

Antimikotične lastnosti piperidinskih alkaloidov iz plodov črnega poprovca (*Piper nigrum* L.)

Miha Slapničar, Hana Grintal, Ana Lucija Čuk, Matej Vošnjak

Črni poprovec (*Piper nigrum* L.), ki ga uvrščamo v rod poprovecv (preglednica 1), v katerem je znanih več kot tisoč različnih vrst, izvira iz zahodne Indije (Charles, 2013). Je olesenela večletna ovijalka, ki lahko v višino zraste do 9 metrov. Listi so debeli, gladki, rahlo povoščeni ter ovalne oblike, veliki od 13 do 25 centimetrov. Na njihovi spodnji strani, na mladih poganjkih in pecljih, so voščene žleze. Rastlina razvije podolgovata socvetja z drobnimi belimi cvetovi in cveti skozi celo leto. V posameznem socvetju se razvije od 50 do 60 plodov – poprovih jagod (slika 1). Črni poprovec, ki raste v divjini, je dvodomna rastlina, sorte, ki jih prideluje človek, pa so enodomne. Gojeni poprovec je samooprašna rastlina, pri opraitvi pa ima pomembno vlogo dež (Nelson in Cannon-Eger, 2011; Ravindran, 2006).

V zgodovini so ljudje imeli poper za prestižno začimbo, ki se je v nekaterih državah uporabljala kot plačilno sredstvo za blagovno menjavo. Črni poper je trgovsko najbolj razširjena začimba na svetu in predstavlja približno 20 odstotkov celotnega uvoza

začimb. Trenutno poper pridelujejo v šestindvajsetih državah po svetu (Ravindran, 2006). V letu 2018 je bila svetovna proizvodnja črnega popra ocenjena na 752.000 ton, svetovni uvoz 414.000 ton ter izvoz 392.000 ton, pri vseh pa se kaže naraščajoč trend. Prav tako je bilo v letu 2018 v svetu 590.000 hektarov površin za pridelavo črnega popra (od tega največ v Indoneziji, Indiji in Vietnamu), s skupnim povprečnim pridelkom 1,3 tone na hektar (FAO, 2018). Vietnam velja za največjega svetovnega pridelovalca popra z 273.000 tonami, kar predstavlja okrog 35 odstotkov svetovne proizvodnje popra. Po pridelavi mu sledijo Indonezija, Brazilija, Indija in ostali (Šrilanka, Kitajska, Malezija, Mehika) (slika 2) (FAO, 2018). Glede na način obdelave plodov črnega poprovca ločimo beli, črni in zeleni poper, vsi se pogosto uporabljajo v kulinariki, se pa med seboj razlikujejo po vsebnostih različnih snovi (preglednica 2). Poleg pogoste uporabe v kulinariki se črni poper uporablja tudi v medicini. Plodovi vsebujejo veliko mineralov, vitaminov in

Sistemska kategorija	Znanstveno ime
Kraljestvo	Plantae (rastline)
Deblo	Magnoliophyta (semenke)
Razred	Mangoliopsida (dvokaličnice)
Red	Piperales (poprovci)
Družina	Piperaceae (poprovke)
Rod	<i>Piper</i> (poprovec)
Vrsta	<i>Piper nigrum</i> L. (črni poprovec)

Preglednica 1:
Taksonomska
klasifikacija
črnega
poprovca
(USDA,
2020).



Slika 1:
Zoreče jagode črnega poprovca
(*Piper nigrum* L.)
(NatureBring, 2019).



Slika 2:
Svetovna proizvodnja črnega popra po državah
(v odstotkih) (FAO, 2018).

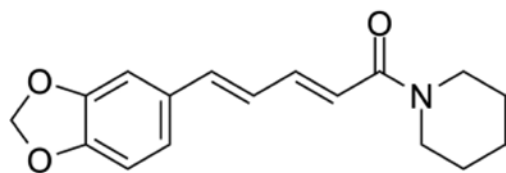
Preglednica 2:
Vsebnosti snovi v črnem, zelenem in belem popru
(Liu in sod., 2018; Hammouti, 2019; Superfoodly, 2018).



