

Uit andere bladen

Het Financieele Dagblad 15 juli 1975

Verwerking cellulose tot energie, kunststoffen en voedsel is mogelijk

Cellulose is een polymere suiker, evenals zetmeel. Zoals zetmeel bestaat het uit een aaneenschakeling van eenheden van de biologisch belangrijke suiker glucose. De manier waarop de glucose-eenheden aan elkaar gekoppeld zijn verschilt voor cellulose en zetmeel, wat ook het chemische verschil tussen deze stoffen uitmaakt. Zetmeel dient in planten en sommige micro-organismen als voedselopslag, cellulose als structuurmateriaal dat voornamelijk in hun celwanden voorkomt. Omdat maar weinig organismen het enzym cellulose (dat cellulose tot glucose kan afbreken) bezitten kan het maar door weinig organismes als voedsel worden gebruikt. Ook de mens mist cellulose en heeft dus niets aan cellulose als voedsel.

Cellulose is het in de natuur meest voorkomende organische materiaal. De belangrijkste industriële toepassingen van cellulose zijn momenteel de papierindustrie en de produktie van sommige kunststoffen als celluloseharsen en -lakken. Ook zit het veel verwerkt in kleding; katoen bijvoorbeeld bestaat voor bijna 100% uit cellulose. Als energiebron dient cellulose eigenlijk alleen maar daar waar hout als brandstof wordt gebruikt. Zowel agrarische als industriële maatschappijen produceren veel celluloserijk afval.

Verbruik

De voor de papierindustrie benodigde cellulose komt hoofdzakelijk uit hout, dat meestal afkomstig is uit natuurlijke wouden die doorgaans gekapt worden in een tempo waarmee het opnieuw beplanten geen gelijke tred houdt. Behalve hout is echter ander celluloserijk plantenmateriaal te gebruiken om papier te maken.

Amerikaanse plantkundigen hebben in dit verband gewezen op diverse grassen en rietsoorten die veel voorkomen in kust- en meer landinwaarts gelegen moerassen. Deze soorten zouden op speciale "pulp boerderijen" vrij eenvoudig gekweekt moeten kunnen worden. Inderdaad zijn enkele papierfabrikanten in het zuiden van de Verenigde Staten onlangs overgegaan tot het aanleggen van pulp-akkers om hiermee voor een deel in hun cellulosebehoefte te voorzien. Men gebruikt echter geen gras- of rietsoorten, maar *Hybiscus*.

Het na graanoogsten achterblijvende stro is eveneens celluloserijk en kan in de papierindustrie gebruikt worden. In sommige landen rond de Middellandse Zee wordt nu al enige tijd uitgegaan van dit stro voor de papierindustrie. De hierdoor optredende daling van de cellulose-import is een kleine oppepper

voor hun niet altijd even rooskleurige economieën.

In de meeste landen wordt dit stro echter nog steeds als afval verbrand. Zo ook in Engeland, waar in 1973 ongeveer 5 mln ton stro verbrand werd. De botanicus professor J. Heslop-Harrison rekent in zijn beschouwing over cellulose-economie in de *New Scientist* (vol. 65, pag. 266) voor dat hierdoor een hoeveelheid energie verspild is die 25% groter is dan de totale hoeveelheid energie die er in de hele Britse landbouw in dat jaar aan aardolieprodukten is ingestopt. Een voorbeeld, vindt Harrison, van de vreemde en verspillende manier waarop er in de wereld met cellulosevoorraden wordt omgesprongen. Cellulose, wordt steeds meer gerealiseerd, moet als een belangrijke energiedrager en grondstof worden beschouwd, omdat het een produkt is van de in planten optredende fotosynthese.

Energie

Fotosynthese is het proces waarmee groene planten uit laagenergetisch anorganisch materiaal (meestal koolzuurgas en water) hoogenergetische organische verbindingen maken. Hiervoor hebben ze de energie van het zonlicht nodig. In deze hoogenergetische organische verbindingen - zoals cellulose - is dus de zonne-energie vastgelegd als chemische energie. Steenkool en aardolie zijn fossielen van fotosynthese uit een ver verleden.

