



Omvendt fotosyntese

Foto: Colourbox

Forskere fra Københavns Universitet har opdaget en proces, der kan beskrives som omvendt fotosyntese. Denne opdagelse har store perspektiver, fx i forhold til fremstilling af biobrændstoffer ud fra plantemateriale på en langt mere effektiv og miljøvenlig måde end hidtil.

Forfatteren
Carsten R. Kjaer,
Aktuel Naturvidenskab
red@aktuelnaturvidenskab.dk

Lys fra Solen er en grund- ingrediens i opbygning af biomasse. Men solens lys kan ligeledes bruges til at nedbryde biomasse, har ny forskning vist.

Foto: Colourbox

Ved hjælp af lys fra solen, vand og næringsstoffer opbygger planterne deres biomasse i den proces, vi kender som fotosyntesen. Det vakte berettiget opsigt i både ind- og udland, da forskere fra Københavns Universitet for nylig i tidsskriftet *Nature Communications* kunne beskrive en slags omvendt fotosyntese. Dvs. hvor solens stråler sammen med klorofyl, oxygen og et bestemt metalholdigt enzym bruges til at nedbryde og omdanne kulstofforbindelserne i planterne.

Opdagelsen kan have mange praktiske anvendelser, da processen vil kunne bruges industrielt til hurtigt og effektivt at nedbryde plantebiomasse til simple sukkerstoffer, som efterfølgende omdannes til nyttige kemiske forbindelser som bioethanol. Ifølge professor Claus Felby fra Institut for Geovidenskab

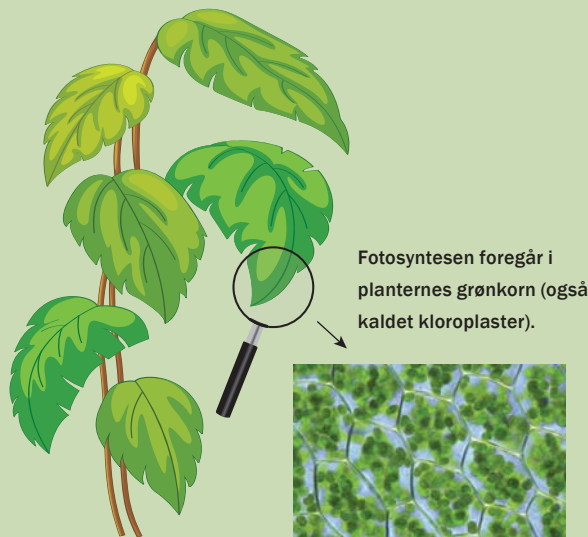
og Naturforvaltning på Københavns Universitet, som har stået i spidsen for forskningen, kan det nye resultat betyde en radikal ændring af den industrielle produktion af brændstoffer og kemikalier i en både mere effektiv og bæredygtig retning. I industriel katalyse indgår der ofte både høje temperaturer og høje tryk.

På baggrund af forskernes nye opdagelse vil man kunne udnytte den høje energi i solens lys, så processer kan finde sted, uden at der skal tilføres nogen anden form for energi. Det betyder, at biobrændsler og biokemikalier til brug i fx plastik vil kunne produceres ved lavere temperaturer og mere energieffektivt end i dag. Nogle af de reaktioner, der i dag tager 24 timer, kan vha. solen gøres på blot 10 minutter.

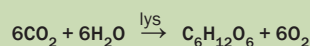
Fotosyntese

I den biologiske fotosyntese absorberes solens stråler, som er elektromagnetisk stråling, af klorofylmolekylerne inde i planternes grønkorn. Klorofylmolekylerne bliver derved exciteret, dvs. nogle af elektronerne i molekylerne bliver løftet til en højere energitilstand. Denne energitilstand kan transmitteres til de såkaldte reaktionscentre i plantens fotosystemer. Reaktionscentre, der er blevet beriget med denne excitationsenergi, bliver derved i stand til at afgive en elektron (de er blevet gode reduktanter). Den energirige elektron kan så efterfølgende overføres til en elektronmodtager. De fotosyntetiske reaktionscentre består af en kæde af velorganiserede elektron-afgivere og elektron-modtagere, altså små molekyler eller metalioner, der er bundet i reaktionscentrene og som kan ændre oxidationstrin.

