

# Industriell produktion af ethanol fra cellulose

- 60 års forskning afføder en ny industri

Cellulosebaseret ethanol produceres nu i kommerciel skala på tre kontinenter. Hermed har en helt ny industri set dagens lys. Forud er gået mange års fokuseret forskning og store investeringer i udvikling af procesløsninger.

Af Katja Salomon Johansen, Novozymes A/S

Det primære mål med udviklingen af cellulosebaseret ethanol er at erstatte en del af den benzin, der verden over benyttes i biler, og dermed reducere mængden af drivhusgasser.

anlægget. Allerede måneden efter var det Abengoa, som kunne trykke på knappen i Hugoton, Kansas, USA. Senest er Raizèn i december måned begyndt at producere ethanol af sukkerrørs bagasse nær Sao Paolo i Brasilien. Opførelsen af flere kommende anlæg i både EU, Kina, Nord- og Sydamerika er annonceret.



Anlægget ved Crescentino.

I løbet af de seneste år er entreprenante virksomhedsejere trådt til med de første store risikobetonede investeringer i fabrikker i fuld kommerciel skala.

I oktober 2013 indviede M&G officielt verdens første anlæg til demonstration af produktion af ethanol fra cellulose i en kommerciel realistisk skala. Anlægget, som ligger ved Crescentino i det nordlige Italien, har en kapacitet på 75 millioner liter ethanol om året. Den producerede ethanol aftages af et benzin-selskab, som blander den i almindelig benzin og dermed reducerer brugen af fossilt brændstof. Siden da er det gået stærkt.

Den brasilianske virksomhed GranBio påbegyndte produktionen af cellulose-ethanol i september 2014.

Samme måned var der fest i Sioux Falls, South Dakota, USA, da Poet og DSM havde inviteret til indvielse på Liberty-

## Vanskeligt nedbrydelige cellevægge

Cellulosebaseret ethanol er kemisk identisk med ethanol fremstillet af stivelse ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ). Blot er den fremstillet af et andet udgangsmateriale via en mere kompliceret proces.

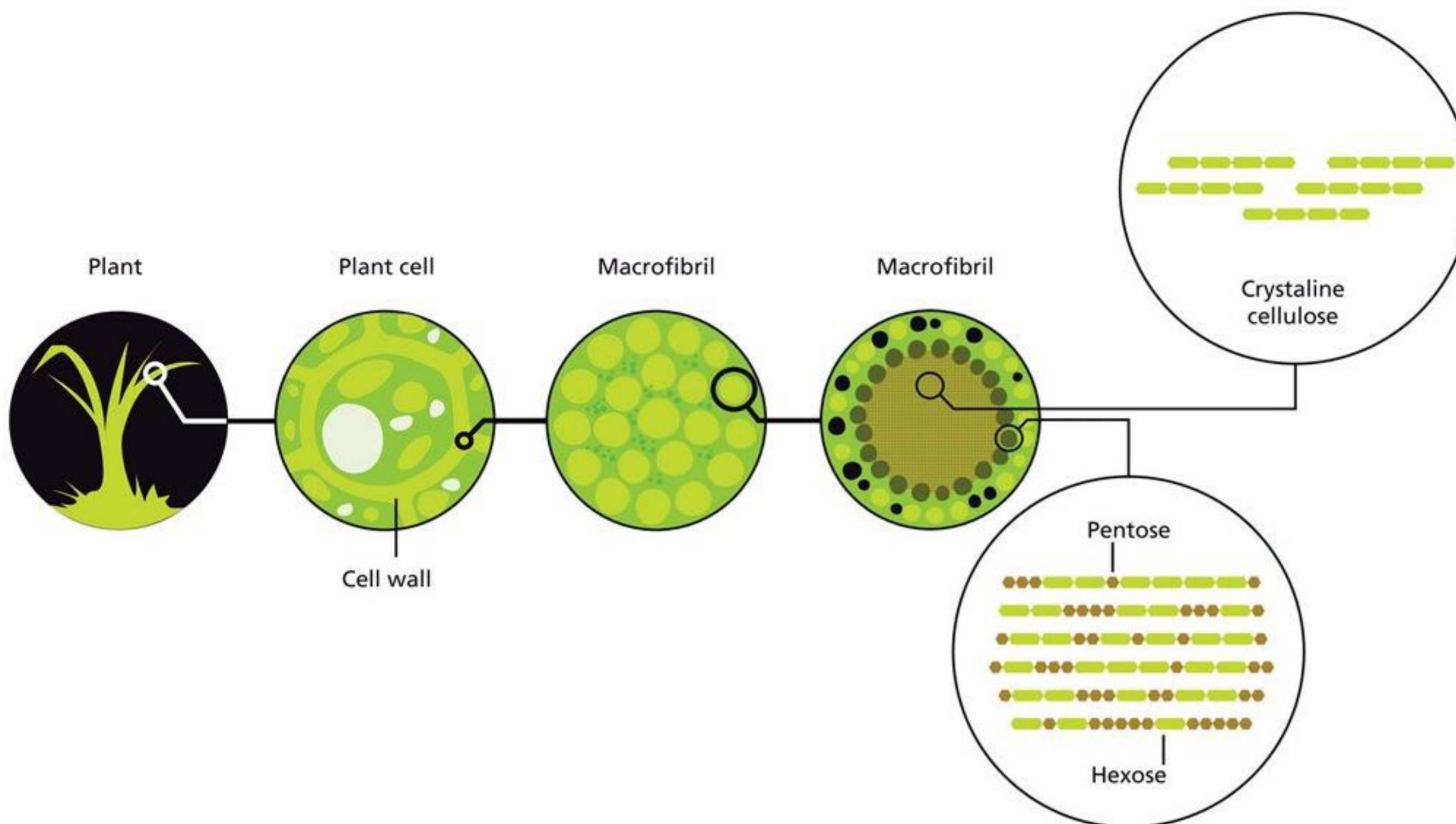
Ethanolen i alkoholiske varer såsom snaps og vodka og den såkaldte 1. generations ethanol fremstilles af råvarer, der som udgangspunkt også kan bruges som fødevarer (kartofler, hvede, majs, sukkerroer). I modsætning hertil fremstilles celluloseethanol af f.eks. strå, træflis eller særlige energiafgrøder, som kan gro på ufrugtbar jord. Det springende punkt for at udnytte denne rige ressource er en effektiv saccharificering (neddeling til enkelt sukre). I alle de omtalte anlæg foregår dette ved hjælp af enzymer, som er fundet i svampe.

