

Solning på låg höjd

-fotosyntesen hos grön svavelbakterie

Linda Holmer

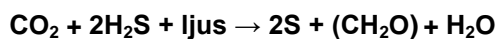
Populärvetenskaplig sammanfattning av Självständigt arbete i biologi 2013
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Visste du att växterna inte har monopol på att använda solljus som drivkraft? Exakt, det finns organismer som använder sig utav andra former av fotosyntes. Ett exempel på en sådan är de gröna svavelbakterierna. De absorberar solljus och binder koldioxid men de producerar ingen syrgas; så varför, tänker du, är de så intressanta om de inte bidrar med något som är nödvändigt för oss? Jo; det speciella med bakterierna är att de har en effektiv ljusupptagningsförmåga trots att de lever i miljöer med låg ljusstillsförsel. Bakteriernas ljusupptag ligger som fokus i en globalt pågående forskning. En större förståelse för bakteriernas fotosyntesprocess och dess mekanismer kommer med stor sannolikhet kunna bidra till utveckling av artificiell bioenergi i form av solceller. Häng med på en närmare titt på de gröna svavelbakteriernas fotosyntes.

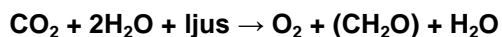
En annorlunda fotosyntes

De gröna svavelbakterierna använder en fotosyntes som skiljer sig ifrån växternas. Den stora skillnaden är att bakteriernas fotosyntes inte producerar någon syrgas, den är så kallad anoxygen. Bakterierna lever i syrefattiga, oftast akvatiska, miljöer där det finns tillgång till reducerande ämnen som vätesulfid och svavel. Dessa ämnen fungerar som elektrondonatorer

Gröna svavelbakteriers fotosyntesreaktion;



Växternas fotosyntesreaktion;



Båda fotosyntesreaktionerna bildar organiskt kol (CH_2O står för en organisk kolhydratförening). I växternas fotosyntes sker en oxidation av vatten, som blir till syrgas, och en reduktion av koldioxid. Hos grön svavelbakterie oxideras något svavelämne, till exempel vätesulfid (H_2S), istället för vatten; koldioxid reduceras. Grön svavelbakterie bildar inte syrgas i sin reaktion.

till skillnad från hos växter (och cyanobakterier) där vatten används som elektrondonator.

Så hur går det egentligen till?

Fotoner – från solljuset – absorberas av ett antennkomplex, som kallas klorosomen. Från antennkomplexet förs solenergin till reaktionscenter där det sker en fotokemisk reaktion som resulterar i kemisk energi, ATP. Från klorosomen förs energin via basplattakomplexet (protein-pigment komplex) vidare till Fenna-Matthews-Olsen (FMO) (protein)komplexet som länkar till reaktionscenter.

I reaktionscenter sker omvandlingen av ljusenergi till ATP genom att en

membranpotential byggs upp av ett cykliskt elektronflöde.

Efter ljusreaktionen följer en mörkerreaktion i form av en omvänd citronsyracykel. Cykeln genererar pyruvat som därefter, i ett led av reaktioner, slutligen resulterar i hexos (socker); som kan användas som byggnadsmaterial i cellen.

