

ENDOFYTY IZOLOVANÉ Z RÉVY VINNÉ (*Vitis vinifera*)

ADÉLA MARKOVÁ, LUCIA GHARWALOVÁ,
MARIA VRUBLEVSKAYA a IRENA
KOLOUCHOVÁ

Ústav biotechnologie, Vysoká škola chemicko-
technologická v Praze, Technická 5, 166 28 Praha 6
gharwall@vscht.cz

Došlo 2.12.18, přijato 25.3.19.

Klíčová slova: endofyty, sekundární metabolity, *Vitis vinifera*

Obsah

1. Charakteristika *Vitis vinifera*
2. Antioxidační sloučeniny *Vitis vinifera*
3. Endofyty
 - 3.1. Sekundární metabolity endofytů
4. Endofyty *Vitis vinifera*
 - 4.1. Sekundární metabolity endofytů *Vitis vinifera*
5. Závěr

1. Charakteristika *Vitis vinifera*

Vitis vinifera neboli réva vinná patří do čeledi révovitých (*Vitaceae*). Tato čeleď zahrnuje několik desítek divokých druhů *Vitis* rozptýlených po Asii, Severní Americe (*Vitis labrusca*) a Evropě. První záznamy o révě byly nalezeny již v mladší době kamenné, proto ji řadíme mezi jednu z nejstarších kulturních rostlin. Většina odrůd *Vitis vinifera* je široce pěstována pro přímou konzumaci hroznů, moštu a především vína^{1–4}.

Vitis vinifera celosvětově pokrývá více než 7,16 miliónů hektarů, z čehož plocha evropských vinic představuje 3,56 miliónů hektarů⁵. V roce 2016 tvořila plocha vinic v Česku 17,7 tis. ha s produkcí 0,6 miliónu hl a dovoz vína činil 1,4 mil. hl (cit.⁶). Česká republika je minoritním producentem vína ze světového i evropského pohledu, nicméně ji to nijak zvlášť neubírá na jedinečnosti. Svými specifickými a spíše severně rozkládajícími se vinařskými oblastmi se zařazuje ke státům s tzv. „cool climate viticulture“ (vinohradnictví chladného podnebí). Právě časté výkyvy teplot a chladné klima mají za důsledek příznivější podmínky pro rozvoj fenolických látek uvnitř hroznů⁷.

Z hlediska morfologie dělíme révu na nadzemní a podzemní část (kořenový systém). Nadzemní část je tvo-

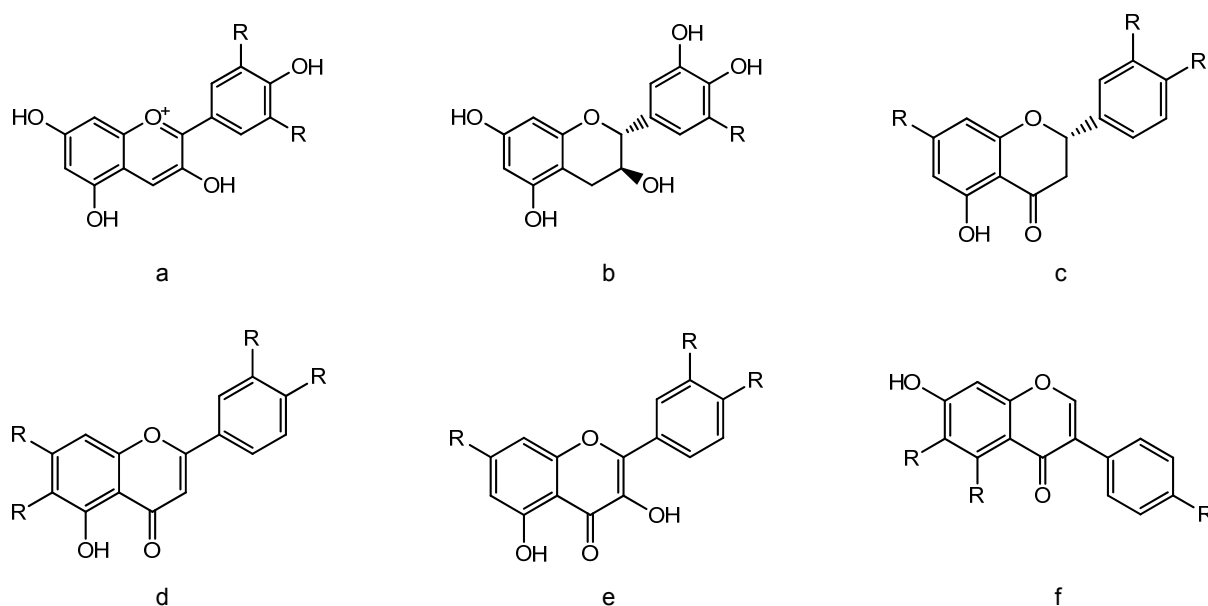
řena dřevnatými (kmen, kordonová ramena, dvouleté a jednoleté dřevo) a zelenými částmi. Jednoleté dřevo nebo také letorost na sobě nese pupeny (očka), ze kterých se později vytváří nové letorosty, dále listy, zálistky (fazochy), květenství, úponky a hrozny se stopkou, třápnou a bobulemi (slupka, dužina, semena). Kořenový systém je tvořen kmenem, z něhož vystupují hlavní, vedlejší a povrchové kořeny.