	ČRNI POPER	ZELENI POPER	BELI POPER
Piperin (g/100 g)	4,1	3,3	3,7
Eterična olja (ml/100 g)	3	2,9	2,3
Vitamin C (mg/100 g)	21	60	31
Lipidi (%)	15,3	13,9	12,1
Nasičene maščobne kisline (%)	44,4	29,8	47,2
Nenasičene maščobne kisline (%)	43,2	68,5	46,3
Esencialne aminokisline (g/100 g)	3,8	4,0	4,4
Vsebnost nehlapnih etrov (%)	13,3	14,5	18,1



Slika 3:
Posamezne skupine fenolnih spojin,
prisotne v plodovih črnega popra
(Feng in sod., 2020)



Slika 4:
Skeletna formula molekule piperina
(MedChemExpress, 2018)

prehranskih vlaknin, 5-9 odstotkov alkaloidov, 1,2-5 odstotkov eteričnega olja in številne sekundarne metabolite, predvsem fenolne snovi (slika 3) (Feng in sod., 2020; Hammouti, 2019). Slednje, ki so za organizme večinoma toksične, niso neposredno vključene v metabolne procese. Rastlina jih potrebuje kot zaščito pred škodljivci, za odvrčanje herbivorov, za privabljanje opraševalcev in podobno (Ahmad in sod., 2010).

Med več različnimi znanimi lastnostmi črnega popra velja omeniti antimikotično, antioksidativno in insekticidno delovanje, zaradi česar ima črni poper velik potencial pri varstvu rastlin pred boleznimi in škodljivci (Ahmad in sod., 2010; Scott in sod., 2008). Največ potenciala na različne biološke dejavnosti črnega popra imajo poleg sekundarnih metabolitov tudi piperidinski alkaloidi, izolirani iz zunanje lupine in semen, med katerimi so najbolj zastopani: piperin (slika 4), piperidin, piperetin, piperanin in piperid (Beltran in sod., 2017). Na vsebnost omenjenih alka-

loidov v plodovih lahko vplivajo podnebje, rastne razmere in kraj izvora.

Kmetijstvo v Sloveniji se srečuje s številnimi težavami, ki so posledica delovanja abiot-skih ali biotskih dejavnikov. Eden od večjih problemov pri slovenskih pridelovalcih sadja so glivične okužbe, ki povzročajo škodo na rastlinah. Posledice so lahko zelo hude, saj lahko ena sama gliva povzroči propad drevesa in posledično okužbo sosednjih rastlin (Bautista-Banos in sod., 2014). Za zatiranje povzročiteljev bolezni večinoma uporabljajo sintetične pripravke, ki pa so škodljivi za okolje in ljudi. Velika uporaba fitofarmacevtskih sredstev je povzročila, da so njihovi ostanki zašli v podtalnico, s tem pa tudi v tla in posledično v hrano, ki jo zaužijemo. Velik problem je tudi pojav odpornosti patogenih gliv proti sintetičnim antimikotikom.

Zaradi škodljivosti in večje ozaveščenosti, je uporaba snovi, izoliranih iz rastlin, vse pogostejša. Med alternativami antimikotikov je tudi uporaba rastlinskih izvlečkov, ki so cenejši, bolj dosegljivi ter manj strupeni in škodljivi za

okolje. Zato je za obvladovanje rastlinskih bolezni vse bolj zaželen uporaba ekoloških pripravkov. V zadnjem času se je povečalo število raziskav na temo rastlinskih izvlečkov, saj so ljudje ozavešeni o škodljivi uporabi pesticidov (Choi in sod., 2004). Ugotovili so, da so v ne-

katerih višjih rastlinah antimikotične snovi, ki so zaradi biorazgradljivosti in selektivne toksičnosti zelo dragocene, vendar so dražje od sintetičnih spojin in manj dosegljive. Naravni proizvodi so v primerjavi s samimi sintetičnimi antimikotiki tudi manj strupeni.

