

SCI CELL

ODBORNÝ MAGAZÍN
WWW.SCICELL.ORG

2026

ISSN 2585-9137
Vydavateľstvo SciCell





Sinice a ich metabolity

Publikované 12. augusta 2020

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 oxygénej 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 anoxygénny 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 Koliňany Foto: Medo

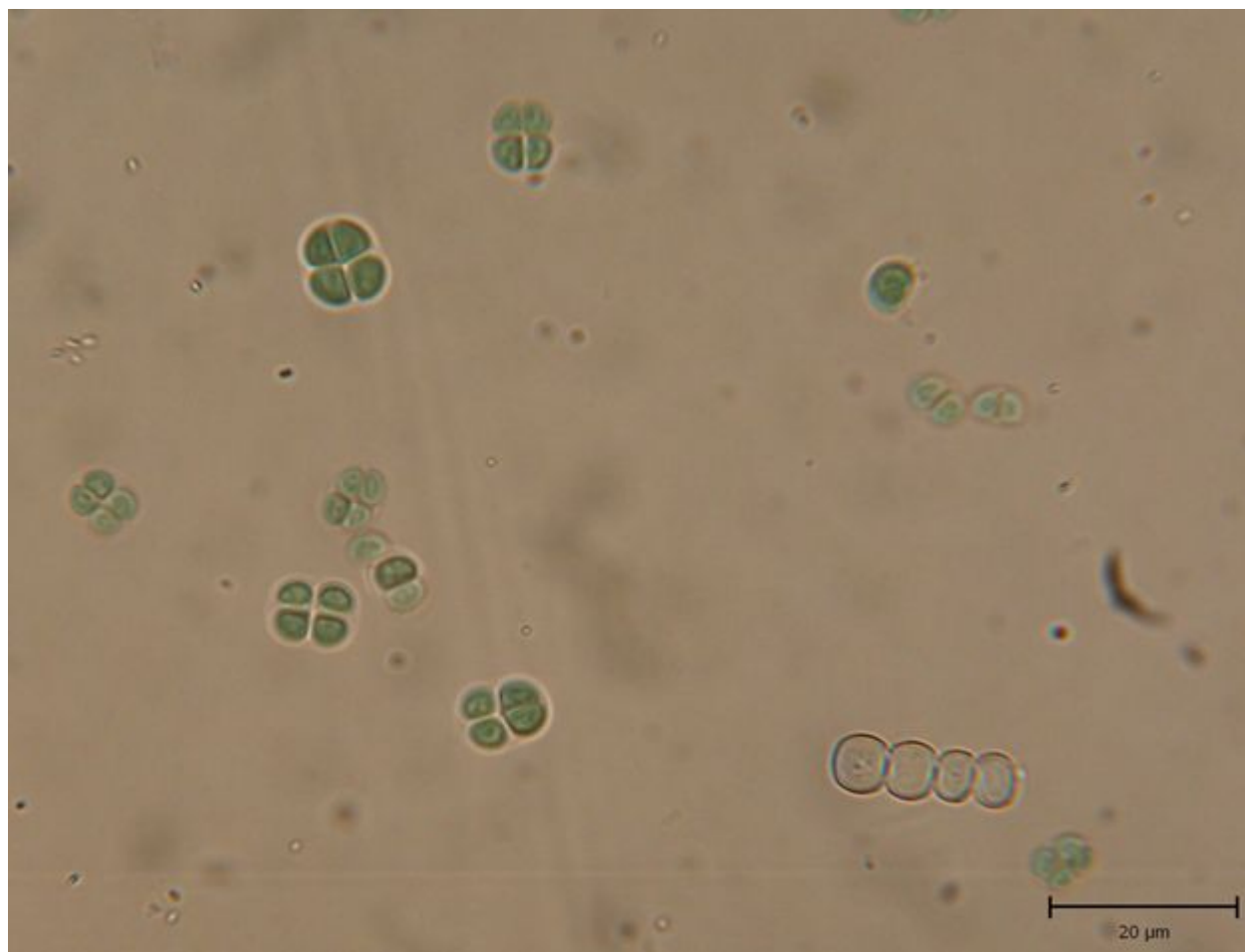
Tvorba vodného kvetu sa spája s prítomnosťou zvýšeného obsahu fosforečnanov a dusičnanov, ktoré pre svoj rast a produkciu biomasy využívajú sinice a riasy. Vo vodnom hospodárstve je tvorba vodného kvetu pozitívna v produkčných rybníkoch, kde je jeho tvorba podporovaná. Rovnako aj v štrkoviskových jazerách,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

V nádržiach s pitnou vodou, v rekreačných nádržiach 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 aplikácií 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, antioxidačné, 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 antimalarík. 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. XSPORK 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.