2. Antioxidační sloučeniny *Vitis vinifera*

Reaktivní formy kyslíku a volné radikály hrají důležitou roli v buněčném poškození a onemocněních souvisejících s procesem stárnutí⁸. Bylo prokázáno, že antioxidační sloučeniny jsou hlavními činiteli, které významně snižují škodlivé účinky reaktivních forem kyslíku jejich neutralizací a mohou zabránit výskytu degenerativních procesů, jako je rakovina, kardiovaskulární onemocnění či diabetes⁹. Antioxidační sloučeniny zahrnují vitaminy, fenoly, karotenoidy a flavonoidy. K flavonoidům řadíme: flavony, isoflavony, flavanony, flavonoly, anthokyanidiny a katechiny (obr. 1), které jsou svými účinky řazeny mezi nejdůležitější sloučeniny s významnou antioxidační aktivitou¹⁰.

Obecně mohou být antioxidanty rozděleny do dvou hlavních skupin na syntetické a přírodní druhy. Zatímco syntetické antioxidanty jako butylhydroxyanisol (BHA) a butylhydroxytoluen (BHT) jsou běžně v potravinářství používány jako aditiva pro zvýšení trvanlivosti¹¹, přírodní antioxidanty mají především ochranné účinky proti určitým lidským chorobám¹². Jedná se hlavně o antioxidanty rostlinného původu – zdroji jsou plody a jejich dužina, semena nebo slupka¹³. Hlavními skupinami přírodních antioxidačních sloučenin v přírodě, zejména rostlinného původu, jsou flavonoidy a fenolové kyseliny. Tyto sloučeniny byly identifikovány a kvantifikovány u několika druhů ovoce a zeleniny a vykazovaly vysokou korelaci s antioxidační aktivitou¹⁴.

Hrozny *Vitis vinifera* obsahují značné množství různých fenolických sloučenin v listech, slupce, dužině a semenech, které mohou vykazovat biologické vlastnosti spojené s antioxidačním charakterem¹⁵. Kromě toho anthokyanidiny, patřící do jedné z hlavních skupin flavonoidů, jsou výhradně přítomny v buněčných stěnách a vakuolách hroznů (jejich slupek) a přímo předurčují barvu hroznů. Semena hroznů jsou bohatými zdroji monomerních fenolických sloučenin, jako jsou (+)-katechiny, (–)-epikatechin, (–)-epikatechin-3-gallát a dalších látek, které mají antimutagenní a antivirové účinky¹⁶. Koncentrace fenolických sloučenin v hroznech závisí na odrůdě révy a je též ovlivňována klimatickými a geografickými faktory, agrotechnickými po-



