Vědci odhalili podobu enzymu, který vytváří chlorofyl

Třeboň 13. listopadu 2026

Prostorovou strukturu klíčového enzymu při tvorbě chlorofylu – zeleného barviva rostlin, řas a sinic – poprvé určil mezinárodní tým vědců z Třeboně, německého Osnabrücku a britského Sheffieldu. Výsledky zveřejnil tento týden odborný časopis Nature Chemical Biology.

Chlorofyl zachycuje sluneční záření a umožňuje jeho přeměnu na chemickou energii. Je proto jedním z předpokladů fotosyntézy, na níž přímo či nepřímo závisí většina života na Zemi. Ačkoli vědci desítky let věděli, jakou chemickou reakci zajišťuje jeho klíčový enzym, chlorofyl-syntáza, molekulární úroveň celého procesu i přesná trojrozměrná podoba enzymu dosud zůstávala neznámá.

Při vzniku chlorofylu se nejprve vytváří kruhová část molekuly s atomem hořčíku, která pohlcuje světlo. Chlorofyl-syntáza k ní poté připojuje dlouhý hydrofobní řetězec (fytol), díky němuž se výsledný pigment může ukotvit v lipidové buněčné membráně. Výzkumníci nyní zjistili, kde se tyto části budoucí molekuly chlorofylu v enzymu setkají a jak může jejich spojení probíhat.

Vědci zkoumali enzym v sinici *Synechocystis*, která je vhodným modelem pro studium fotosyntézy. Třeboňský tým připravil a analyzoval očištěný bílkovinný komplex, což samo o sobě byl náročný úkol vzhledem k tisícům dalších bílkovin a struktur v buňce; kolegové z Osnabrücku pak izolovaný enzym zobrazili kryoelektronovou mikroskopií.

"*Při této metodě se vzorek rychle zmrazí a z velkého počtu elektronových snímků se počítačově sestaví prostorový model s rozlišením blízkým jednotlivým atomům*," říká Roman Sobotka z Centra Algatech Mikrobiologického ústavu AV ČR a dodává: *„Známe už dlouho chemický výsledek práce chlorofyl-syntázy, ale teprve nyní vidíme její molekulární uspořádání. To nám umožňuje vysvětlit, jak enzym rozpoznává své výchozí chemické látky, které propojuje do molekuly chlorofylu.*"

Překvapivě lineární a souměrné uspořádání

Model ukázal překvapivě lineární a souměrné uspořádání: dvě molekuly chlorofyl-syntázy jsou po stranách, mezi nimi leží dvojice drobných bílkovin HliD. Ty vážou chlorofyl a karotenoidy, tedy další fotosyntetická barviva a pravděpodobně fungují i jako ochranný štít. Když totiž chlorofyl pohltí foton světla, ale tuto energii nelze poslat dál do fotosyntézy, HliD přemění přebytečnou energii pohlceného světla na tepelnou energii. Tím se zabrání vzniku reaktivních forem kyslíku, které poškozují buňku.

Spojením snímků s počítačovým modelováním, simulacemi a pokusy s pozměněnými enzymy tým navrhl mechanismus, kterým chlorofyl-syntáza připojuje řetězec fytolu ke kruhové kostře chlorofylu. Zároveň popsal, proč enzym upřednostňuje určité výchozí chemické struktury. Srovnání navíc ukázalo pozoruhodnou podobnost uspořádání pigmentů v bílkovině HliD a ve světlosběrných anténách dnešních rostlin a řas – další vodítko k porozumění jejich evoluci.

„Podařilo se nám určit, kde se v chlorofyl-syntáze vážou obě části budoucí molekuly chlorofylu, a jak je enzym vytvarován, aby obě komponenty přesně rozpoznal. Pomocí počítačového modelování jsme pak navrhli, jak se obě části při vzniku chlorofylu propojují," vysvětluje Anna Wysocka.

Na výzkumu se podílely týmy Mikrobiologického ústavu AV ČR – Centra Algatech, Univerzity v Osnabrücku a Univerzity v Sheffieldu. Za třeboňské pracoviště jsou spoluautory Anna M. Wysocka, Arman Pazuki, Natalia Kulik, Jan Pilný a Roman Sobotka.

Výzkum v ČR podpořily Grantová agentura ČR (22-03092S) a projekt PHOTOMACHINES z programu OP JAK (CZ.02.01.01/00/22_008/0004624).

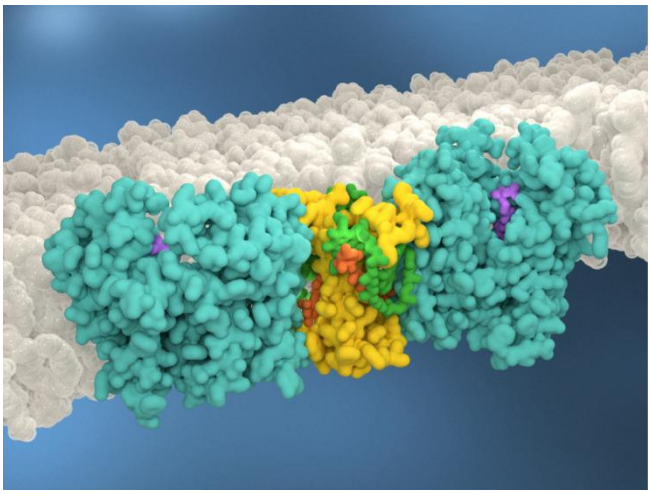
Mikrobiologický ústav AV ČR – Centrum Algatech je detašované pracoviště v Třeboni, které se již od roku 1960 zabývá studiem fototrofních mikroorganismů, tedy takových, které využívají ke svému životu světelnou energii. Výzkumníci se zde zabývají jak základním výzkumem (biochemií, molekulární genetikou fotosyntézy), tak aplikovaným výzkumem mikrořas, sinic a fototrofních bakterií.

Odkaz na publikaci:
https://doi.org/10.1038/s41589-026-02357-0

Kontakt:

Prof. Ing. **Roman Sobotka**, Ph.D.
Mikrobiologický ústav AV ČR, Centrum Algatech
roman.sobotka@mbu.cas.cz
+420 384 340 491

Mgr. **Richard Lhotský**, Ph.D.
Mikrobiologický ústav AV ČR – Centrum Algatech
richard.lhotsky@mbu.cas.cz
+420 773 752 546



Prostorový model komplexu chlorofyl-syntázy (tyrkysově) s bílkovinami HliD (žlutě).
Chlorofyl je zelený, karotenoidy oranžové a v aktivním místě enzymu je fialově znázorněn fytol.
Zdroj: Dmitry Shvarev, Univerzita v Osnabrücku