan zich zelf overgelaten wordt, ondergaat die verandering ook langzamerhand; waarschijnlijk zijn er dan uit de lucht sporen van bacteriën in geraakt en hebben deze een gedeelte van de suiker doen veranderen.

Maar vooral voor de aanraking met zuren is de rietsuiker gevoelig. Bij de bewerking van het sap der suikerbiet en het suikerriet in de fabrieken neemt men tal van voorzorgen om het ontstaan van *invertsuiker* te verhinderen. De campagne duurt slechts eenige maanden; de ingekuilde beetwortelen moeten toch zoo spoedig mogelijk worden verwerkt, omdat anders in de wortelen aanwezige zuren de hoeveelheid rietsuiker doen achteruitgaan. Zoo spoedig men het sap heeft, wordt het met kalk gekookt; niet alleen de suiker, maar ook de zuren toch zijn uit het riet geperst of door lauw water uit de beetwortelen uitgetrokken; wanneer men nu met kalkmelk kookt, heft deze de nadeelige werking der aanwezige zuren op. De omzetting toch van rietsuiker in het mengsel van druivensuiker en vruchtensuiker is een bron van verlies voor den fabrikant; de vruchtensuiker is te gemakkelijk in water oplosbaar en kristalliseert daarom niet, en de druivensuiker, die nog wel kristalliseert, is veel minder zoet. Een ander voorbeeld van de bedoelde omzetting van rietsuiker kan

men in huis waarnemen aan limonade, die versuikert; het citroenzuur doet dan uit de rietsuiker de beide andere suikers ontstaan, waarvan de druivensuiker zich in den vorm van kleine kristallen afzet.

Nu bevatten zeer vele vruchten en andere plantendeelen zuren; komen deze naast rietsuiker daarin voor, dan zal de laatste de gevolgen daarvan ondervinden. Het druivensap bevat wijnsteenzuur; al mogen nu in de bladeren van den wijnstok vrij groote hoeveelheden rietsuiker voorhanden zijn en misschien als zoodanig door de takken heen naar de druiven worden verplaatst, in die druiven zal de vorming van *invertsuiker* geschieden. Dat iets dergelijks ook in andere planten geschiedt, leeren ook de bovengenoemde cijfers voor de hoeveelheden rietsuiker en invertsuiker in aardbeziën, abrikozen, ananas en rijpe bananen. Ook in het sap van het suikerriet, van de suikerbieten en van *Sorghum saccharatum* vindt men naast de rietsuiker de bestanddeelen van *invertsuiker* aanwezig.

Evenals rietsuiker, komen tal van suikerachtige stoffen in planten voor. Uit twee groepen daarvan worden voorbeelden genoemd, waarvan het aantal gemakkelijk kan worden vermeerderd, b.v. met de *sorbose* uit de vogelbessen, de *crocose* of de *saffraansuiker*, de *trehalose* die in verscheidene paddestoelen aanwezig is enz. En naast deze groepen bestaan er andere, die, den naam suikers niet dragende, toch met deze in een zeer nauw verband staan: *manniet* (in het sap van den Manna-Esch), *dulciet* (in den Papenmuts en in *Melampyrum nemorosum*) en *perseït* (in de bladeren, vruchten en zaadkorrels van een bepaald soort laurier), die door de scheikundigen als *alkoholen* worden beschouwd; *zetmeel* (in boonen, in aardappelen, in sago, arrowroot, granen), *glycogeen* (in truffels), *lichenine* (in ijslandsch mos), die in samenstelling nog meer van druivensuiker verschillen dan rietsuiker, zoodat zij meer water noodig hebben dan deze om in druivensuiker te kunnen veranderen; eindelijk eene groote groep van *glucosiden*, waartoe o. a. de *amygdaline* van de bittere amandelen, de *salicine* uit de wilgenbast en het *ruberythrinezuur* uit de meekrapwortels behooren.

Alleen uit de aanwezigheid van dit groot aantal stoffen in de plant zou men reeds het besluit mogen trekken, dat zij voor het leven der plant van zeer groot belang zijn. In enkele trekken wenschen wij hierop nader te wijzen, wat rietsuiker aangaat.

Het eerst vragen daarom de groene bladeren der planten onze aandacht. Door de huidmondjes dringt het koolzuur uit de lucht in het weefsel der plant naar binnen, om er eene belangrijke verandering

te ondergaan. Aan die verandering neemt ook het in de bladeren aanwezige water deel, dat door de wortelvezelen uit den grond opgenomen tot vervoer van andere voedingsstoffen heeft gediend en waarvan de overmaat door de huidmondjes heen als waterdamp zijn weg vindt naar den dampkring. Een gedeelte van het koolzuur en den waterdamp komt in de bladgroenkorreltjes terecht; zijn de bladeren jong en krachtig en worden zij door het zonlicht beschenen, dan worden koolzuur en waterdamp zóódanig veranderd, dat een gedeelte van hun gewicht terug wordt gevonden in het gewicht van de zuurstof, waarmede de plant de lucht verrijkt. Hetgeen koolzuur en waterdamp te zamen meer wegen dan deze uitgeademde zuurstof, blijft in de plant terug en doet daar zetmeel, rietsuiker en andere stoffen van dien aard ontstaan.

Welke van deze stoffen nu de eerste is, die door het zoogenaamd *assimilatieproces* uit koolzuur en water wordt gevormd? Of de eerste stof, die gezien wordt, namelijk het zetmeel, dat weldra in tal van korreltjes in de bladgroenkorreltjes zich vertoont, ook inderdaad de eerste stof is, die koolzuur + waterdamp — zuurstof moet vertegenwoordigen? Dit is niet waarschijnlijk.