Obr. 1. Chemická struktura flavonoidů: a – anthokyanidiny, b – flavan-3-oly (katechiny), c – flavanony, d – flavony, e – flavonoly, f – isoflavony

stupy a fázi zralosti¹⁷. Při porovnávání fenolických sloučenin a antioxidačních profilů čínských odrůd révy a srovnání s evropskými hroznými a hroznými pocházejícími z Ameriky (muscadine) byl objeven významný rozdíl mezi celkovými fenoly a flavonoidy v semenech a slupce. Nejvíce fenolových sloučenin a antioxidačních vlastností měla semena *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon ($99,28 \pm 2,14 \text{ mg}_{\text{GA}}/\text{kg}_{\text{sušiny}}$) a *Vitis rotundifolia* (muscadine) ($68,29 \pm 0,24 \text{ mg}_{\text{GA}}/\text{kg}_{\text{sušiny}}$), zatímco orientální druhy *Vitis* jako Black Pearl ($40,20 \pm 0,97 \text{ mg}_{\text{GA}}/\text{kg}_{\text{sušiny}}$) a Sangye ($41,21 \pm 1,24 \text{ mg}_{\text{GA}}/\text{kg}_{\text{sušiny}}$) měly nejvyšší obsah fenolových sloučenin ve slupkách¹⁸. Také bylo potvrzeno, že rozdíly v celkovém obsahu fenolových sloučenin a flavonoidů mezi odrůdami závisí na barvě hroznů¹⁹.

3. Endofyty

Význam slova endofyt pochází z řeckých složenin *endo* (vnitřní) a *phyton* (rostlina)²⁰, avšak tyto mikroorganismy jsou charakterizovány rozličnými definicemi. Poměrně nedávná definice popisuje endofyty jako všechny mikroorganismy, které jsou schopny kolonizovat během celého nebo části svého života vnitřní rostlinné tkáň²¹. Další definice podle Hallmann a spol.²² endofyty vymezuje jako mikroorganismy žijící uvnitř pletiv rostlin, které nemají negativní vliv na rostlinný růst a po sterilování povrchu je lze z rostliny izolovat. Endofyty mohou být pro rostlinu buď neutrálními mikroorganismy, komenzály nebo také parazity. Jednotlivé typy vztahů mohou být

ovlivněny vnějšími vlivy, jako jsou např. klimatické změny^{23,24}. Tato rozsáhlá skupina obsahuje viry, bakterie a houby²⁵.

Endofyty mohou rostliny osidlovat proniknutím přes řízky, nebo jejich jiné vegetativní orgány, avšak především se jedná o vstup semen²⁶. Endofytické bakterie byly izolovány z odlišných rostlinných tkání, jako jsou kořeny, stonky, listy, květy a semena^{27,28}. Konkrétně rhizosférické bakterie jsou specifické, protože mohou proniknout, kolonizovat a přežít v kořenech, ze kterých se mohou přesunout do dalších částí rostliny, kde si nicméně stále zachovávají své endofytické chování^{29,30}.

3.1. Sekundární metabolity endofytů

Jako antagonisté mohou některé endofyty přispívat k omezení nebo potlačení růstu patogenů³¹, resp. značná část endofytů je schopna produkovat biotechnologicky významné látky, jako jsou protinádorová léčiva a antibiotika³². Endofyty hub byly primárně zkoumány pro jejich roli promotorů růstu rostlin, biokontrolních činitelů³³, aktivátorů bioremediace pomocí rostlin³⁴ a producentů enzymů³⁵ nebo nových sekundárních metabolitů³⁶.

Studie Schulz a spol.³⁷, při které bylo za 12 let studie izolováno 6500 endofytických hub, prokázala, že z testovaných sekundárních metabolitů endofytů bylo 51 % dosud neznámých bioaktivních látek, zatímco u 2800 půdních mikrobů bylo toto číslo jen 38 %.

Jedním ze známých sekundárních metabolitů je paclitaxel³⁸. Paclitaxel je vysoce oxidovaný diterpenoid, který

byl poprvé izolován z kůry pacifického tisu *Taxus brevifolia*. Pro své protinádorové účinky byl v 90. letech minulého století z tohoto tisu hojně izolován až do té míry, že rostlině hrozilo vymření. Pravděpodobným horizontálním přenosem genu z hostitele *Taxus brevifolia* na endofyty *Pestalotiopsis guepini*, *Seimatoantlerium tepuiense* a *Taxomyces andreanae* se u těchto hub prokazatelně objevila produkce bioaktivního paclitaxelu^{39,40}.

