

Image by [xu zhenhao](#) from [Pixabay](#)

### **Jana Maková, Juraj Medo**

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra mikrobiológie, Fakulta biotechnológie a potravinárstva

### **Základná charakteristika siníc**

Sinice odbornou verejnosťou označované aj ako cyanobaktérie patria ku skupine prokaryotických (prvojadrových) organizmov, ktoré na rozdiel od eukaryotických organizmov nemajú morfológicky diferencované jadro, Golgiho aparát, mitochondrie, endoplazmatické retikulum a plastidy. Majú pevnú bunkovú stenu, pri ktorej sa farbením podľa H. CH. Gramma bunka farbí na ružovo až ružovočerveno a patria teda k skupine tzv. gramnegatívnych mikroorganizmov. Viaceré druhy siníc majú plynové vakuoly a niektoré z nich obsahujúce heterocyty schopnosť fixovať atmosférický dusík. S riasami ich spája rovnaký typ oxygéennej fotosyntézy, pri ktorej sa uvoľňuje kyslík a sú primárnymi producentmi organickej hmoty, čím sa líšia od väčšiny baktérií, ktoré sú heterotrofné a skôr plnia funkciu deštruentov. Niektoré druhy siníc však vedia prejsť aj na anoxygéenny fotosyntetický režim využívajúci ako zdroj energie sulfidy alebo v tme za neprítomnosti kyslíka sú schopné skvasovať substráty.

Počas svojho fylogenetického vývoja sa prispôbili takmer všetkým ekologickým podmienkam a osídľujú najrozličnejšie biotopy na Zemi. Kolonizujú rôzne prostredia od morí a oceánov po sladké vody, pôdu a teplotne extrémne prostredia, akými sú horúce termálne pramene (až 82 °C), ako aj povrchové vrstvy snehu a ľadu, ktoré farbia do modra.

### **Tvorba vodného kvetu**

V stojatých a tečúcich vodách tvoria sinice dôležitú zložku fytoplanktónu a fytobentosu, kde sa namnožením ich biomasy môže tvoriť vodný kvet. Ide o stav, kedy sa pôvodne priezračná, čistá voda zmení na zelenú, tmavozelenú, hnedú alebo hnedočervenú až červenú. Pri planktónovom type vodného kvetu sú sinice vo vode viditeľné voľným okom v podobe zrníčok, vločiek, ihličiek a drobných chumáčikov. Neskôr sa vytvorí lesklá a výrazne zafarbená povrchová blanka, ktorá pripomína rozliatu olejovú farbu. Farba vody závisí od dominantného druhu siníc. V jazerách Slovenska prevládajú vo vodnom kvete rody siníc *Microcystis*, *Woronichinia*, *Aphanizomenon* a *Planktothrix*. Pri type vodného kvetu, ktorý sa tvorí v plytkých stojatých vodách a pomaly tečúcich tokoch prevládajú sinice rodu *Oscillatoria*. Pri ňom sa na jar alebo začiatkom leta vlákna siníc spolu s inými druhmi mikroorganizmov masovo rozmnožia v litoráli, kde dopadá priame slnečné žiarenie. Tieto

povlaky sa potom z dna odtrhajú, dostávajú sa na povrch hladiny, kde tvoria plávajúce slizovité chumáče až súvislé koberce.