Op het onlangs in New York gehouden symposium "Biochemical and Photosynthetic Aspects of Energy Conversion" georganiseerd door de American Association for the Advancement of Science (AAAS) werden mogelijkheden besproken om de fotosynthese te gebruiken voor het verkrijgen van zonne-energie.

De agrarische industrie is de enige industrie die de fotosynthese gebruikt. Het rendement waarmee zonlicht door planten wordt omgezet in chemische energie is erg laag, gemiddeld minder dan 1%. Door in kassen echter de hoeveelheid koolzuurgas te verhogen kan een hogere efficiëntie worden bereikt.

In de *New Scientist* (vol. 65 pag. 572) belicht Graham Chedd de belangrijkste berichten van het AAAS-symposium.

Clinton Kemp, van de Inter-Technology Corporation (ITC) somde de eigenschappen op die een bruikbare nieuwe brandstof moet bezitten: in staat energie op te slaan voor gebruik wanneer dit nodig mocht zijn, steeds te vernieuwen, ecologisch niet gevaarlijk, in te passen in bestaande technologieën, in ruime mate beschikbaar, acceptabel geprijsd en geen potentiële gevaren in zich dragend. De oplossing, aldus Kemp, zijn energie-akkers beplant met meerjarige houtgewassen die gerooïd kunnen worden al naar er vraag is en waarvan de achtergebleven stomp zelf weer uitlopen en aangroeien, zodat er niet steeds opnieuw geplant hoeft te worden.

Op proefgebieden van de ITC wordt geëxperimen-

teerd met populierhybrides. De kosten voor 1 mln BTU (BTU is British Thermal Unit, een eenheid van energie; 1 BTU = plm. 1055 joule) schommelen daar tussen \$ 1,25 en \$ 11,45; tegen \$ 1,97 per 1 mln BTU voor aardolie. Deze getallen hangen natuurlijk sterk af van de efficiency waarmee de planten de zonne-energie omzetten (in dit geval 0,6%). Kemp verwacht dat om op die manier brandstof te leveren aan alle Amerikaanse krachtcentrales hoogstens 64 mln hectare marginale grond nodig zal zijn, wat maar een derde bedraagt van de hoeveelheid land die volgens ITC in de Verenigde Staten voor energieplantages bruikbaar is. Een van de manieren waarop deze energie bruikbaar gemaakt kan worden zou zijn de geogste cellulose om te zetten in methaan.

Dr. James Bassham, van het Berkeley Laboratorium voor chemische biodynamica stelde voor om klaver te verbouwen in koolzuurgasrijke kassen in de woestijnen in het zuidwesten der Verenigde Staten. De efficiency waarmee zonlicht in chemische energie wordt omgezet zal dan ongeveer 1,5% zijn. Bassham koos voor klaver omdat onderzoekers van het Amerikaanse Department of Agriculture een manier hadden ontwikkeld om uit klaverblaadjes eiwit te extraheren dat geschikt is voor menselijke consumptie. Wanneer deze methode geperfectioneerd is moet het mogelijk zijn al het voor de voeding geschikte eiwit uit de klaverplanten te halen, waardoor een celluloserijk produkt achterblijft. Bassham was zich ervan bewust dat het nog lang niet zeker is dat zijn plan economisch haalbaar is; maar het voordeel ervan, zo benadrukte hij, is in ieder geval dat zowel voedsel als energie wordt gekweekt op grond die voor gewone akkerbouw ongeschikt is.

Aan de US Army Natick Laboratories in Massachusetts maken dr. Leo Spano en zijn medewerkers momenteel suiker (glucose) uit oude kranten. Dit Natickprocédé lijkt momenteel de meest gevorderde en direct bruikbare methode om cellulose te gebruiken. Het is bovendien belangrijk omdat het als uitgangskrachtig produkt celluloserijk afval kan gebruiken.

