

Ethanol en melkzuur uit plantaardige biomassa:

Op weg naar hernieuwbare brandstoffen en groene chemicaliën

Wie goedkoop suikers weet te maken uit biomassa heeft een sleutel voor duurzame ontwikkeling in handen. Van suikers maak je, door vergisting, eenvoudig ethanol of melkzuur. Ethanol uit biomassa kan vervolgens dienen als CO₂-neutrale transportbrandstof; melkzuur is een hernieuwbare grondstof voor verpakkingsmaterialen, ter vervanging van plastics. In een tweetal kiemprojecten heeft een consortium van Nederlandse partijen de mogelijkheden onderzocht van bio-ethanolproductie uit goedkope en ruim voorhanden zijnde biomassa-reststromen die (ligno)cellulose bevatten. Er is nog een lange weg te gaan, maar de perspectieven zijn goed. Hoe de betrokkenen doorgaan in een meerjarig E.E.T.-project, licht Hans Reith van ECN toe.

Ethanol en melkzuur worden op dit moment geproduceerd door vergisting van zetmeel of suikers uit agro-producten zoals maïs of suikerbieten. De hoge kosten daarvan belemmeren de grootschalige introductie van bio-ethanol en melkzuur als CO₂-neutrale vervanger van

petrochemische producten. Gebruik van reststromen van plantaardige biomassa als grondstof kan deze kosten sterk verminderen. Daarbij gaat het om biomassa die voor het overgrote deel bestaat uit een complex van cellulose, hemicellulose en lignine. Deze 'lignocellulose' is in ruime mate en tegen lage kosten beschikbaar. Denk aan agrarisch afval in de vorm van stengels en bladeren, aan rest- en snoeihout, en aan afval uit de voedings- en genotmiddelenindustrie. Op de wat langere termijn zou je lignocellulose ook kunnen produceren, via energieteelt van bijvoorbeeld wilg of populier.

Andere biobrandstoffen

Wereldwijd wordt circa 20 miljoen ton brandstofethanol per jaar geproduceerd, vooral uit rietsuiker (Brazilië) en maïs (de Amerikaanse 'corn ethanol'). Bio-ethanolproductie in Europa vindt (nog) op zeer beperkte schaal plaats, uit granen en suikerbieten. In Europa is momenteel vooral biodiesel, koolzaadmethylester-brandstof, een belangrijke hernieuwbare brandstof. Het wordt onder meer in Duitsland geproduceerd.

In de toekomst zijn grote hoeveelheden biobrandstoffen nodig. De Europese Commissie bereidt een richtlijn voor over de vervanging van fossiele door bio-transportbrandstoffen in de EU, met de doelstelling van 5,75% vervanging in 2010 en 8% vervanging in 2020.

Zeer kansrijk

De eenvoudigste manier van energiewinning uit lignocellulose is verbranding, maar er zijn nog vele andere manieren. Heel interessant is de winning van suikers uit de cellulose- en hemicellulosefractie en het gebruik van deze suikers als grondstof voor brandstof. Zo kan (bio)ethanol worden gemaakt die - bijvoorbeeld bijgemengd in benzine - is te benutten als motorbrandstof.