Preglednica 3: Pregled objav na temo antimikotičnih lastnosti različnih rastlinskih delov črnega popra.



Del rastline in spojina	Testna gliva	Rezultat	Vir
Eterična olja iz listov <i>Piper nigrum</i>	<i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus parasiticus</i>	—	Jain in Jain (1972); Rao in Nigam (1976); Tantaoui in Beraoud (1994)
Eterična olja iz belih in črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Candida albicans</i> , <i>Aspergillus niger</i> in <i>Aspergillus flavus</i>	—	Li in sod. (2019)
Izvlečki (vodni, etanolni, metanolni in petroleter) listov <i>Piper nigrum</i>	<i>Candida albicans</i> in <i>Aspergillus</i> spp.	—	Akthar in sod. (2014)
Etanolni izvleček črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Aspergillus parasiticus</i>	—	Bultimea in sod. (2012)
Ekstrahirani alkaloidi in fenolne spojine iz črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Microsporum</i> spp., <i>Trichophyton</i> spp. in <i>Epidermophyton floccosum</i>	—	Dheeb (2015)
Izvečki (ogljikov tetraklorid, benzen, kloroform, etil acetat, aceton, etanol) črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Aspergillus niger</i>	—	Karthikeyan in sod. (2019)
Etanolni izvleček črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Colletotrichum capsici</i> , <i>C. gloeosporioides</i> in <i>Fusarium oxysporum</i>	—	Ounchokdee in sod. (2016)
Izvečki (petroleter, kloroform, dietileter, etilacetat, aceton in metanol) črnih plodov <i>Piper nigrum</i>	<i>Colletotrichum capsici</i> , <i>C. gloeosporioides</i> in <i>Fusarium oxysporum</i>	— Dietileter — Etilacetat	Ounchokdee in sod. (2016)
Izvečki (vodni, etanolni in metanolni) listov <i>Piper nigrum</i>	<i>Aspergillus luchuensis</i> , <i>Aspergillus luchuensis</i> , <i>Aspergillus Flavus</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Penicillium oxalicum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Mucor</i> spp.	O	Pundir in Jain (2010)
Izvečki (etilacetat in aceton) listov <i>Piper nigrum</i>	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium chrysogenum</i> in <i>Candida albicans</i>	—	Shanmugapriya in sod. (2012)

Opomba k stolpcu »Rezultat«:

- – negativen vpliv na rast gliv
- O nima vpliva na rast gliv

Mnogo rastlinskih vrst vsebuje biorazgradljive in selektivno toksične snovi z antimikotičnimi lastnostmi. Boulogne s sodelavci (2012) jih v svojem preglednem prispevku navaja 1064, razdeljenih v 150 različnih družin. Xu in Li (2011) sta v raziskavi ovrednotila 68 snovi iz 22 vrst rodu *Piper* s potencialnim antimikotičnim delovanjem in jih razdelila v naslednje skupine: amidi, flavonoidi, derivati benzojskih kislin, lignani in fenilpropanoidi (Xi in Li, 2011). Z raziskovanjem antimikotičnih lastnosti različnih rastlinskih vrst se že vrsto desetletij ukvarja veliko raziskovalcev. V preglednici 3 je prikazan sistematični pregled pomembnejših objav na temo antimikotičnih lastnosti različnih rastlinskih delov črnega poprovca (*Piper nigrum* L.).

Skleniti je mogoče, da se število raziskav na področju rastlinskih ekstraktov zaradi osveščenosti ljudi o škodljivosti sintetičnih pesticidov povečuje. Dobro alternativo sintetičnim pesticidom naj bi glede na raziskave predstavljali tudi plodovi črnega popra in njegovi izvlečki. Čedalje bolj je zaželen uporaba ekoloških pripravkov za obvladovanje rastlinskih bolezni. Iz pregleda literature na temo črnega poprovca in njegovih antimikotičnih lastnosti je bilo ugotovljeno, da ima rastlina potencial pri nadzoru različnih vrst gliv. Uporaba različnih izvlečkov črnega poprovca bi lahko predstavljala možnost ekološkega pristopa k nadzoru patogenih gliv, povzročiteljc bolezni v kmetijstvu, poleg tega pa bi s tem varovali naravo in biološko pestrost v naravi.