**Vodný kvet - rybník Kolíňany Foto: Medo**

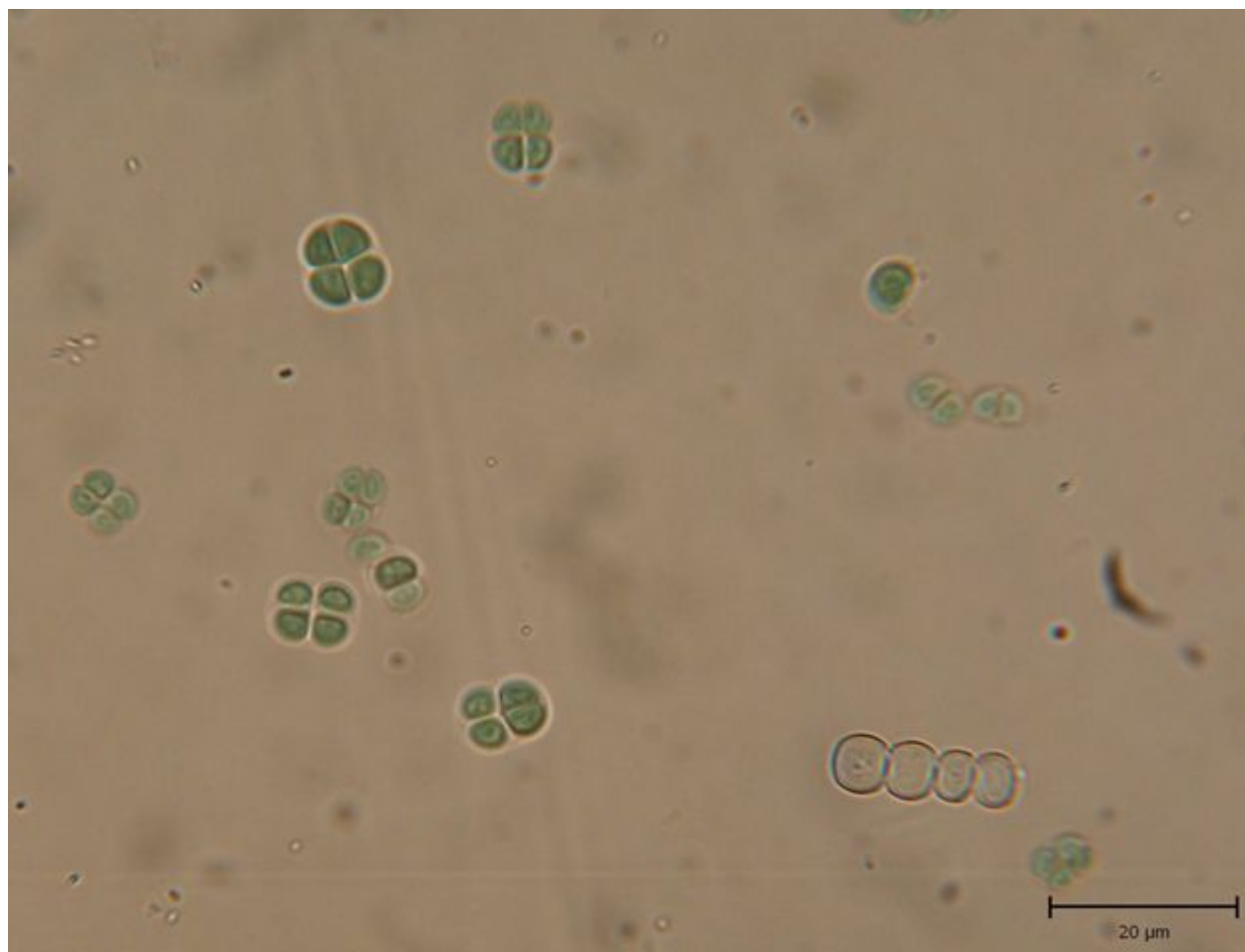
Tvorba vodného kvetu sa spája s prítomnosťou zvýšeného obsahu fosforečnanov a dusičnanov, ktoré pre svoj rast a produkciu biomasy využívajú sinice a riasy. Vo vodnom hospodárstve je tvorba vodného kvetu pozitívna v produkčných rybníkoch, kde je jeho tvorba podporovaná. Rovnako aj v štrkoviskových jazerách, z ktorých voda sa používa na závlahy možno vytvorenú biomasu siníc a rias vo vodnom kvete pokladať za organické hnojivo.

V nádržkách s pitnou vodou, v rekreačných nádržkách a bazénoch používaných na kúpanie je tvorba vodného kvetu nežiadúca v dôsledku produkcie sinicových toxínov. Cyanotoxíny, sú nebezpečné pre živé organizmy, vrátane človeka, ktorému môžu spôsobiť rozličné zdravotné problémy, najčastejšie podráždenie kože, sliznice a očí alebo po napití spôsobiť hnačkové ochorenia. Niektoré majú aj neurotoxické a hepatotoxické účinky. Pripravenosť vodných plôch a umelých kúpalísk na danú sezónu uvádza každoročne na svojej stránke Úrad verejného zdravotníctva Slovenskej republiky. Počas sezóny kúpania, ktorá v našich podmienkach trvá v závislosti od pripravenosti kúpalísk, počasia a záujmu verejnosti

zvyčajne od 15. júna do 15. septembra Regionálne úrady verejného zdravotníctva vykonávajú štátny zdravotný dozor a monitorujú kvalitu vody na kúpanie v presne stanovených časových intervaloch.

