

## UIT HOUT VERVAARDIGDE NIEUWE MATERIALEN

(4e vervolg)

door

Dr. J. R. BEVERSLUIS.

### C. *Versuikering van hout*<sup>1)</sup> (*Hydrolyse van hout*). *Bereiding van spiritus en voedergist.*

Een interessante, nog zeer jonge, toepassing van de scheikundige verwerking van hout is de versuikering.

Zooals in de inleiding voor Hoofdstuk III, Chemische verwerking van het hout, reeds opgemerkt werd, werken sterke zuren op de koolhydraten van het hout (de cellulose en de begeleidende koolhydraten) dusdanig in, dat deze gehydrolyseerd worden tot suikers (monosacchariden).

Reeds meer dan honderd jaren kende men deze omzetting, doch het is nog slechts enkele jaren geleden, dat men er in geslaagd is dit proces tot technische en economische toepasbaarheid te brengen.

Bij deze hydrolyse valt het cellulosemolecuul uiteen, en wordt uit de glucose-resten die het samenstelden, onder opneming van water, druivensuiker (d-glucose) gevormd. Op overeenkomstige wijze worden de begeleidende koolhydraten omgezet in andere monosacchariden, zooals mannose, galactose, fructose (allen hexosen) en xylose (een pentose).

\* \* \*

Het zal goed zijn reeds hier direct op te merken, dat deze verwerking van hout niet haar einddoel vindt in de vervaardigde suikers. De suikers dienen als grondstof voor de vergisting tot spiritus (aethyl-alcohol), en als goedkope voedingsstof voor het kweken van gistsoorten die een eiwitrijk veevoeder zijn (voedergist), zooals nader beschreven zal worden.

\* \* \*

De groote beteekenis van deze toepassing van hout is gelegen in het feit, dat hiervoor uitsluitend afvalhout gebruikt kan worden: alle houtafval, zaagsel, schaafrullen, takken, stobben. Zelfs ontschorsen van het ruwe hout is niet noodig.

\* \* \*

<sup>1)</sup> Zie o.a.: Trendelenburg. Das Holz als Rohstoff (1939). Luers. Der heutige Stand der Holzverzuckerung. (In: Holz als Roh- und Werkstoff, 1e jrg., Heft 1/2, 1937). Lechner. Die Entwicklung der Holzhefeherstellung. (In: Holz als Roh- und Werkstoff, 1e jrg., Heft 15, 1938).

Twee procédés vinden thans technische toepassing: <sup>1)</sup>

1. *Het Bergius-Rheinau procédé.*

Aan de ontwikkeling van dit procédé zijn de namen van vele onderzoekers verbonden. In het bijzonder de naam Hägglund dient genoemd te worden (1916). Door Bergius werd tenslotte de technische toepasbaarheid bewezen in een groote proefinstallatie in practisch bedrijf in Mannheim-Rheinau. (1932—1933). Een tweede bedrijf is sinds 1938 gevestigd in Regensburg.

Het te verwerken hout moet zeer klein gemaakt worden (de groote der stukjes moet liggen tusschen die van de spanen voor de chemische cellulose-bereiding en van zaagsel), en het moet gedroogd worden tot ongeveer 6 % vochtgehalte. Het kan tot een hoeveelheid van ongeveer 25 % met zaagsel vermengd worden.

De houtmassa wordt in zuurbestendige diffusievaten, onder normale druk, en bij gewone temperatuur, blootgesteld aan de inwerking van sterk zoutzuur van 40 %. Hierdoor worden de koolhydraten omgezet in suikers. De oplossing wordt vervolgens in een verdampings-installatie ingedikt tot een dikke stroop, waarin het zoutzuurgehalte nog slechts 7 tot 9 % bedraagt. Deze stroop wordt tenslotte in een verstuivingsinrichting met heete lucht gedroogd, met als resultaat dat in het droge product nog slechts 1 tot 2 % zoutzuur aanwezig is. In het verloop van het proces, in het bijzonder bij het verdampen en het drogen, worden de oorspronkelijk gevormde suikers weer omgezet in laagpolymere koolhydraten. Met het oog op de verdere verwerking (spiritus, voedergist) wordt deze koolhydraat-massa door een nieuwe, korte, hydrolyse bij 125° C., en onder druk, weder omgezet in de oorspronkelijke suikers. Voor deze hydrolyse is het in de massa aanwezige eigen gehalte van 1—2 % zoutzuur voldoende.

