

Grätzelsolcellen udvidet

Til større opgaver (SRP & SOP)

Til en større opgave kan man med fordel lave flere Grätzelsolceller, hvor man ændrer på en eller flere parametre. Dette giver mere at skrive om og diskutere i den endelige opgave. En af de oplagte parametre at ændre på er hvilket farvestof der anvendes i solcellen, da farvestoffet er en bærende del af konceptet. Hvilke farvestoffer kan man finde i naturen? Kunne det tænkes at man kunne finde andre naturlige farvestoffer end det fra brombærsaft, der var mere velegnede? Dette dokument går i dybden med ideer til variation af farvestoffer i Grätzelsolcellen. Først præsenteres dog kort andre ideer til parametre man kunne ændre på.

Ændring af forsøgsparametre

Det er vigtigt kun at skrue på en parameter ad gangen, så man ved hvad for en ændring der giver en forskel i resultaterne. For hver parameter man tester, skal man gerne lave og måle 3 replikater (gentagelser) af solcellen, for at se om en eventuel forskel i resultaterne er signifikant, eller blot tilfældigheder og måleusikkerheder. Det vil for eksempel sige, at hvis man vil teste to forskellige farvestoffer, laver man tre solceller med det ene farvestof, og 3 solceller med det andet farvestof. Man kan nok ikke nå at teste mere end 9 solceller i alt.

Andre ideer til parametre man kunne teste er:

- Afstand eller vinkel til lyskilden.
- Forskellige lyskilder, som f.eks. sollys, halogenlampe (standard i forsøget), og eventuelt en 3. lyskilde (gerne med et helt andet lysspektrum).
- Temperatur: Man kunne overveje om man kan påvirke effektiviteten af solcellen ved at ændre dens temperatur. Her skal man være opmærksom på at solcellen ikke er lukket, og elektrolytten er mistænkt for at fordampe ud ved længere tids belysning/opvarmning, og derfor miste sin effekt. Ved en opvarmet solcelle skal man derfor nok være hurtig til at foretage sin måling, og ikke gå for høj op i temperatur. Man kunne forestille sig at holde temperaturen nogenlunde fast ved at benytte varmeblæseren, som kan gå ned til 50°C. Man kunne muligvis placere solcellen ovenpå is, eventuelt tøris, for at køle den ned.

Der er desuden en silicium solcelle tilgængelig i laboratoriet som man kan måle på til sidst for at sammenligne ens resultater med en standard solcelle.

Udtræk af plantefarvestoffer i ethanol

Plantepigmenter er pakket ind i cellemembraner og cellevæg, så det kræver mekanisk forarbejdning og et opløsningsmiddel at få det ud. Ethanol er et godt middel til at ekstrahere farvestof og andre stoffer ud af planteceller.

Forslag til planter man kan udvinde farvestof fra:

- Spinat indeholder grønt klorofyl. En håndfyld knuses i en morter.
- Gulerødder indeholder orange beta-caroten. En halv gulerod rives.
- Tomater indeholder rødt lycopene, en anden karoten. En halv tomat skæres i små stykker.

Fremgangsmåde:

- Mos plantematerialet godt i en morter.
- Hæld 20 mL ethanol over og mas materialet ned.

- Hvis det virker som for lidt kan man hælde mere ethanol i, men pas på det ikke bliver for meget så farvestoffet bliver fortyndet.
- Lad planteudtrækket stå i et kvarter eller mere. Jo længere tid, jo mere farvestof trækkes ud.
- Hæld planteudtrækket over i en anden morter gennem en si.
- Farvestoffet er nu klar til farve Grätzelsolcellen.