At enzymer fra svampe ville få afgørende betydning for vores

udnyttelse af cellulose blev forudset helt tilbage i 1950'erne. Det skyldes svampenes naturlige rolle i nedbrydningen af plantemateriale.

Planter opbygger deres cellevægge, se figur 1, af cellulose, hemicellulose og lignin og akkumulerer på den måde kulstof (kuldioxid  $\text{CO}_2$ ), som er optaget fra luften. Træstammer og strå er gode eksempler på cellevægsmaterialer, som har en relativ lang holdbarhed. Den lange holdbarhed skyldes, at disse materialer via evolutionen er skabt til at styrke planten og til at modstå miljøpåvirkninger. Denne type cellevægge er vanskeligt nedbrydelige i naturen såvel som i industrielle processer. På den måde kan planterne opfattes som en særlig slags batterier, der er opladt med energi, der kan udnyttes på flere måder. Tricket er blot en metode til at frigøre sukrene, således at energien kan

## PLANT CELL WALLS



Figur 1. Cellulose består af glucose, der er forbundet med en 1-4-b-glycosidbinding. Xylan består primært af xylose, men hertil kommer en række substitutioner og forgreninger. Derfor er xylan kemisk set et langt mere kompliceret molekyle.

udnyttes effektivt, og det ser ud til at være lykkedes.

### Fremgangsmetode

Første trin er en effektiv indsamling af plantematerialet. Pga. den relativt lave energidensitet, må indsamlingen finde sted inden for en klart defineret radius af fabrikken. I Danmark har vi en lang tradition for at indsamle halm til afbrænding i kraftvarmeverker og tilsvarende metoder må givetvis tages i brug i andre lande.

Næste trin er en forbehandling, der åbner cellevægstrukturen og dermed giver adgang for enzymerne til at nå deres respektive substrater. Der er i dag flere bud på forbehandlingsteknologier, men flertallet af de fabrikker, som bygges i øjeblikket, baserer sig på en dampbehandling af materialet. I princippet er der tale om en trykkoger, hvor der, udover plantematerialet, kun tilsættes damp og i nogle tilfælde relativt små mængder af syre.

I det efterfølgende trin tilsættes enzymerne som i løbet af

### ■ C5 gær

Almindelig gær (bruges f.eks. til ølbrygning) kan omsætte glucose til ethanol. Omtrent 1/3 af de sukre, som frigøres under den enzymatiske saccharificering, er ikke glucose, men derimod xylose. For også at kunne udnytte xylose til at producere ethanol, vælger mange virksomheder at benytte mere avancerede gærstammer, som også effektivt kan udnytte denne sukker. Der findes i dag en række leverandører af denne type gær.