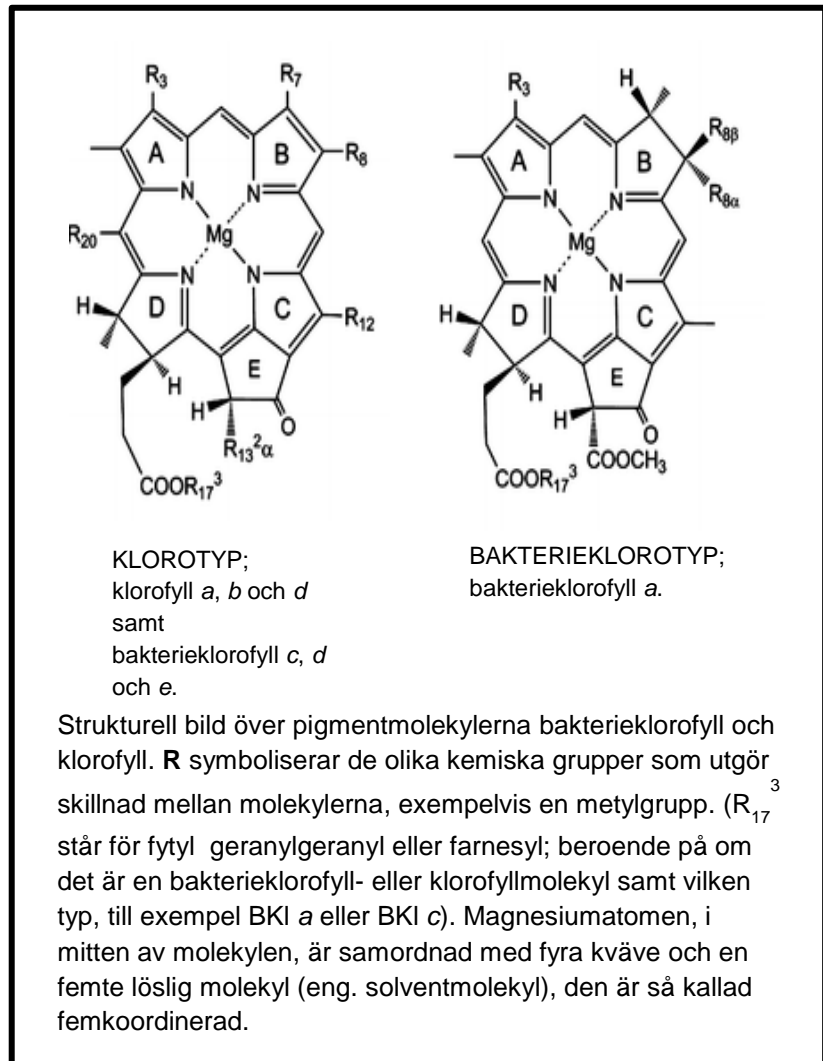
Klorosomen & smarta pigment

Bakterierna lever vanligen i miljöer med låg ljusintensitet, därför måste de ha förmågan att effektivt kunna samla ljus. För ljusabsorptionen finns alltså klorosomerna. I klorosomen finns pigment som absorberar ljus; bakterieklorofyll (Bkl). Dessa liknar växternas

pigmentmolekyler klorofyll, men skillnaden är att Bkl har ett annat

absorptionsmaximum. Det gör att bakterierna kan fånga ljus trots att de befinner sig längre ner i havet och under andra fotosyntetiserande organismer (som till exempel cyanobakterier).

Bkl kan själva forma aggregatliknande strukturer vilket leder till en optimerad utformning av cellens storlek. Den självformande aggregatstrukturen sker utan någon proteinblandning och på så sätt kan organismen hushålla med energiförbrukningen; den stora mängden Bkl blir ingen kostsam historia utan istället en fördel för ljusupptagningen.



Karotenoider – en livboj

Grön svavelbakterie innehåller ett annat pigment som kallas karotenoider. Dessa kan också absorbera ljus men har även stabiliserande egenskaper samt fungerar som ljusskydd. Vad menas med ljusskydd? Jo, det sker en så kallad dämpningsprocess när exciterade Bkl:er antar ett annat energitillstånd som kallas tripletter. När detta sker finns risk att farligt reaktivt syre kan påverka och skada organismen, här kommer karotenoiderna in (och dämpar!) och konkurrerar om energin med Bkl:en. På grund av en annan energinivå kan karotenoiderna ganska lätt konkurrera ut Bkl:en och därmed förhindras bildandet av den farliga komponenten.

Komplexen; FMO & basplattan

Som tidigare nämntes är basplattan och FMO också inblandade i fotosyntesen – och det i allra högsta grad. FMO är ett proteinkomplex som överför den absorberade energin hela vägen från klorosomen till reaktionscenter. Komplexet består av tre identiska monomerer som är sammankopplade med BKL:er.

Tillsammans bildar de ett nätverk.

Tidigare trodde man att det handlade om BKL:er i sju positioner men ny forskning har upptäckt en åttonde.

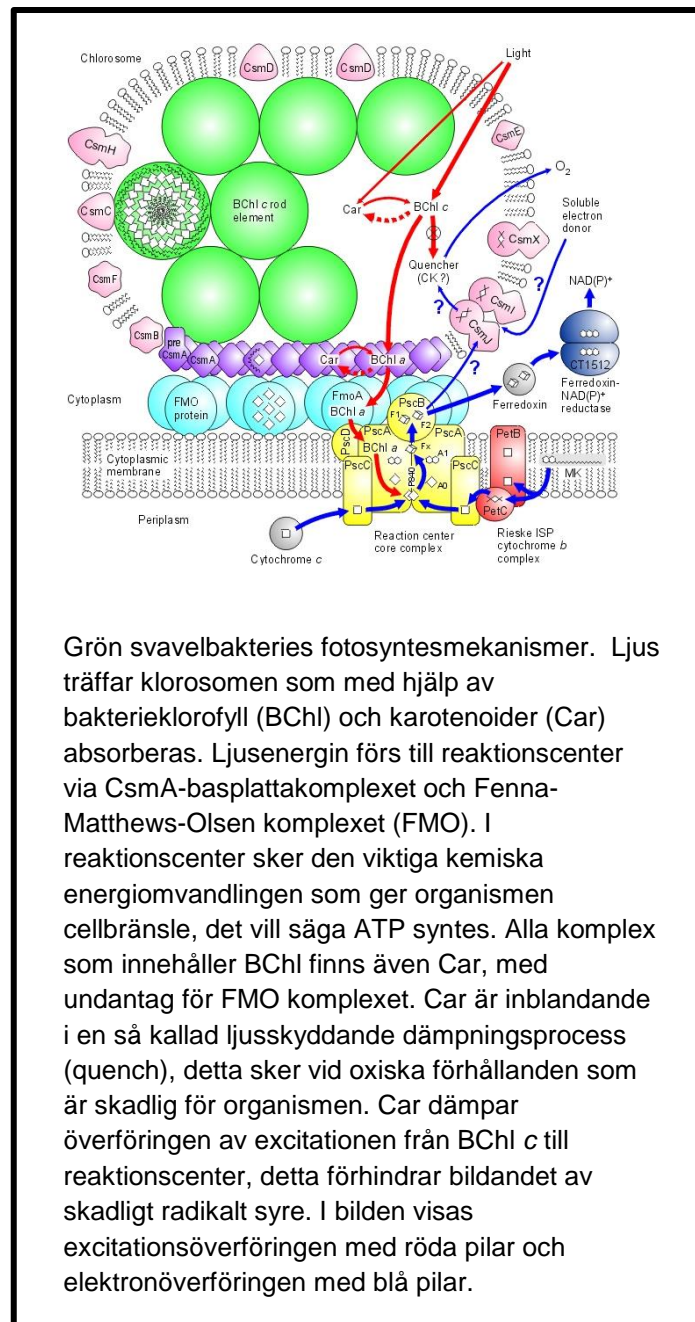
Basplattan är ett pigment-protein komplex som länkar mellan klorosomen och FMO. Plattan har både en viktig roll i energiöverföringen men även en stöttande strukturell roll.