Het hierbij gevormde mengsel van suikers heeft, bij verwerking van vurenhout, volgens Hägglund de volgende samenstelling: de hexosen: glucose 61,9 %, mannose 24,7 %, galactose 4 %, fructose 1,4 %, en de pentose: xylose 8,0 %.

Bij de bereiding bedraagt het rendement bijna het theore-

<sup>1)</sup> Een derde is sinds kort in Italië ontwikkeld: het Giordani-Leone procédé.

Aan de grondstof worden de begeleidende koolhydraten, de aetherische oliën, de looistoffen, enz., onttrokken, zoodat uitsluitend cellulose en lignine overblijven. Deze massa wordt bij gewone temperatuur blootgesteld aan de hydrolyse door geconcentreerd zwavelzuur (80 %).

Overigens kan hiermede elke cellulose-bevattende stof verwerkt worden, zooals bijv. houtmeel, stroo, enz.

De opbrengst van het procédé is als volgt: uit 100 kg droog hout totaal 60 kg suikers, waarvan 48 kg vergistbare, en hieruit 30 l alcohol.

tisch mogelijke, namelijk bijv. bij naaldhout ongeveer 66 % van het gewicht aan droog hout.

Ter besparing van kosten is het begrijpelijkerwijze noodzakelijk het zoutzuur weder terug te winnen.

Het rendement van het procédé is: uit 100 kg droog hout totaal 66 kg suikers, waarvan 50 kg vergistbare.

Uit de ruwe suiker van dit procédé wordt ook door herhaalde omkristallisatie zuivere gekristalliseerde druivensuiker (glucose) gewonnen. Het rendement hierbij is: 20 kg glucose uit 100 kg droog hout. De overblijvende suikers worden verder verwerkt op alcohol of voedergist.

De zoeven genoemde poedervormige koolhydraatmassa, die als eerste product ontstaat, en welke dus nog 1—2 % zoutzuur bevat, kan na neutralisatie met kalk blijkens voederingsproeven uitstekend gebruikt worden als veevoeder (o.a. voor het mesten van varkens). Daar er echter aan koolhydraat-houdende veevoederstoffen geen behoefte is, vindt deze mogelijkheid geen praktische toepassing.

## 2. Het Scholler-Tornesch procédé.

Dit procédé werd door Scholler in de jaren 1922/23 aan de Technische hoogeschool in Munchen ontwikkeld, en in Tornesch bij Hamburg in een proefinstallatie langdurig practisch beproefd (1928—1934).

Thans is er bovendien sinds 1936 in Dessau een groot bedrijf, en sinds 1937 staat er in Holzminden (in het Wezergebied) een fabriek die het in die streek rijkelijk aanwezige beukenhout verwerkt. (De beide andere bedrijven verwerken vurenhout).

Bij dit procédé worden aan het hout in het geheel geen eischen gesteld, noch wat grootte, noch wat vochtgehalte betreft. Men kan ook uitsluitend zaagsel en schaafkrullen gebruiken.

Dit procédé werkt met zeer verdund zwavelzuur, van ongeveer 0,4 % sterkte. In perkolatoren (hooge, op druk berekende, cylinders van staalblik, van binnen met vuurvasten steen bemetseld, met een inhoud van 50 m<sup>3</sup>) wordt bij ongeveer 170 ° C., van boven af het verdunde zuur onder een druk van 10 atm. door de houtmassa geperst. Het resultaat van deze hydrolyse is een oplossing, waarin de suikers tot een gehalte van 4 % aanwezig zijn. Deze oplossing is na neutralisatie en filtratie onmiddellijk, of na indikking, bruikbaar voor de verdere verwerking (spiritus, voedergist).