Raziskavo je podprl projekt ERASMUS+ »Diversity in Science toward Social Inclusion – Non-formal Education in Science for Students' Diversity (DiSSI)« (612103-EPP-1-2019-1-DE-EPPKA3-IPI-SOC-IN), ki ga financira Evropska unija.

Literatura:

Ahmad, I., Shahid, M., Owais, M., Aqil, F., 2010: *Combating Fungal Infections: Problems and Remedy*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 454-469.
Akthar, M. S., Birhanu, G., Demisse, S., 2014: *Antimicrobial activity of Piper nigrum L. and Cassia*

didymobotrya L. leaf extract on selected food borne pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4: 911-919.

Aldaly, Z. T., 2010: *Antimicrobial activity of piperine purified from Piper nigrum*. *Journal of Basrah Research*, 36: 54-61.

Bautista-Banos, S., Bosquez-Molina, E., Barrera-Necha, L. L., 2014: *Postharvest decay: Control Strategies*. London: Academic Press, Elsevier Inc., 239-246.

Beltran, L. R., Dawid, C., Beltran, M., Levermann, J., Titt, S., Thomas, S., Purschel, V., Satalik, M., Gisselmann, G., Hofmann, T., Hatt, H., 2017: *The effect of pungent and tingling compounds from Piper nigrum L. on background K⁺ currents*. *Frontiers in Pharmacology*, 8: 1-14.

Boulogne, I., Petit, P., Ozier-Lafontaine, H., Desfontaines, L., Loranger-Merciris, G., 2012: *Insecticidal and antifungal chemicals produced by plants: a review*. *Environmental chemistry letters*, 10 (4): 325-347.
Charles, J. D., 2013: *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. New York: Springer, Science+Business Media, 440-460. (eBook.)

Choi, G. J., Jang, K. S., Kim, J. S., Lee, S. W., Cho, J. Y., Cho, K. Y., Kim, J. C., 2004: *In vivo antifungal activities of 57 plant extracts against six plant pathogenic fungi*. *The Plant Pathology Journal*, 3: 184-191.

Dheeb, B. I., 2015: *Antifungal Activity of Alkaloids and Phenols Compounds extracted from black pepper Piper nigrum against some pathogenic fungi*. *Journal of Biotechnology Research Center*, 9: 46-53.

Feng, Y., Dunshea, R. F., Suleria, H., 2020: *Characterization of bioactive compounds from black spices and their potential antioxidant activities*. *Journal of Food Science and Technology*, 57 (1): 1-18.

Hammouti, B., Dahmani, M., Yabyii, A., Ettoubami, A., Messali, M., Asebraou, A., Bouyanzer, A., Warad, I., Touzani, R., 2019: *Black Pepper, the »King of Spices«: Chemical composition to applications*. *Arabian Journal of Chemical and Environmental Research*, 6 (1): 12-56.

Jain, S. R., Jain, M. R., 1973: *Effect of some common essential oils on pathogenic fungi*. *Planta Medica*, 24 (2): 127-132.

Karthikeyan, G., Geetha, R. V., Thangavelu, L., 2018: *Antimitotic activity of Piper nigrum on clinical isolates of candida*. *International journal of research in pharmaceutical sciences*, 10 (2): 1167-1171.

Li, Y. X., Zhang, C., Pan, S., Chen, L., Liu, M., Yang, K., Zeng, X., Tian, J., 2019: *Analysis of chemical components and biological activities of essential oils from black and white pepper (Piper nigrum L.) in five provinces of southern China*, 9.

Liu, H., Zheng, J., Liu, P., Zeng, F., 2018: *Pulverizing processes affect the chemical quality and thermal property of black, white, and green pepper (Piper nigrum L.)*. *Journal of Food Science and Technology*, 55 (6): 2130-2142.