### **Metabolity siníc**

Vo svete sa vo výskumnej činnosti na sinice sústreďuje veľká pozornosť z hľadiska produkcie obrovského množstva metabolitov. Autori Demay et al. (2019) realizovali metaanalýzu dát zo 670 vedeckých článkov publikovaných v priebehu rokov 1970 až 2019, v ktorých sa popisuje okolo 1630 unikátnych metabolitov produkovaných sinicami. Hlavnými producenti bioaktívnych metabolitov sú sinice zaradené do radov *Oscillatoriales*, *Nostocales* a *Chroococcales*. Na úrovni rodu sú najaktívnejšími producentmi rody *Lyngbya* a *Nostoc*. Ďalšími v poradí sú *Anabaena*, *Oscillatoria* a *Microcystis*. Z hľadiska biotopov viac metabolitov bolo získaných zo siníc z morského prostredia ako zo sladkovodného prostredia. Rozdiel však autori odôvodňujú väčším počtom výskumných aktivít venovaných morskému prostrediu.



Sinice rodu *Chroococcus* (botanická záhrada SPU v Nitre) Foto: Maková

Metabolity siníc uvedení autori rozdelili do 260 skupín, ktoré klasifikovali do 10 chemických tried (alkaloidy, peptidy, depsipeptidy, lipopeptidy, makrolipidy a laktóny, polysacharidy, terpény, polyketidy a ďalšie) a do 14 biologických aktivít (letalita, neurotoxicita, hepatotoxicita, dermaltoxicita a cytotoxicita, protizápalové, antioxidantné, antivírusové, antimikrobiálne, antibakteriálne, antifungálne a antiprotozoálne aktivity, ako aj proteázové a enzýmové inhibičné aktivity). Vo výskume najčastejšie dokázanou aktivitou metabolitov siníc bola cytotoxická aktivita, menej antioxidantná a protizápalová aktivita. Autori však poukazujú na nerovnováhu spôsobenú frekvenciou testovania v prospech testov cytotoxicity, čo odzrkadľuje tendenciu nájsť cytotoxické zlúčeniny, ktoré by boli použiteľné pri liečbe rakoviny alebo majú potenciál ich využitia v iných oblastiach.

Analýza génomu siníc preukázala, že rozmanitosť známych metabolitov je iba zlomkom skutočného metabolického potenciálu siníc.

## Prínosné aktivity metabolitov produkovaných sinicami

Metabolity siníc majú širokú škálu aplikácii napríklad v poľnohospodárstve, farmakológii a kozmetike, ale aj v potravinárskom priemysle.

**Metabolity s antimikrobiálnou aktivitou**, pokiaľ nemajú toxické účinky sú zvlášť zaujímavé na aplikáciu v potravinárskom priemysle na čistenie zariadení pri spracovaní a konzervovaní potravín.

### Príklady metabolitov:

**Eucapsitrione** - fenolová zlúčenina produkovaná sinicou *Eucapsis* sp., ktorá má antimikrobiálne, antioxidantné, protizápalové a silné protirakovinové účinky.

**Kyselina abietová** - patrí do skupiny terpénov produkovaná sinicou *Plectonema radiosum* a vykazuje antisinicovú aktivitu proti *Synechococcus nidulans*.

**Hepalindol** - alkaloid produkovaný rodmi *Hapalosiphon*, *Fischerella*, *Westiellopsis* a *Westiella* vykazuje antibakteriálnu, antifungálnu, antialgálnu a insekticídnu aktivitu.

**Cyanobakterín** - derivát laktónu produkovaný druhmi *Scytonema hofmanni* UTEX 2349, *Nostoc linckia* CALU 892 má antialgálnu a antisinicovú aktivitu.

**Fisherelíny** - polyketidy produkované sinicami rodu *Fisherella* majú antialgálnu, antisinicovú, antifungálnu a letálnu aktivitu.

**Hassalidíny** - patria do skupiny glykolipopeptidov, vykazujú antifungálnu aktivitu a boli produkované rodmi *Hassalia* sp., *Anabaena* sp. a ďalšími.

**Aplysiatoxíny** - alkaloidy produkované druhmi *Lyngbya majuscula*, *Schizothrix calcicola*, *Oscillatoria nigro-viridis*, *Trichodesmium erythaeum*, majú antivírusovú aktivitu, ale sú to i aktívne dermatotoxíny a podporujú tvorbu nádorov schopnosťou aktivovať proteínázu K, ktorá hrá dôležitú úlohu pri bunkovej proliferácii, diferenciácii a apoptóze.

**Cyanovirín N** - proteín, ktorý vykazuje antivírusovú aktivitu proti vírusom typu HIV-1, HIV-2, SIV, HHV-6, chrípky, eboly a osýpok. Metabolit je produkovaný sinicami *Nostoc ellipsosporum*, *Cyanothece* sp.