Bij deze bereiding bedraagt het rendement ongeveer 75—80 % van het theoretisch mogelijke. Dit verlies van 20—25 % vindt zijn oorzaak in het feit dat bij het werken met verdund zuur onvermijdelijk ook omzetting van de gevormde suikers plaats vindt. Het is juist het speciale van het Scholler-patent dat door snelle afkoeling en verdere

behandeling van de afvloeiende oplossing dit verlies zoo klein mogelijk blijft.

Het spreekt vanzelf, dat bij dit procédé terugwinning van het zoutzuur niet plaatsvindt.

Het rendement van het procédé is : uit 100 kg droog hout totaal 53 kg suikers, waarvan 40 kg vergistbare.

\* \* \*

Zooals hiervóór reeds gezegd werd, zijn de suikers niet het einddoel van de bereiding, doch worden deze dienstig gemaakt aan de productie van spiritus (aethylalcohol) en van voedergist, welke beide bereidingen thans in het kort aangegeven zullen worden.

Voor de *spiritus-bereiding* worden de suikers onderworpen aan het proces van de alcohol-gisting, waarbij alleen de hexosen vergist worden ; de pentosen zijn voor deze gisting niet vatbaar.

De 4 % suikers bevattende vloeistof die het Scholler-procédé oplevert, is direct bruikbaar voor deze vergisting, hoewel zij op zichzelf niet in alle opzichten gunstige voorwaarden levert. Door de drukperkolatie worden namelijk ook enkele andere in het hout aanwezige stoffen, zooals harsen en looistoffen, gehydroliseerd. En hoewel een groot deel dezer producten bij de bewerkingen na de perkolatie wegens hun vluchtigheid verdwijnt, blijft er toch een deel over dat vergif voor de gist is. Echter bleek de gist zich in verloop van tijd uitstekend aan deze omstandigheden aangepast te hebben, zoodat men thans een bijzonder vlot verloopend gistingsproces heeft, dat niet, zooals voorheen, eenige dagen, doch slechts eenige uren eischt.

De suikers van het Bergius-procédé zijn niet verontreinigd door voor gist schadelijke omzettingsproducten van andere bestanddeelen van het hout, en kunnen derhalve zelfs in hooge concentraties zonder eenig bezwaar uitstekend vergist worden tot alcohol.

De productie van deze alcohol is belangrijk, omdat de prijs ervan lager is dan die van aardappelspiritus. De houtsuikerspiritus kan dus op de verwerking van aardappelen tot dit doel besparen. Bovendien kan zij (evenals de sulfietspiritus) in de benzine bijgemengd worden, en op het gebruik van deze laatste uitsparen.

Het rendement van deze bereiding is : uit 100 kg droog hout via het Bergius-procédé 30 liter alcohol.

via het Scholler-procédé 24 liter alcohol.

De *bereiding van voedergist* is een proces van biologische eiwitsynthese, en de uit hout vervaardigde suikers dienen hierbij als goedkoope voedingsstof, die de koolstof levert, welke noodig is voor den groei en de vermeerdering van de gistcellen.

Deze biologische eiwitsynthese vindt plaats met in het

bijzonder voor dit proces geschikte gistsoorten (o.a. *Torula utilis*), waarbij het mogelijk bleek het gistingsproces zoodanig te laten verlopen, dat de vorming van alcohol slechts in uiterst geringe mate plaatsvindt, en bijna alle energie zich uit in de vorming van gistcellen-substantie.

De gistbacteriën nemen de voor hun groei benodigde stikstof uit de lucht op. De gistsubstantie bestaat uit: 1. stikstofhoudende stoffen, in het bijzonder eiwitstoffen, gezamenlijk aangeduid als ruwe proteïne; 2. stikstofvrije bestanddeelen, hoofdzakelijk van den aard van koolhydraten, alsmede geringe hoeveelheden vet; 3. aschbestanddeelen. Het ruwe proteïne-gehalte van de gistcellen-substantie maakt ongeveer 50—60 % uit.