Het proces vloeit voort uit de opdracht die Natick in 1971 kreeg om een oplossing te verzinnen voor het probleem van het zich op de legerbases ophopende afval. Men herinnerde zich toen een schimmel, *Trichoderma viride*, die voor het eerst geïsoleerd was aan het einde van de laatste wereldoorlog uit een in de jungle van Nieuw Guinea aangetroffen rottende patronengordel van katoen.

Trichoderma bleek een bijzonder krachtig cellulose te bezitten (C1 enzym genoemd) dat buiten het organisme kan worden uitgescheiden. Door mutaties aan te brengen in het wild type *Trichoderma* verkreeg men mutanten die een twee tot vier maal hogere C1-productie hadden. Men probeert nog produktievere mutanten te verkrijgen. Deze *Trichoderma*-mutanten worden in een voedingsmedium gebracht dat behalve enkele zouten ook pulp van sparrehout bevat. Na

filtreren ontstaat een heldere strogele oplossing die het C1-enzym bevat. Aan deze oplossing wordt bij normale druk en 50 gr C gemalen krantepapier gevoegd. Als eindproduct ontstaat een glucosestroop in een opbrengst van 50%. Het enzym dat als katalysator fungeert en dus zelf niet opgebruikt wordt bij de reactie, kan uit het reactiemengsel eenvoudig worden gerecycled, evenals het niet omgezette cellulose. Behalve papier kunnen ook andere soorten celluloserijk afval, zoals mest en bagasse (suikerrietafval) na een bepaalde voorbehandeling worden gebruikt.

Het Natick procédé kan zich in veel belangstelling verheugen, zowel van regeringszijde als van de industrie. Diverse Amerikaanse bedrijven, waaronder Gulf Oil Corp, zijn zelf voortgezette ontwikkelingen begonnen.

Ook van buiten de Verenigde Staten bestaat veel interesse. Zo bijvoorbeeld uit Japan en de Sovjet-Unie, waar men de eerste stappen om het Natickprocédé te kunnen overnemen al heeft gezet. Bij Natick zelf zal men binnenkort een proeffabriek starten, met een capaciteit van ongeveer 500 kg cellulose per maand; een capaciteit die eventueel moet kunnen worden opgevoerd tot twee ton per maand.

Ethanol

Aan de universiteit van Californië heeft men het Natickprocédé verder ontwikkeld door de gevormde glucose te laten fermenteren tot ethanol.

De gisting van glucose tot ethanol is al van oudsher bekend bij de stokers van sterke drank. Het was altijd een kostbaar proces in vergelijking met de manier waarop later ethanol gemaakt werd (namelijk uit aardolie), maar via het Natickprocédé kan nu op een goedkopere manier glucose verkregen worden. Bovendien zijn de kosten van aardolie sterk gestegen, waardoor de ethanol-productie via glucose uit cellulose de moeite waard lijkt te kunnen gaan worden. Dit ethanol kan niet alleen dienst doen als motorbrandstof, maar ook om er afgeleide produkten uit te maken, vergelijkbaar met de produkten van de petrochemische industrie.

In de Verenigde Staten wordt momenteel jaarlijks ruim 1 miljard liter ethanol (gemaakt uit aardolie) gebruikt in diverse toepassingen als toiletartikelen en dergelijke, maar niet zozeer als energiebron of uitgangskrachtig produkt voor de synthese van kunststoffen.

Wanneer echter economisch op grote schaal ethanol geproduceerd kan worden uit cellulose lijkt toepassing als motorbrandstof zeker niet uitgesloten. Een van de voordelen van ethanol is dat het een veel schonere brandstof is dan benzine; ook zou gebruik van ethanol de afhankelijkheid van aardolie verminderen.