De energirige elektroner begynder deres vandring gennem reaktionscentrene for til slut at ende på molekylet NADP, som derved bliver til et reduktionsmiddel, som levende celler kan bruge til at udføre kemiske processer i cellen. Reaktionscentrene skal bruge en elektronkilde, og her er den biologiske fotosyntese uovertruffen ved at kunne tage elektroner ud af vand (H₂O) under dannelse af oxygen (O₂). Under elektrontransporten gennem reaktionscentrene frigives der ligeledes protoner (H⁺) på den ene side af en membran. Dette gør, at

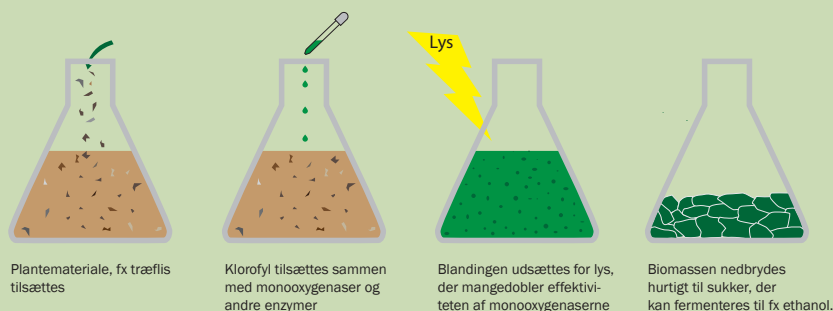


der opstår en koncentrationsgradient med en stor koncentration af H⁺ på den ene side af membranen og en meget mindre på den anden side. Dette udnyttes til at fremstille energirige ATP-molekyler, som cellen kan bruge til arbejde. Resultatet af fotosyntesens lysreaktioner er derfor produktion af oxygen, NADPH og ATP. Størstedelen af dette bruges til at fiksere luftens carbondioxid (CO₂) gennem omdannelse af CO₂ til sukkerstoffer, fedtstoffer og proteiner. Biologisk fotosyntese tager med andre ord elektroner fra vand og reducerer carbondioxid til sukkerstoffer under produktion af oxygen (O₂):



Omvendt fotosyntese

I "omvendt fotosyntese" nedbrydes kæder af reduceret kulstof ((CH₂O)_n), altså sukkerstoffer, ved brug af lys som energikilde. Lyset fanges af klorofylmolekylerne og exciteres. De energirige elektroner fra klorofyl afgives til en metal-ion (Cu) i LPMO, oxygen (O₂) splittes og et O-molekyle indbygges i den brudte sukkerkæde og det andet O-molekyle reduceres til vand. Strengt taget er dette blot en lysdrevet kemisk reaktion. Hvis det havde været "omvendt fotosyntese" i begrebets egentlige forstand, burde der jo komme lys ud!



Aktivitet øges op til 100 gange

Kernen i opdagelsen er, at en klasse af naturlige kobberholdige enzymer kaldet lytiske polysakkarid monoxygenaser (eller blot LPMO'er), mangedobler deres effektivitet, hvis de udsættes for sollys og klorofyl. Denne type enzymer blev opdaget i 2010 af en norsk forskergruppe i samarbejde med den danske biotekvirksomhed Novozymes, og i dag sælger Novozymes monoxygenaser til fabrikker rundt om i verden, der producerer bioethanol ud fra plantemateriale. Ved at tilsætte de kommercielle monoxygenaser til processen, hvor man laver planterester om til bioethanol, kan man fordoble effektiviteten i systemet.