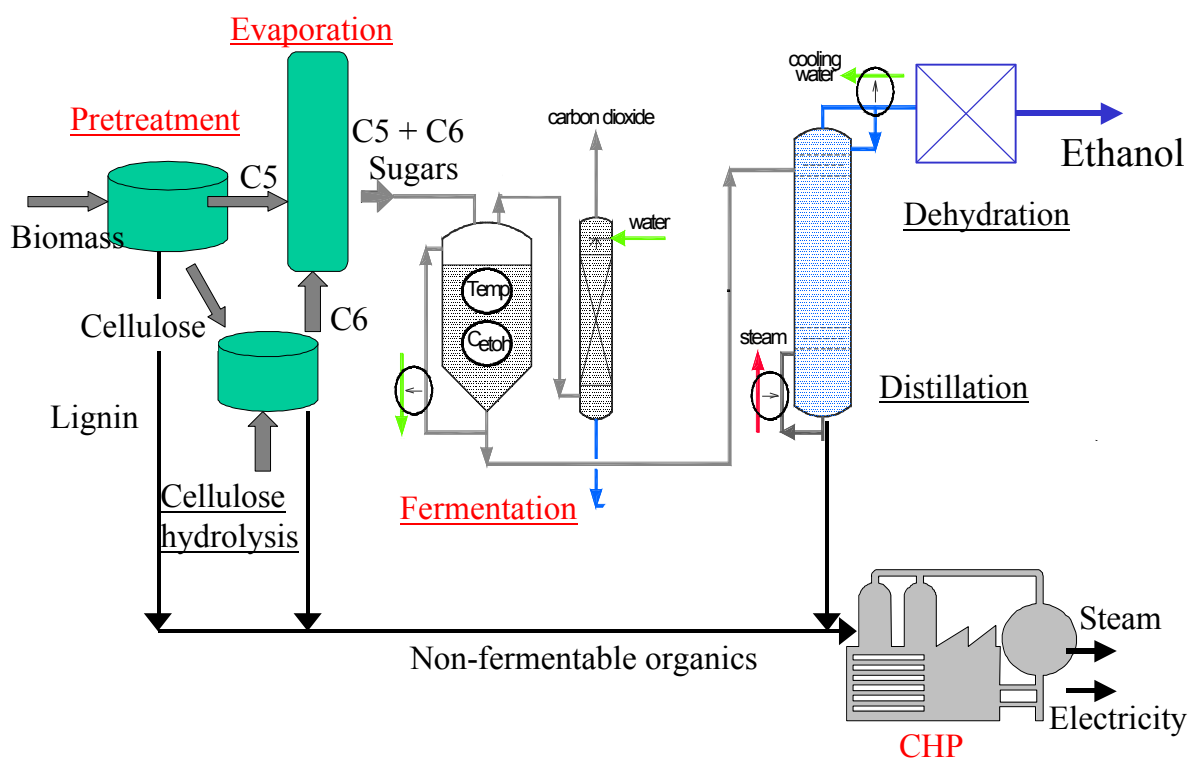
“Wereldwijd wordt de productie van bio-ethanol uit lignocellulose als zeer kansrijk gezien”, vertelt Hans Reith van ECN. Hij is penvoerder van het E.E.T.-project. “De reden is de hoge beschikbaarheid van het uitgangsmateriaal en - op termijn - de lage kosten per ton product. Uit lignocellulose geproduceerde suikers zijn ook te gebruiken voor de productie van melkzuur via vergisting. Dit melkzuur kan voor verschillende chemische toepassingen worden gebruikt - onder andere als oplosmiddel - en voor de productie van polymelkzuur voor verpakkingsmaterialen.”

Concurrerend maken

De omzetting van lignocellulose in bio-ethanol is te illustreren aan de hand van bijgaand figuur. Reith: “Het rechterdeel van de figuur geeft het gangbare productieproces van ethanol

uit suikers weer. Dat omvat de eigenlijke fermentatie en het opwerken van de ethanol via destillatie. Het linkerdeel is de omzetting van lignocellulose in suikers. Daarover gaat ons project vooral. Een ander onderwerp waaraan we werken is de omzetting van het niet-fermenteerbare organisch materiaal (grotendeels lignine) in stoom en elektriciteit (rechtsonder in de figuur). Hiermee kan de volledige energiebehoefte van de ethanolproductie worden gedekt.

Om de suikers vrij te maken wordt de biomassa allereerst voorbehandeld. Dit gebeurt chemisch of fysisch/chemisch. Dat is nodig om de lignocellulose zoveel mogelijk te ontsluiten, zodat die toegankelijk wordt voor de volgende stap: de omzetting in fermenteerbare suikers. De suikers uit de hemicellulosefractie (C5), komen relatief eenvoudig vrij met behulp van enzymen. De suikers de cellulosefractie (C6) worden vrijgemaakt door enzymatische hydrolyse. Tot slot moet de suikeroplossing worden ingedampd om een voldoende hoge suikerconcentratie voor de fermentatie te krijgen.”



Uit kostenramingen in het kiemproject blijkt dat lignocellulose reststromen bij de huidige stand van de techniek bio-ethanol zouden opleveren met een kostprijs van € 34 tot 45 per GJ. Dat is aanzienlijk duurder dan benzine, dat ongeveer € 7,30 per GJ kost, maar ook nog veel duurder dan ethanol uit maïs, een andere duurzame brandstof, dat zo'n € 16 tot 21 per GJ kost. Het kostenverschil met 'maïs-ethanol' wordt onder meer veroorzaakt door de hoge kosten van de voorbehandeling en de enzymatische hydrolyse van de cellulosefractie. Dit meerjarige E.E.T.-project is erop gericht het proces minstens concurrerend met ethanolproductie uit maïs te maken en te onderzoeken in hoeverre lignocellulose kan dienen als grondstof voor melkzuurfermentatie. De belangrijkste uitdaging daarbij is het ontwikkelen van ecologisch en economisch aanvaardbare technieken voor het ontsluiten en vrijmaken van fermenteerbare suikers uit (hemi)cellulose.

Technologieontwikkeling

Het project bevindt zich in de opstartfase. De inhoudelijke coördinatie van het onderzoek is in handen van wetenschappelijk projectmanager Jan de Bont van TNO Milieu, Energie en

Procesinnovatie. Het ontwikkelen van technologie voor de efficiënte bereiding van fermenteerbare suikers uit cellulose en hemicellulose vormt de hoofdlijn van het project. “We gaan alle stappen in het proces van grondstofvoorbehandeling tot en met de fermentatie nader onderzoeken”, vertelt Reith. “Door geïntegreerde ontwikkeling van alle deelprocessen proberen we de gehele route van grondstof tot en met fermentatie te optimaliseren.