De houtsuiker-voedergist is een waardevol product. Zij staat voedings-physiologisch beoordeeld tusschen het plantaardige en het dierlijke eiwit in. Het vitaminen-gehalte ervan is hooger dan van de met organische stikstof gekweekte gist. Voedings-technisch bezien heeft de houtsuiker-voedergist een voedingsstoffen-verhouding (verteerbaar eiwit in verhouding tot zetmeelwaarde) van 1 : 1,6; zij is dus een zeer geconcentreerd eiwit-voedermiddel. Zij kan op een lijn geplaatst worden met biergist en sojaboonen-extractieresidu.

Wat betreft de geproduceerde hoeveelheid ruwe proteïne per bepaalde hoeveelheid vergistbare suikers, bestaat er tusschen de suikers van de beide procédés praktisch geen verschil.

Uit onderzoekingen is gebleken, dat voor deze synthese ook andere verbindingen, als koolstof-leveranciers kunnen dienen, o.a. azijnzuur, hetgeen van belang is, omdat dit bij het versuikerings-procédé eveneens gevormd wordt.

Sinds 1935/36 vindt thans de bereiding van voedergist in technisch bedrijf plaats.

Als algemeen cijfer voor het rendement kan gelden dat, betrokken op het gewicht van de verbruikte hoeveelheid vergistbare suikers, verkregen worden: per 100 kg: 48 kg droge gistsubstantie, waarvan ruim de helft, namelijk 28 kg ruwe proteïne is.

Betrokken op het hout verkrijgt men de volgende resultaten: uit 100 kg droog hout:

via het Bergius-procédé 30 kg droge gist,  
d.i. 17 kg ruwe proteïne;  
via het Scholler-procédé 21 kg droge gist,  
d.i. 12 kg ruwe proteïne.

\* \* \*

De beide houtversuikerings-procédés zijn slechts rendabel toe te passen in grootbedrijf, met een dagelijksche verwerking van minstens 50—80 ton droog hout (welke hoeveel-

heid, om de gedachten te bepalen, overeenkomt met minstens 100—160 sm beukenhout dagelijks).

Dit vindt zijn oorzaak niet zoozeer in het versuikeringsproces als zoodanig, doch vloeit voort uit de grootte van de benodigde installaties voor de vergisting en de voedergistbereiding.

Deze hooge eisch aan dagelijks te verwerken hoeveelheid is een bezwarende factor, daar zulke massa's afvalhout natuurlijk slechts zelden op een plaats beschikbaar zijn, en dus aanvoer uit ruimeren omtrek noodzakelijk is.

Men is daarom ook zoekende naar procédés die ook bij een kleinere dagcapaciteit rendabel bedrijf mogelijk maken.

\* \* \*

De totale productie volgens het Scholler-procédé bedroeg in 1937 ongeveer 10.000 ton suiker in oplossing. Hieruit zou ongeveer 50.000 hl alcohol te maken zijn. De jaarproductie volgens het Bergius-procédé is iets kleiner. Door de nieuwe fabrieken is de jaarproductie thans waarschijnlijk wel 3 × of 4 × zoo groot.

Bij de versuikerings-procédés ontstaan afvalproducten en bij-producten, waarvoor men natuurlijk ook toepassingen tracht te vinden.

De lignine maakt van deze afvalproducten de grootste hoeveelheid uit, bij naaldhout 30—33 %, bij loofhout 20—25 % van het gewicht. De vorm waarin zij achterblijft is veel gunstiger dan het geval is bij de scheikundige cellulose-bereiding. Zij kan onmiddellijk uitstekend gebruikt worden als brandstof in het eigen bedrijf: vochtig heeft zij ongeveer dezelfde verbrandingswaarde als bruinkool; droog bedraagt deze 6000 cal/kg. Verder kan het tot kunstharsen geperst worden, en biedt het mogelijkheden tot scheikundige verwerking (bijv. looistoffen).

Vervolgens is het van belang een toepassing te vinden voor de versuikeringsproducten van de pentosanen die in het bijzonder in loofhout, met name bijv. in het beukenhout in een hoeveelheid van ongeveer 20 % van het droge houtgewicht, aanwezig zijn. Het versuikeringsproduct hiervan, voornamelijk xylose, wordt als pentose, zooals reeds opgemerkt werd, niet aangetast door de alcoholgisting. Men zou deze aan de voeding van suikerzieken dienstbaar kunnen maken, of men kan ze omzetten in furfurol, een van de materialen die gebruikt worden voor de bereiding van kunstharsen.