I 2010 vidste ingen, at sollys kan forøge enzymerne effektivitet. Nu har forskerne ved Københavns Uni-

versitet så opdaget, at man med nogle af de allerede kendte monoxygenaser kan øge aktiviteten yderligere med op til en faktor 100, hvis man blander dem med klorofyl og udsætter det for sollys.

Klorofyl er det stof, der giver planterne deres grønne farve. Det er grønt, fordi det absorberer det blå og det røde lys i solens stråler. Når klorofyllet absorberer sollyset, kan den energi, der er indeholdt i sollyset, bruges til kemiske reaktioner. Det udnytter planter til at opbygge deres biomasse. Det er tilsyneladende på en tilsvarende måde, at klorofyllet kan overføre energi til monoxygenaserne som derved forøger deres enzymatiske aktivitet.

I samarbejde med Novozymes vil forskerne derfor arbejde på at skalere processen op, så den kan

Tværfagligt forskningsprojekt

Den nye opdagelse er et resultat af forskning på tværs af fagområder inden for plantevidenskab, biologi, bioteknologi og kemi inden for rammerne af Copenhagen Plant Science Centre ved Københavns Universitet.

Faktisk blev forskerne ledt på sporet, da postdoc David Cannella og ph.d.-studerende Klaus Benedikt Möllers ledte efter noget helt andet i et forsøg med en blanding af cellulose og tilfældigvis opdagede, at effekten var kraftig forstærket pga. lys. I det videre arbejde, der er publiceret i *Nature Communications*, deltog også lektor Niels-Ulrik Frigaard, Biologisk Institut, professor Poul Erik Jensen, Institut for Plante- og Miljøvidenskab og Professor Morten J. Bjerrum, Kemisk Institut.

Forskningsarbejdet er for størstedelen finansieret af Det Frie Forskningsråd.

Kontakt til forskerne

Claus Feldby:
cf@ign.ku.dk

Poul Erik Jensen
peje@plen.ku.dk

Morten Jannik Bjerrum
mobj@chem.ku.dk

Niels-Ulrik Frigaard
nuf@bio.ku.dk

Kilder:

Pressemeddelelse fra Københavns Universitet
Ingeniøren, Politiken
Videnskabelig artikel:
Nature Communications, doi:10.1038/ncomms11134

foregå i industriel skala. I dag foregår nedbrydningen af plantemateriale med monooxygenaser i store lukkede ståltanke, hvor der i sagens natur ikke trænger lys ind. Derfor kan en del af den praktiske løsning bestå i at forsyne tankene med lyskilder.

Processen, altså den omvendte fotosyntese, har også potentiale til at kunne omdanne methan fra fx biogas-anlæg til det flydende brændstof methanol under almindelige biologiske betingelser. Methanol er et meget attraktivt råstof, fordi det kan bruges direkte i den eksisterende petrokemiske industri og forarbejdes til brændstoffer, materialer og kemikalier.

Mange ubesvarede spørgsmål

I naturen findes monooxygenaser vidt udbredt, og den specifikke type, forskerne har undersøgt (LPMO'er), kendes fra både svampe, bakterier og vira. Nogle organismer har gener, der koder for mange forskellige LPMO'er. Enzymerne spiller en vigtig rolle for omsætningen af organisk materiale i naturen, men man forstår endnu ikke i detaljer mekanismerne bag de processer, som disse enzymer er involveret i.

Det vides således ikke, hvor udbredt den "omvendte fotosyntese" er i naturen. Men meget tyder på, at svampe og bakterier gør brug af denne proces til at skaffe sig adgang til sukker- og næringsstoffer inde i planterne.

Både hvad angår de praktiske og grundvidenskabelige perspektiver i forskernes opdagelse, ligger der derfor stadig et stort grundvidenskabeligt forskningsarbejde i at aflure monooxygenaserne deres hemmeligheder. ■

Announce