Båda komplexen är väl sammantvinnade och tillsammans står de för att energin når målet, det vill säga reaktionscenter.

Vad skulle Darwin säga?

Det finns studier som behandlar evolutionära hypoteser om de gröna svavelbakteriernas fotosyntes. I vissa delar av fotosyntesen har man funnit en hög konserveringsgrad, ett exempel är de åtta BKL:en i FMO komplexet och hur de är positionerade. Med andra ord är arrangemanget i hög grad bevarat mellan olika gröna svavelbakterier.

De gröna svavelbakterierna sägs vara bland de första fotosyntetiserande cellerna. Detta baseras på studier kring reaktionscenter, sammanfattat kan man säga att reaktionscenter hos växterna (för att vara mer exakt; fotosystem I) och reaktionscenter hos bakterierna har evolverat utifrån en gemensam förmoder/fader. Men en viktig skillnad är att när det gäller ljusansamlingskomplexen (hos bakterien klorosomen) finns inget genetiskt gemensamt utan de har utvecklats separat.



Grön svavelbakteries fotosyntesmekanismer. Ljus träffar klorosomen som med hjälp av bakterieklorofyll (BChl) och karotenoider (Car) absorberas. Ljusenergin förs till reaktionscenter via CsmA-basplattakomplexet och Fenna-Matthews-Olsen komplexet (FMO). I reaktionscenter sker den viktiga kemiska energiomvandlingen som ger organismen cellbränsle, det vill säga ATP syntes. Alla komplex som innehåller BChl finns även Car, med undantag för FMO komplexet. Car är inblandande i en så kallad ljusskyddande dämpningsprocess (quench), detta sker vid oxiska förhållanden som är skadlig för organismen. Car dämpar överföringen av excitationen från BChl c till reaktionscenter, detta förhindrar bildandet av skadligt radikalt syre. I bilden visas excitationsöverföringen med röda pilar och elektronöverföringen med blå pilar.

6 000 år gamla fossila fynd finns från grön svavelbakteries fotosyntes, men bakteriernas fotosyntesprocess har (som nämnts tidigare) uppkommit långt tidigare. Förmågan att syntetisera klorosomer har med stor sannolikhet skett genom en horisontell överföring mellan förmodrar/fäder till dagens gröna svavelbakterier och andra anoxygena bakterier.

Även om en viss kartläggning har gjorts så finns det fortfarande många frågor att besvara vad gäller de gröna svavelbakteriernas fotosyntetiska ursprung.

Vill du läsa mer?

Frigaard N-U. 2013. Chlorosome Function and Structure. University of Denmark.

WWW-dokument: <http://www.bio.ku.dk/nuf/research/chlorosome.htm>. Hämtad 2013-02-28.

Frigaard N-U, Bryant D A. 2004. Seeing green bacteria in a new light: genomics-enabled studies of the photosynthetic apparatus in green sulfur bacteria and filamentous anoxygenic phototrophic bacteria. *Archives of Microbiology* **182**: 265–276.

Larson C R, Seng C O, Lauman L, Matthies H J, Wen J, Blankenship R E, Allen J P. 2011.

The three-dimensional structure of the FMO protein from *Pelodictyon phaeum* and the implications for energy transfer. *Photosynthesis Research* **107**: 139–150.

Holmer L. 2013. Ett annorlunda solningsbeteende – grön svavelbakteriers fotosyntes.

Självständigt arbete i biologi, Uppsala universitet.