**Companeramidy** - sú cyklické depsipeptidy produkované sinicami *Leptolyngbya* sp. (teraz *Hyalidium*) vykazujúce antimalarickú aktivitu proti 3 kmeňom *Plasmodium falciparum*

rezistentným na chlorochín. Tiež nepreukázali žiadnu významnú cytotoxicitu proti bunkovým líniam použitým pri teste, čo predstavuje jedinečnú vlastnosť pre vývoj špecifických, ale netoxických antimalarií. Ich aktivita proti *Plasmodium falciparum* je 100-krát nižšia ako chlorochín (bežne používaný liek), čo znižuje ich potenciálne využitie.

### **Metabolity s potenciálnou antirakovinovou aktivitou**

V súčasnosti patrí rakovina medzi najdôležitejšie neprenosné ochorenia na celom svete. Na testovanie cytotoxickej aktivity sa používajú rôzne bunkové línie z nádorových buniek ako napríklad bunková línia HeLa (spôsobujúca rakovinu krčka maternice), KB (derivát HeLa), LoVo (ľudský nádor hrubého čreva), H-460 (ľudská rakovina pľúc) a MCF-7 (ľudská rakovina prsníka).

### **Príklady metabolitov s cytotoxickými účinkami**

**Anabaenolysíny** - sú lipopeptidyprodukované 2 kmeňmi siníc *Anabaena* sp. XPORK 15F a *Anabaena* sp. XSPOK 27C, ktoré vykazovali cytotoxické účinky na testované bunkové línie. Sú schopné rozpúšťať lipidovú zložku bunkových membrán a majú aj hemolytickú aktivitu.

**Spumigíny** - peptidy izolované z *Nodularia spumigena* AV1 & CCY 9414 a *Anabaena compacta* NIES-835 vykazovali inhibičnú aktivitu proti niektorým proteázam (trypsínu, trombínu, plazmínu a katepsínu B), ktoré sú potenciálne spojené s rakovinovými bunkami.

### **Metabolity s protizápalovými a antioxidačnými účinkami**

Metabolity s protizápalovými účinkami sa veľmi intenzívne študujú z dôvodu ich využitia ako terapeutiká proti zápalovým ochoreniam ako reumatoidná artritída, psoriáza, chronická obštrukčná choroba pľúc, roztrúsená skleróza a zápalové ochorenie čriev. Avšak protizápalové zlúčeniny môžu byť užitočné aj proti kardiovaskulárnym ochoreniam, ako sú ateroskleróza a neurodegeneratívne choroby, ako je Parkinsonova choroba.

Ako nádejné metabolity s protizápalovými účinkami sa javia **aeruginozíny, fykocyanín a scytonemín**, ktoré sú produkované množstvom siníc a zároveň nevykazovali pri testovaní na zvieratách žiadnu cytotoxicitu. Všetky metabolity si však vyžadujú ďalšie testovanie.

**Fykocyanín** je pigment vyskytujúci sa v bunkách siníc spolu chlorofylmi a fykoerytrínom. Tento pigment preukázal širokú škálu prospešných vlastností vrátane antioxidačnej, protizápalovej, neuroprotektívnej a hepatoprotektívnej aktivity.

### **Záver**

I keď sa metabolity siníc väčšinou spájajú s negatívnymi účinkami na zvieratá, vrátane človeka, predovšetkým pri kúpaní sa v nádržiach využívaných na rekreačné účely, v ktorých sa nadmerne rozmnožia vo forme vodného kvetu je potrebné uviesť, že metabolity siníc majú veľký potenciál ich využitia aj v pozitívnom smere. Vyžaduje si to však ešte množstvo ďalších experimentov, predovšetkým v oblasti pochopenia mechanizmov ich pôsobenia.

### **Použitá literatúra**

HINDÁK, F. - HINDÁKOVÁ, A. 2008. Impact of Cyanophyte Water Blooms on Water Management and Human Health. In Životné prostredie, vol. 42, 2008, no. 4, pp. 171 - 175,

JAVOREKOVÁ, S. - MAKOVÁ, J. 2019. Mikrobiológia. Nitra : SPU v Nitre, 2019, 137 s. ISBN 978-80-552-2113-7.

DEMAY, J. - BERNARD, C. - REINHARDT, A. - MARIE, B. 2019. Natural Products from Cyanobacteria: Focus on Beneficial Activities. In Marine Drugs, vol. 7, 2019, no. 320, pp. 1-49.