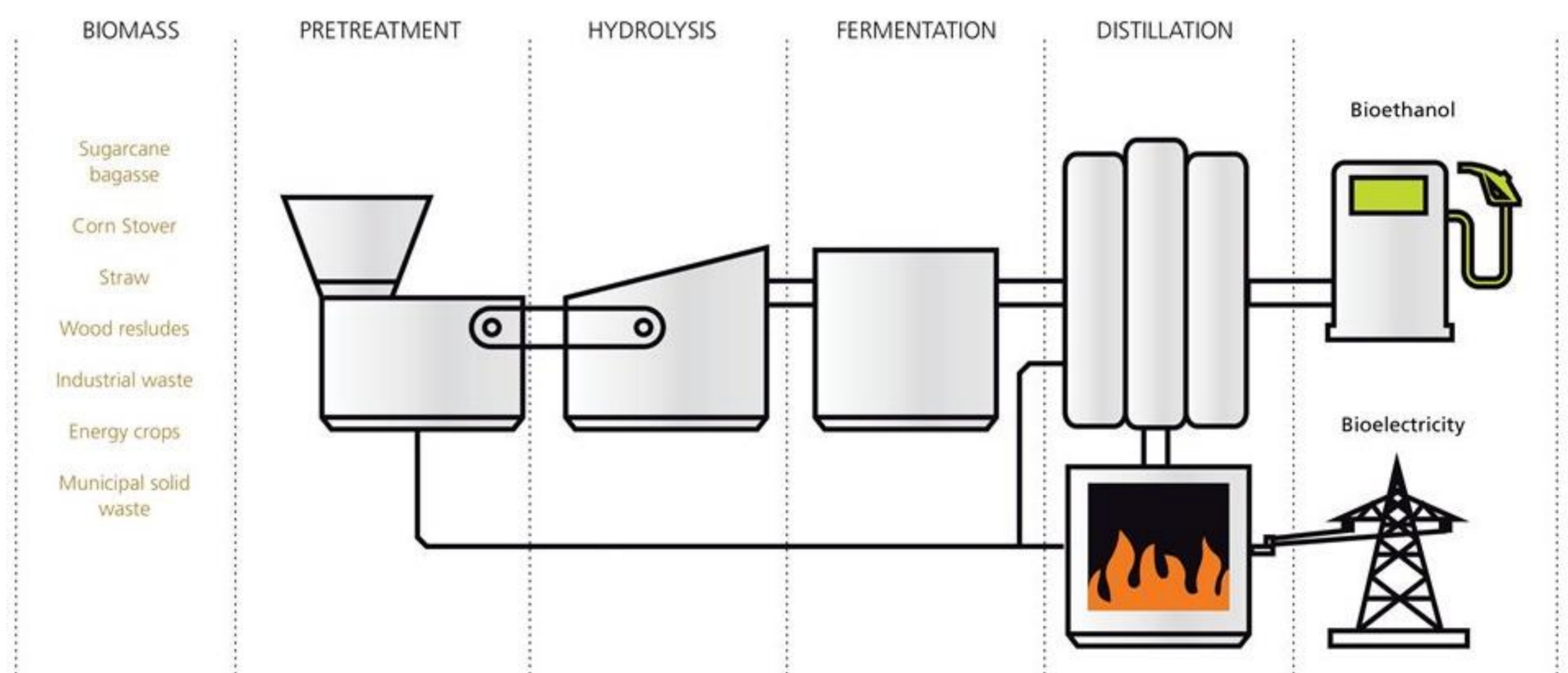
de første timer forflydiger det forbehandlede materiale. Typisk inkuberes der ved 50°C i to til fem dage. I den periode frigøres størstedelen af sukrene fra både cellulosen og de andre polysaccharider.

Man kan tænke sig mange forskellige anvendelser af sukrene, men hvis ønsket er at producere ethanol, så gør man, som det er gjort i flere tusinde år. Der tilsættes gær. I dag vil de fleste fabrikker benytte en særlig form for gær, som både kan omdanne glucose og xylose til ethanol, se faktaboks.

### Afsluttende trin

Til slut destilleres ethanolen på samme vis som på en hvilken som helst anden spritfabrik. Tilbage er der nu en pressekage, der hovedsageligt består af lignin, og som har en god brænd-

## ENZYMATIC ROUTE FROM BIOMASS TO ETHANOL



Figur 2. En generisk proces til produktion af ethanol fra f.eks. strå.

værdi. De fleste fabrikker afbrænder denne lignin og udnytter den til at producere damp og energi til at drive hele processen. Det er typisk muligt at producere langt mere elektricitet end der er behov for på fabrikken, og i nogle lande er det en god forretning at sælge den overskydende elektricitet til el-nettet. På sigt er der flere andre anvendelsesmuligheder for lignin, som formentlig både kan bruges som brændstof i skibsmotorer og anvendes som udgangspunkt for fremstilling af kemikalier.

Herhjemme arbejder forskere på universiteter og virksomheder sammen under bl.a. den strategiske platform "Biovalue Spir" og "B21st – Biomass for the 21th century" for at udvikle flere måder at udnytte sukre og lignin fra plantecellevægge på.

E-mail:

Katja Salomon Johansen: KSJO@novozymes.com