Dvouděložné rostliny z čeledi *Convolvulaceae* včetně obvyklých druhů *Ipomoea* jsou významné díky produkci námelových alkaloidů v semenech. Bylo zjištěno, že alkaloidy jsou produkovány endofyty hub z čeledi *Clavicipitaceae*⁴¹, protože rostliny, které byly ošetřeny fungicidními látkami, neobsahují ani vláknité houby, ani alkaloidy⁴².

Studie zaměřené na *Theobroma cacao* (kakao) prokázaly, že endofytické houby mohou snížit poškození patogeny *Phytophthora palmivora*, *Moniliophthora roreri* a *Moniliophthora perniciosa*. Nejčastějším principem sledovaného mechanismu endofytických hub byla kompetice o substrát, kromě toho část zkoumaných mikroorganismů také vykazovala antibiозu (parazitismus *Trichoderma* na *M. roreri*) proti výše zmíněným patogenům *P. palmivora*, *M. roreri* a *M. perniciosa*^{43–45}.

Známymi producenty sekundárních metabolitů jsou vláknité houby rodu *Monascus*, které produkují pigmenty, monakoliny a ankalaktony⁴⁶. Hledání přírodních potravinových barviv vedlo k znovuoživení zájmu o pigmenty hub *Monascus purpureus* a též *M. anka* nebo *M. kaoliang*. Tento mikroorganismus je v Asii používán k barvení a aromatizaci potravin a nápojů již mnoho staletí. *M. purpureus* produkuje strukturálně příbuzné pigmenty, které se barevně rozlišují od červené až po žlutou⁴⁷. Červená rýže fermentovaná druhem *Monascus purpureus* je ve východní Asii produktem, jenž se používá jako doplněk stravy pro podporu krevního oběhu snížením hladiny cholesterolu a triglyceridů v krvi. Neaktivnější sloučenina rýže, fermentované *M. purpureus*, monakolin K, dokáže v cestě biosyntézy cholesterolu inhibovat HMG-CoA reduktasu. Ve studiích se nicméně také ukázalo, že produkt fermentované červené rýže jsou sice prospěšné, ale nejsou úplně bez rizika. U několika pacientů, kteří lék z červené rýže užívali, se vyskytly problémy, jako je svalová myopatie, poškození ledvin či rabdomyolýza^{48–51}.

4. Endofyty *Vitis vinifera*

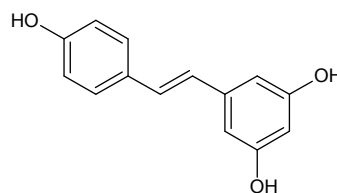
Réva vinná je hostitelem velmi rozmanitých endofytických bakterií patřících do rodů *Pseudomonas*, *Enterobacter* a *Bacillus*^{52,53}. Dosavadní hledání poznatků, které se zaměřovalo na společenství bakteriálních endofytů ve *Vitis vinifera*, popisuje citelné rozdíly mezi zdravými a nemocnými rostlinami^{54,55}, divokými a šlechtěnými odrůdami⁵⁶, odlišnými typy orgánů rostliny²⁸ a různými postupy ochrany proti škodlivým vlivům⁵⁷. Pokud jde o složení spektra houbové populace, jeho změna a možné patogenní působení často závisí na stáří rostliny a vegetačním období⁵⁸.

Mnoho studií prokázalo, že určité kmeny rhizobakterií podporují růst rostlin, zvláště ty, které patří do rodu *Bacillus* a *Pseudomonas*, se množí nejen na kořenech rostlin, ale také uvnitř kořenových tkání rostlinných druhů^{59–63}. Významnou skupinou rhizobakterií, u nichž se projevuje efekt pozitivní konkurence, jsou např. *Agrobacterium*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* nebo *Rhizobium*, kterým bylo rovněž dáno označení PGPR (z angl. „plant growth-promoting rhizobacteria“), neboť jsou přítomné v kořenových systémech, kde buď soutěží s patogeny o zdroje energie, nebo stimulují růst rostliny⁶⁴. Právě *Burkholderia phytofirmans* je pro *Vitis vinifera* důležitým endofytickým zástupcem, protože ji při interakci s buňkami révy chrání před *Botrytis cinerea* (plíseň šedá) tím, že vyvolá lokální imunitní odpověď rostliny⁶⁵.