Een verdere verlichting van die afhankelijkheid van aardolie kan worden verkregen door ethanol te gebruiken als uitgangskrachtig produkt voor de synthese van

kunststoffen.

C. D. Callihan, hoogleraar chemische technologie aan de universiteit van Louisiana wees erop dat belangrijke chemicaliën (als polyethyleen, butadien, styreen, enz.) die nu nog uit aardolie worden gemaakt door de toenemende petroleumschaarste hetzij zullen verdwijnen, hetzij haast zo onbetaalbaar duur zullen worden dat er weinig toepassingen meer voor zullen zijn; behalve als er een nieuw goedkoop te verkrijgen uitgangspunt kan worden gevonden. Wat dit laatste betreft heeft Callihan zijn verwachtingen volledig gericht op het uit cellulose te produceren ethanol.

De grootste troeven van het Natick-procédé zijn dus het feit dat hiermee de meest voorkomende organische stof verwerkt kan worden, maar dat ook afval gerecycled kan worden tot brandstof en bruikbare chemicaliën.

Tevens kan het met het Natick-procédé verkregen glucose gebruikt worden voor het kweken van single cell proteïn, dat als veevoeder kan dienen.

Op het AAAS-symposium werden nog andere mogelijkheden besproken om de via fotosynthese opgeslagen zonne-energie te gebruiken. Het ging daarbij om organismen die niet zo rijk aan cellulose zijn, zoals algen en zeewier.

Onderzees

Dr. Howard Wilcox van het Naval Undersea Centre van de Amerikaanse marine in San Diego besprak het idee van de onderzeese voedsel- en energieboerderijen. Deze zouden moeten bestaan uit dicht onder het wateroppervlak gelegen vloten, waarop met behulp van voedselrijk zeewater dat door kunstmatige stromingen vanuit grotere diepten naar de oppervlakte moet worden gebracht afgewassen worden gekweekt. Deze algen en wieren kunnen na oogsten worden omgezet in methaan (aardgas!) en andere

produkten als kunstmest, ethanol, wassen en andere - nu petrochemische - produkten. Ook kan het als voedsel dienen. Uitgaande van de resultaten van proefplantages voor de kust van Californië rekende Wilcox voor dat met de hoeveelheid oppervlaktewater op de wereld waarvan nu bekend is dat het voor dit doel bruikbaar is 20 à 200 miljard mensen van voedsel en energie te voorzien zijn; zonnige cijfers bij een huidige wereldbevolking van ongeveer 3½ miljard.

De meest recente en nog zeer in een beginstadium van ontwikkeling verkerende methodes richten zich op de mogelijkheid de zonne-energie direct na het fotosynthetische proces uit de plant af te tappen (b.v. in de vorm van electronen of waterstof-atomen), zodat niet meer de verdere groei van de plant afgewacht hoeft te worden. Indien dit lukt zal dit ongetwijfeld de meest efficiënte manier zijn om zonne-energie te gebruiken. Realisatie hiervan lijkt echter nog ver in de toekomst te liggen.

Eén van de belangrijkste argumenten tegen het op grote schaal gebruiken van zonne-energie is, aldus Graham Ochedd in de New Scientist, vaak geweest dat de zon niet altijd schijnt als je hem nodig hebt en dat de energie dus op één of andere manier opgeslagen moet worden.

Bovendien is het huidige energievraagstuk eerder een tekort aan handige en eenvoudig bruikbare brandstoffen dan een tekort aan energie in het algemeen. En tenslotte kan je een auto niet op zonnepanels laten rijden. Maar het gebruik van fotosynthese om zonlicht in cellulose om te zetten waaruit weer methaan of ethanol wordt gemaakt lost deze problemen op, kennelijk zonder dat ernstige gevolgen voor het milieu te verwachten zijn.

En wanneer eenmaal werkelijk de zonne-energie direct uit de planten afgetapt kan worden zou dit wel zeer grote gevolgen kunnen hebben voor de wereld-energievoorziening.