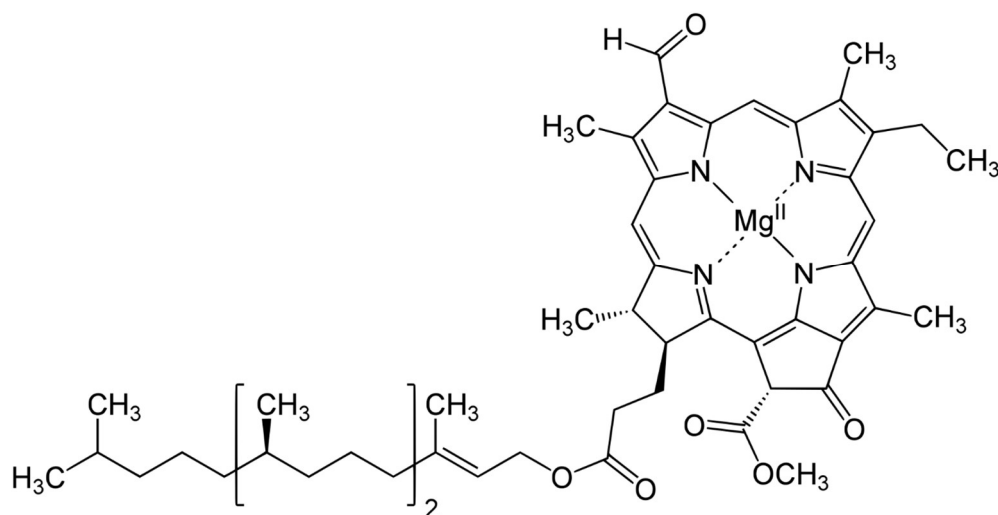
Teori

Klorofyl

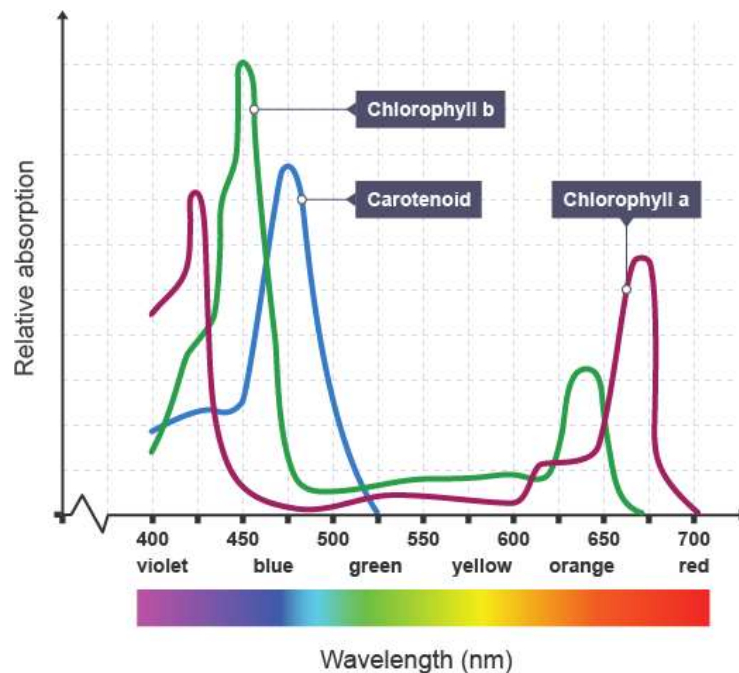
Planterne bruger fotosyntese til at fange lys og bruge energien til at lave kemiske forbindelser. Energien fra lyset bruges til at danne sukker, som planten kan bruge som brændstof og til at bygge andre molekyler.

Det primære pigment i grønne planter er klorofyl (figur 1), som findes i plantecellernes grønkorn (kloroplaster). Molekylet har 4 nitrogen atomer, der er koordineret til en magnesium ion i midten. Klorofyl er effektivt som fotoreceptor (til at fange lys) da de indeholder et langt netværk af konjugerede dobbeltbindinger; dvs. carbon-kæder med skiftevis enkeltbindinger og dobbeltbindinger. I sådanne netværk befinder elektronerne sig ikke ét bestemt sted, men bliver delt af hele netværket, hvilket gør dem gode til at absorbere lys. Når netværket absorberer lys-energi, bruges energien til at flytte elektronen fra et lav-energi stadie til et høj-energi stadie. Hvis der er et andet molekyle tæt på klorofylet der kan modtage høj-energi elektronen, kan elektronen flyttes, og bruges til at danne kemiske bindinger. Hvis ikke, bliver energien fra lyset blot omdannet til varme. Klorofyl findes på to former; klorofyl a og b, som absorberer lys bedst ved forskellige bølgelængder (figur 2). På den måde kan planten indfange mere af solens lys.