4.1. Sekundární metabolity endofytů *Vitis vinifera*

Endofyty *Fusarium subglutinans* a *Tripterygium wilfordii*, které se nacházejí ve stoncích révy, produkují subglutininol A a diterpenové pyrony s imunosupresivní aktivitou^{66,67}. Další endofytní vláknitá houba rodu *Fusarium* produkuje metabolity, které mají aktivitu proti intravaskulární trombóze, která je hlavním důvodem kardiovaskulárního onemocnění⁶⁸.

Populárním antioxidantem, který můžeme nalézt kromě hroznů révy i v čokoládě a arašidech, je resveratrol (obr. 2). Jde o polyfenol a derivát stilbenů patřící mezi přírodní sekundární metabolity rostlin^{69,70}. V révě bylo prokázáno, že resveratrol mohou produkovat endofytické houby rodu *Botryosphaeria*, *Penicillium*, *Cephalosporium*, *Aspergillus* a *Alternaria* jako vlastní sekundární metabolit⁷¹. Resveratrol existuje ve dvou isomerech *cis*- a *trans*-. Konkrétně u *trans*-resveratrolu bylo zjištěno hned několik příznivých účinků: při fyziologických koncentracích fungitoxické účinky proti *Botrytis cinerea*⁷², zvýšení odolnosti *Vitis vinifera* vůči ostatním patogenům, jako jsou *Plasmopara viticola*⁷³, *Phomopsis viticola*⁷⁴ a *Rhizopus stonifer*⁷⁵. Dále pozitivní korelace ve vzorcích vína (jižní Itálie) mezi ochratoxiny a celkovými stilbeny, stejně tak jako mezi ochratoxiny a celkovým resveratrolelem, což pravděpodobně ukazuje na fakt, že produkce ochratoxinů nebo infekce danými fytopatogeny stimuluje syntézu stilbenů^{76,77}. Pro boj s patogeny révy je důležité nalézt takové aplikační látky, které by zamezily růstu a sporulaci a produkci mykotoxinů, stimulovaly sekundární metabolismus endofytů,



Obr. 2. Chemická struktura *trans*-resveratrolu (*trans*-3,4',5'-trihydroxystilben)

a zároveň neměly vliv na organoleptické vlastnosti hroznů. Proto právě resveratrol by mohl být potenciální látkou, která by svými fungicidními a antioxidačními vlastnostmi mohla vnést nové možnosti při výrobě přírodních pesticidů⁷⁸.

Vláknitá houba *Acremonium byssoides* osidluje *Vitis vinifera* bez viditelného účinku a byla popsána jako antagonist plísně *Plasmopara viticola*⁷⁴. Jde o schopnost *A. byssoides* inhibovat klíčení spor *P. viticola*, díky produkci sekundárních metabolitů (akreminy A-F)⁸⁰.

5. Závěr

Endofytické organismy žijí za určitých podmínek v rostlinných tkáních bez nežádoucího vlivu na jejich hostitele a jsou podstatnými částmi rostlinného mikrobiomu. Endofyty působí na další mikroorganismy, které osidlují rostlinné tkáně. Některé z houbových endofytů mohou ovlivňovat růst rostlin jako reakci na změny životního prostředí či patogeny, jiné produkují užitečné nebo neobvyklé sekundární metabolity. Právě *Vitis vinifera* se díky své rozšířené světové produkci stává vhodným a prospěšným modelem pro sledování diverzity endofytů. Endofyty révy vinné produkují množství sekundárních metabolitů s antioxidačními či antimikrobiálními účinky a je tedy možné uvažovat o jejich širším využití např. v zemědělství či farmacii.

Tato práce byla podpořena Grantovou agenturou České republiky (GAČR) 18-26463S.