Wanneer de scheikundigen de rekening opmaken en vragen welke bekende stoffen juist die samenstelling hebben, zoodat zij uit het koolzuur en den waterdamp verminderd met de zuurstof zouden kunnen ontstaan, dan vinden zij als de eenvoudigste stof een gas, dat den naam *formaldehyd* draagt. Maar dezelfde procentische samenstelling bezitten alle suikers van de groep, waartoe druivensuiker behoort; eene eenvoudige verdichting van formaldehyd zou de oorzaak van de vorming van deze suikers kunnen zijn. En dat rietsuiker betrekkelijk weinig van die druivensuiker verschilt, dat zij iets minder bevat van de bestanddeelen, die in andere gevallen water kunnen vormen, leerde de mededeeling op bladz. 190, dat rietsuiker met water vereenigd een mengsel van druivensuiker en vruchtensuiker kan opleveren.

Ook het zetmeel, het eerste zichtbare voortbrengsel van de assimilatie in het bladgroen, hetwelk de botanicus met behulp van zijn mikroskoop in de bladeren van proefplanten vindt, zeer korten tijd, nadat zij uit het donker in het zonlicht zijn overgebracht, verschilt van metaldehyd en van de daarmede volkomen gelijk samengestelde druivensuikers in denzelfden zin als rietsuiker. In denzelfden zin maar iets grooter is het onderscheid; immers terwijl 19 gram rietsuiker 1 gram water behoeven om 20 gram *invertsuiker* te geven, is dit

eene gram water noodig om 9 gram zetmeel in 10 gram druivensuiker te doen overgaan.

Mogen wij in korte woorden herhalen, welke voorstelling men in hoofdtrekken van de scheikundige werkingen van het assimilatieproces in het bladgroen heeft? Uit 22 gewichtsdeelen koolzuur en 9 gewichtsdeelen water ontstaan 15 gewichtsdeelen formaldehyd, terwijl 16 gewichtsdeelen zuurstof door de plant worden uitgeademd. Het gevormde formaldehyd gaat allengs over in even groote hoeveelheden suikerachtige stoffen van de groep, waartoe druivensuiker behoort. Misschien verbindt zich een deel van dit formaldehyd of van de daaruit ontstane suikers met meer van het door de plant ingeademde koolzuur, terwijl dan zuurstof wordt uitgeademd; in dit geval zouden stoffen ontstaan, voor wier vorming naar evenredigheid minder water is gebruikt, dan voor formaldehyd en druivensuiker noodig zou zijn, b. v. rietsuiker en zetmeel.

Dit vermoeden berust slechts ten deele op proeven; eenige jaren geleden is LOEW er in geslaagd uit oplossingen van het gasvormige formaldehyd in water suikers uit de groep van druivensuiker te verkrijgen; ook bij deze proeven was het gewicht der gevormde suikers gelijk aan dat van het verdwenen formaldehyd. LOEW noemde die suiker *formose*; E. FISCHER, boven alle anderen de scheikundige van de suikers, heeft later aangetoond, dat LOEW'S *formose* niet ééne suiker maar een mengsel van suikers is. LOEW'S ontdekking verliest daarmede niets van haar waarde.

Dit is hetgeen men omtrent het eerste ontstaan van rietsuiker in de planten weet en vermoedt.

Als gemakkelijk oplosbare stof heeft zij voor het leven der plant groot belang. Immers terwijl in de bladeren alles wordt gevormd wat voor de organische bestanddeelen noodig is, moet dit uit de bladeren naar de overige organen worden vervoerd. En voor dit vervoer zijn alleen in water opgeloste stoffen geschikt. De knollen der aardappelen mogen rijk aan zetmeelkorrels zijn en het zetmeel hiervan in het loof zijn gevormd, alleen in de eene of andere oplosbare stof omgezet kunnen de bestanddeelen van het zetmeel den weg van het loof naar de knollen hebben afgelegd. Dit geldt voor alle planten, waarin zich ergens zetmeel ophoopt, en dat rietsuiker tot die oplosbare stoffen behoort, mag met het oog op haar algemeene verspreiding veilig worden aangenomen.

En later wanneer de plant voor haar onderhoud den voorraad van

gevormde voedingsstoffen verbruikt, speelt de rietsuiker als oplosbare stof daarbij weder een belangrijke rol. In sommige planten is zij zelf die stof, waaruit de voorraad bestaat. De suikerbiet is eene tweejarige plant; in het eerste jaar vormt zich de suiker en hoopt zij zich in het sap der suikercellen op; in het tweede jaar, wanneer de bloeitijd aanbreekt en het zaad zal ontstaan, geraakt de plant uitgeput ten koste van haar nakomelingschap, die zich uit het zaad zal ontwikkelen. Voordat het zoo ver is, komt de mensch tusschenbeiden en maakt hij zich ten nutte, hetgeen de plant in het tijdperk van haar opkomst en kracht had overgespaard.

In andere planten, die voor de bereiding van rietsuiker worden gebruikt, was deze ook als voorraadstof voorhanden. In vele andere planten dienen anderen stoffen voor hetzelfde doel, doch wanneer eene onoplosbare stof b. v. zetmeel aanwezig is, zal deze voordat zij kan worden gebruikt, eerst in oplosbare stoffen moeten worden omgezet. Tal van bovengenoemde zaden, rogge, tarwe enz., worden ook door den mensch wegens het zetmeel, dat zij bevatten, als voedsel gebruikt; dat deze zaden kleine hoeveelheden rietsuiker bevatten, moet hoogstwaarschijnlijk aan de langzame vorming van deze oplosbare stof uit het onoplosbare zetmeel worden toegeschreven.