Bij de verwerking van verschillende houtsoorten zijn overigens nog andere bijproducten mogelijk. Zoo kan bij grenenhout uit de afvalvloeistof hars gewonnen worden tot een hoeveelheid van 3—4 % van het droge houtgewicht. Zoo komen bij eik en tamme kastanje looistoffen ter beschikking.

\* \* \*

De uitkomsten van de versuikering loopen voor de verschillende houtsoorten uiteen. Toch zal het nuttig zijn in een overzicht als algemeen beeld de gemiddelde uitkomsten bijeen te plaatsen :

OPBRENGSTCIJFERS  
per 100 kg droog hout.

| Procédé  | Totaal<br>suikers<br>kg | Waarvan<br>vergistbare<br>suikers<br>kg | Hieruit<br>alcohol<br>l | of: droge gist<br>(met ruim 50%<br>eiwitgehalte)<br>kg | Zuivere<br>druiven-<br>suiker<br>kg | Lignine als afval |                |
|----------|-------------------------|---|-------------------------|--|-------------------------------------|-------------------|----------------|
|          |                         |   |                         |  |                                     | Naaldhout<br>kg   | Loofhout<br>kg |
| Bergius  | 66                      | 50                                      | 30                      | 30   | 20 *)                               | 30—33             | 20—25          |
| Scholler | 53                      | 40                                      | 24                      | 21   | —                                   | 30—33             | 20—25          |

\*) (Bovendien nog alcohol en/of voedergist).

\* \* \*

Vermelding verdient tenslotte, dat *gemalen cellulose, cel-  
lulosemeel*, blijkens recente onderzoekingen (eind 1937)  
(R u h l e m a n n, Dresden), tot 80 % door dieren verteerd  
wordt.

Zaagsel en ander afval van hout kan aldus, ook zonder  
den omweg der hydrolyse, op indirecte wijze dienstbaar ge-  
maakt worden aan de menselijke voeding.





Pantserhout 61.  
 Papierbereiding 61. 207.  
 Papiergaren 261.  
 Papier maché 260.  
 Pauly-zijde 209.  
 Pegamoid 256.  
 Pentosanen 101.  
 Pergamyn 208.  
 Perkamentpapier 208.  
 Perkamentsurrogaten 208.  
 Pertinax 261.  
 Plantaardig perkament 208.  
 Plastificatoren 256. 257.  
 Plastisch hout 63.  
 Pyroxyline 255.  
  
 Rhodia 211. 257.  
 Röntgenfilm 258.  
 Rookloos kruit 256.  
  
 Salpeterzuur-procédé 108.  
 Schietkatoen 255.  
 Scholler-Tornesch procédé 318.  
 Smalfilm 258.  
 Soda-procédé 106.  
 Spiritus uit hout 316. 319.  
 Springgelatine 256.  
 Stapel 210. 211. 212.  
 Stapelvezel 210. 211. 257.

Suikers uit hout 316. 317. 318.  
 Sulfaatprocédé 106.  
 Sulfietsprocédé 104.  
  
 Textilosegaren 261.  
 Transpariet 210. 213.  
 Travis 210.  
 Triplex 57.  
 Troliet F. 256.  
 Troliet W. 259.  
 Trolitax 261.  
  
 Verkiezeld hout 60.  
 Versuikering van hout 316. 317. 318.  
 Viscose 210.  
 Viscose-sponsen 210. 213.  
 Viscose-zijde 210.  
 Vistra 210.  
 Voedergist uit hout 316. 319.  
 Vohliet 207.  
 Vormbare materialen 63. 207. 256.  
 259. 260. 261.  
  
 Wol (natuurwol) 210.  
  
 Xyilaan 101.  
  
 Zijde (Natuur-) 209 (noot).  
 „ (Kunst-) zie onder K.  
 „ (zijderups-) 209 (noot).