Klorofyler har en meget høj absorption af lys i det synlige spektrum, hvor outputtet fra solen der når ned til Jorden er maksimalt. Det absorberer mest i henholdsvis den violette og røde ende af det synlige spektrum. Det grønne lys i midten af spektret bliver dårligt absorberet. Når solens lys rammer planter, bliver det grønne lys derfor reflekteret, og vi ser planten som grøn.



Figur 1: Strukturen af klorofyl a.

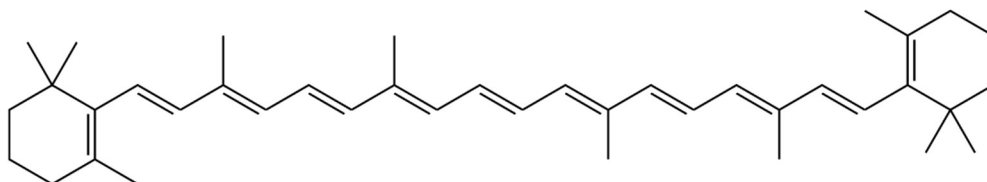


Figur 2: Absorptionsspektrum for klorofyl a, klorofyl b og en karoten.

Karotener

For at hjælpe klorofyl med at indfange solens lys, findes der andre molekyler i planters grønkorn der også kan absorbere lys. Disse sidder tæt rundt om klorofylet for at øge chancen for at lys bliver opfanget, og sender det så videre til klorofyl a hvor det bliver brugt. Det minder om den måde farvestoffet i vores solcelle sender energien fra farvestoffet videre til det titaniumdioxid som det sidder rundt om. De vigtigste hjælpefarvestoffer er klorofyl b og karotener. Ud over at gøre densiteten af farvestoffer større, absorberer disse også lys ved andre bølgelængder end klorofyl a (figur 2), for at udnytte solens energi bedst muligt.

Karotener lange netværk af konjugerede dobbeltbindinger (figur 3), som giver det meste af de gule, orange og røde farver i frugter og blomster. I plantens blade bliver karotener overskygget af klorofyl. Men når det grønne klorofyl bliver nedbrudt i efteråret, afsløres karotenerne, og giver bladene de flotte, karakteristiske farver vi forbinder med efteråret. Gulerødder indeholder meget β -karoten (figur 3) som giver dem deres orange farve, mens tomater indeholder meget lycopene, hvilket giver dem en rød farve. β -karoten er desuden en vigtig kilde til vitamin A i mennesker.

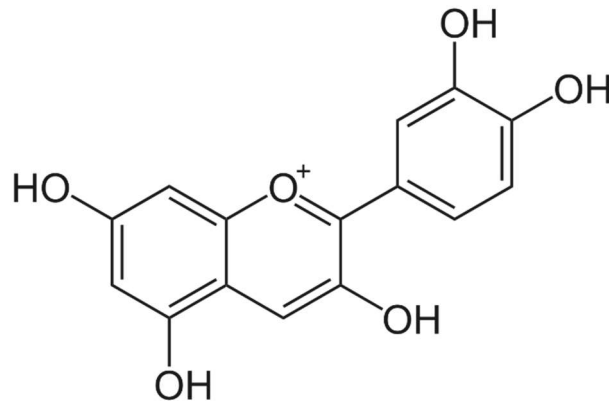


Figur 3: Strukturen af β -karoten.