In de eerste plaats gaan we op zoek naar de beste manier om suikers vrij te maken. Wat de voorbehandeling betreft bieden twee processen goede perspectieven: milde basische extractie bij lage temperatuur of zwakzure hydrolyse met gebruik van CO₂ dat is opgelost in heet water. Dan de enzymatische cellulosehydrolyse. We gaan de werking van beschikbare industriële enzympreparaten bestuderen en het gebruik ervan optimaliseren. Via fermentatie-experimenten wordt het succes van de voorbehandeling getoetst. De R&D zal zich hierbij richten op de optimale procesomstandigheden voor verschillende soorten biomassa, het verkrijgen van een maximale suikerconcentratie, het tegengaan van effecten van procesremmende stoffen, opschaling en economische haalbaarheid.

In de tweede plaats gaan we onderzoek doen naar de fermentatie van C5 en C6 gezamenlijk. De ethanolfermentatie van C6-suikers vindt plaats met bakkersgist. Voor de C5-suikers zijn echter nog geen robuuste processen beschikbaar. Daarom gaan we op zoek naar micro-organismen die in staat zijn beide suikers te vergisten. Een van de obstakels daarbij is dat veel micro-organismen al bij een lage ethanolconcentratie doodgaan, terwijl je een concentratie van minimaal 8,5% nodig hebt om de ethanol er industrieel verantwoord uit te kunnen halen via destillatie.

In de derde plaats gaan we kijken naar de mogelijkheid energie te halen uit de niet-fermenteerbare biomassafractie. De conversie van lignocellulose in ethanol heeft een energetisch rendement van 40 tot 55%, afhankelijk van de grondstof. Als je de niet-fermenteerbare stroom ook nog zou vergassen en omzetten in stoom en elektriciteit, zou je een extra energiewinst kunnen halen van 12 tot 15%. Dit is voldoende om de energiebehoefte van het ethanol productieproces geheel te dekken en nog groene stroom aan het net te leveren. We gaan onderzoeken wat het optimale ontwerp is. Daarbij houden we rekening met de verschillende mogelijkheden voor procesintegratie en met milieuaspecten als emissies en resterende assen. Een belangrijk aandachtspunt bij de procesintegratie is de waterconsumptie. Hoe lager die is in het hele proces, hoe minder water je hoeft te verdampen. Daarom is R&D nodig naar de reductie van het watergebruik, interne waterrecycling en energie integratie van de evaporatiestap met de ethanolzuivering.”

Op termijn profiteren

“Waar we niet naar gaan kijken”, stelt Reith vast, “is de ontwikkeling van nieuwe enzymen voor de enzymatische cellulosehydrolyse. De kosten hiervan zullen een factor tien omlaag moeten om uiteindelijk tot een kosteneffectieve omzetting van lignocellulose in suikers te kunnen komen. Voor dit proces moet gezocht worden naar effectievere enzymen, onder andere met genetische modificatie. Dat is kostbaar en tijdrovend onderzoek. In de Verenigde Staten is recent een industrieel onderzoeksprogramma voor enzymontwikkeling gestart met subsidie van de overheid. Ook al richten ze zich momenteel alleen nog op maïsloof als grondstof en wij op andere grondstoffen, hopen we hier op termijn toch van te profiteren.”

Betrokken partijen

De partijen die bij het nieuwe meerjarige E.E.T.-project zijn betrokken zijn - naast penvoerder ECN - de bedrijven Nedalco, Shell en Purac, en de onderzoeksinstituten ATO, TNO-MEP, TNO-Voeding en Wageningen Universiteit. Voor alcoholproducent Nedalco levert de productie van ethanol uit lignocellulose mogelijk een nieuw productieproces op. Voor Shell gaat het om een potentiële alternatieve transportbrandstof. Melkzuur- en lactatenproducent

Purac kijkt naar de perspectieven van lignocellulose als nieuwe bron van fermenteerbare suikers. “Melkzuur wordt immers ook uit suikers gemaakt”, aldus Reith. “Polymelkzuur kent verschillende doeleinden, waaronder medische producten maar bijvoorbeeld ook verpakkingsmateriaal als vervanging van bijvoorbeeld PET. Als het project slaagt, zou dat dus ook nog een besparing op het gebruik van fossiele grondstoffen kunnen betekenen voor de productie van verpakkingsmateriaal.”

Voor nadere informatie over het project kunt u zich wenden tot de penvoerder, drs. Hans Reith, ECN Biomassa, tel. 0224 - 56 43 71; e-mail reith@ecn.nl of tot de wetenschappelijk projectmanager, prof. dr. Jan de Bont, TNO-MEP, tel. 055 - 549 39 20; e-mail: j.debont@mep.tno.nl

Overige informatie: van 17 tot 21 juni jl. vond in de RAI de ‘12th European Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection’ plaats. Voor info over dit (o.a. door Novem ondersteunde) evenement kunt u de volgende links aanklikken: www.etaflorence.it en www.wip-munich.de.