Medchemexpress, 2018: *Skeletna formula molekule piperina*. Dostopno na naslovu: <https://www.medchemexpress.com/Piperine.html>. (13. 3. 2021.)

Naturebring, 2019: *Črni poprovec (Piper nigrum L.)*. Dostopno na naslovu: <https://www.pinterest.com/pin/809522101750457988/>. (13. 3. 2021.)

Nelson, S. C., Cannon-Eger, K. T., 2011: *Farm and*

- Forestry Production and Marketing profile for Black pepper (*Piper nigrum*). (online). Hawai'i. Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources. Dostopno na naslovu: <http://agroforestry.net/scps>. (10. 11. 2020.)
- Ounbokdee, U., Rueangrit, S., Dethoup, T., 2016: Antifungal activity profile of *Piper longum* fruit extract against plant pathogenic fungi. *Journal of Biopesticides*, 9: 97.
- Pundir, R. K., Jain, P., 2010: Comparative studies on the antimicrobial activity of black pepper (*Piper nigrum*) and turmeric (*Curcuma longa*) extracts. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 1 (2): 492-500.
- Ravindran, P. N., 2006: Black pepper: *Piper nigrum*. *Medicinal and Aromatic Plants-Industrial Profiles*. Amsterdam: Taylor & Francis e-Library, 38 in 400-460.
- Scott, I. M., Jensen, H. R., Philogène, B. R. J., Arnason, J. T., 2008: *A review of Piper spp. (Piperaceae)* phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochemistry Reviews*, 7: 65.
- Shanmugapriya, K., Saravana, P. S., Payal, H., Mohammed, S., Williams, B., 2012: Antioxidant potential of pepper (*Piper nigrum*) leaves and its antimicrobial potential against pathogenic microbes. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 3 (4): 570-577.
- Sparks, D. L., 2004: *Advances in agronomy*, prva izdaja. New York: Elsevier Inc., 82.
- Superfoodly, 2018: *What's a Green Peppercorn? Perhaps Healthier Than Black Pepper*. Dostopno na naslovu: <https://www.superfoodly.com/green-peppercorn/>. (20. 12. 2020.)
- USDA: Classification for Kingdom Plantae Down to Species *Piper nigrum* L. Dostopno na naslovu: <https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=display&classid=PINI3>.
- Xu, W. H., Li, X. C., 2011: Antifungal compounds from *Piper* species. *Current bioactive compounds*, 7 (4): 262-267.



Miha Slapničar je profesor kemije in biologije. Na Pedagoški fakulteti Univerze v Ljubljani je zaposlen kot asistent za področje kemije v izobraževanju. Njegovo raziskovalno področje je organska kemija naravnih spojin in preučevanje razumevanja redoks reakcij. Je mentor številnim diplomantom in magistrantom, sodeluje v več raziskovalnih projektih v Sloveniji in Evropski uniji. Že vrsto let sodeluje pri pripravi nalog za kemijska tekmovanja ter mentorira študentske in dijaške maturitetne projektne raziskovalne naloge.

Nova imena laktobacilov – pomembnih industrijskih mikroorganizmov in probiotikov • Mikrobiologija

Nova imena laktobacilov – pomembnih industrijskih mikroorganizmov in probiotikov

Sabina Fijan, Primož Treven, Irena Rogelj

Laktobacili so pomembna skupina mlečno-kislinskih bakterij, ki so zgodovinsko tesno povezane s človeško kulturo in dobrim počutjem. Njihova značilnost je proizvodnja mlečne kisline, ki je glavni končni produkt fermentacije sladkorjev, s katero pridobivajo energijo. Laktobacile, tako kot tudi druge

mlečnokislinske bakterije, človek že stoletja uporablja za proizvodnjo fermentirane hrane in krme, saj zagotavljajo varnost in obstojnost živil, izboljšajo čutne (senzorične) lastnosti in prehransko vrednost živil, številni med njimi pa imajo tudi koristne učinke za zdravje. Zaradi izjemne sposobnosti prilagajanja