Anthocyanidiner

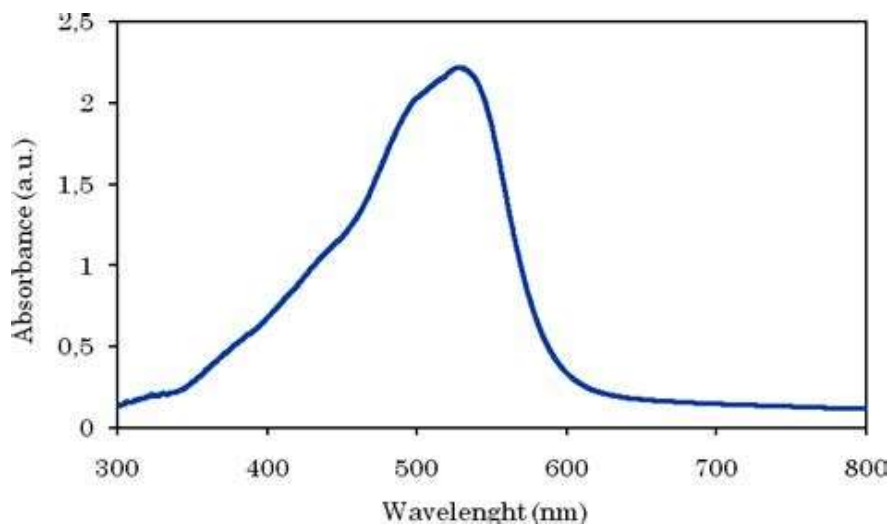
Som udgangspunkt bruges farven fra brombær i Grätzel-solcelle-øvelsen. Cyanidin er et farvestof fra gruppen anthocyanidin (figure 4), og findes i store mængder i brombær.

Anthocyanidiner er en vigtig, stor gruppe farvestof i planter, der giver røde, blå og violette farver. De findes primært i blomster og frugter. Farven afhænger både af molekylets struktur, og af surheden i molekylets miljø. Mange anthocyanidiner er røde i sure miljøer, og bliver blå i mindre sure miljøer. Anthocyanidiner har flere funktioner i planter. De beskytter UV stråling fra solen, som kan skade plantens DNA. De bruges også til at farve blomster, for tiltrække insekter til at hjælpe med bestøvning.



Figur 4: Strukturen af cyanidin.

Det ses af figur 5 at anthocyanidiner absorberer lys kraftigst omkring 400 nm – 600 nm, altså lige der hvor der er et hul i absorptionsspektrummet for klorofyl og karoten (figur 2). Anthocyanidiner vil derfor absorbere grønne og gule bølgelængder, og reflektere røde, mørkeblå og violette bølgelængder.



Figur 5: Absorptionsspektrum for et anthocyanidin.

Fælles for alle farvestofferne er de konjugerede dobbeltbindinger der gør dem i stand til at indfange energien fra solens lys. Sammenlign gerne de konjugerede dobbeltbindinger i klorofyl (figur 1), karotener (figur 3) og anthocyanidiner (figur 4) for at se hvordan strukturerne er meget forskellige, men alligevel minder om hinanden. I Grätzeløvelsen bruger vi en halogenlampe som lyskilde, man kan overveje om en halogenlampes lysspektrum passer bedre til nogle typer farvestoffer og andre, og hvor stor forskel der er på lampen og sollysets spektrum.

Kilder

- K. Frykman, A. Vire, 'Undersøg naturen – Elevens bog', Eksperiment 16. Nucleus Forlag ApS, 2015.
- J. M. Berg, J. L. Tymoczko, G. J. G. Jr., and L. Stryer, 'Biochemistry'. W. H. Freeman, 8 ed., 2015.
- [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_Biology_\(Kimball\)/03%3A_The_Cellular_Basis_of_Life/3.18%3A_Chlorophylls_and_Carotenoids](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_Biology_(Kimball)/03%3A_The_Cellular_Basis_of_Life/3.18%3A_Chlorophylls_and_Carotenoids)
- <http://www.food-info.net/uk/colour/anthocyanin.htm>