LITERATURA

- Rossetto M., McNally J., Henry R. J.: *Theor. Appl. Genet.* 104, 61 (2002).
- Sefc K. M., Steinkellner H., Lefort F., Botta R., da Câmara Machado A., Borrego J., Maletić E., Glössl J.: *Am. J. Enol. Vitic.* 54, 15 (2003).
- Crespan M.: *Theor. Appl. Genet.* 108, 231 (2004).
- This P., Jung A., Boccacci P., Borrego J., Botta R., Costantini L., Crespan M., Dangl G., Eisenheld C., Ferreira-Monteiro F.: *Theor. Appl. Genet.* 109, 1448 (2004).
- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, staženo 08.11. 2018.
- International Organisation of Vine and Wine: *2017 Global Economic Vitiviniculture Data*. <http://www.oiv.int/public/medias/5686/ptconj-octobre2017-en.pdf>, staženo 13.11. 2018.
- Smidrkal J., Filip V., Melzoch K., Hanzlikova I., Buckykiova D., Krisa B.: *Chem. Listy* 95, 602 (2001).
- Lee J., Koo N., Min D. B.: *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 3, 21 (2004).
- Gengaihi S., Ella F., Emad M., Shalaby E., Doha H.: *J. Food Process. Technol.* 5, e1000296 (2014).
- Wang H., Cao G., Prior R. L.: *J. Agric. Food Chem.* 45, 304 (1997).
- Baydar N. G., Özkan G., Yaşar S.: *Food Control* 18, 1131 (2007).
- Orak H. H.: *Sci. Hortic.* 111, 235 (2007).
- Naczki M., Shahidi F.: *J. Pharm. Biomed. Anal.* 41, (2006).
- Einbond L. S., Reynertson K. A., Luo X. D., Basile M. J., Kennelly E. J.: *Food Chem.* 84, 23 (2004).
- Casazza A. A., Aliakbarian B., Mantegna S., Cravotto G., Perego P.: *J. Food Eng.* 100, 50 (2010).
- Saito M., Hosoyama H., Ariga T., Kataoka S., Yamaji N.: *J. Agric. Food Chem.* 46, 1460 (1998).
- Obreque-Slier E., Pena-Neira A., Lopez-Solis R., Zamora-Marin F., Ricardo-da Silva J. M., Laureano O.: *J. Agric. Food Chem.* 58, 3591 (2010).
- Xu C., Zhang Y., Cao L., Lu J.: *Food Chem.* 119, 1557 (2010).
- Kedage V. V., Tilak J. C., Dixit G. B., Devasagayam T. P., Mhatre M.: *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 47, 175 (2007).
- Maheshwari D. K. (ed.): *Bacteria in agrobiology: Crop ecosystems*. Springer Science & Business Media, Berlin 2011.
- Hardoim P. R., Van Overbeek L. S., Berg G., Pirttilä A. M., Compant S., Campisano A., Döring M., Sessitsch A.: *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 79, 293 (2015).
- Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W., Kloepper J.: *Can. J. Microbiol.* 43, 895 (1997).
- Porras-Alfaro A., Bayman P.: *Annu. Rev. Phytopathol.* 49, 291 (2011).
- Menpara D., Chanda S. (ed.): *Microbial pathogens and strategies for combating them: Science, technology and education*. Formatex Research Center, Badajoz 2013.
- Pancher M., Ceol M., Corneo P. E., Longa C. M. O., Yousaf S., Pertot I., Campisano A.: *Appl. Environ. Microbiol.* 78, 4308 (2012).
- Barka E. A., Gognies S., Nowak J., Audran J.-C., Belarbi A.: *Biol. Control* 24, 135 (2002).
- Rosenblueth M., Martinez-Romero E.: *Mol. Plant-Microbe Interact.* 19, 827 (2006).
- Compant S., Mitter B., Colli-Mull J. G., Gangl H., Sessitsch A.: *Microb. Ecol.* 62, 188 (2011).
- Böhm M., Hurek T., Reinhold-Hurek B.: *Mol. Plant-Microbe Interact.* 20, 526 (2007).
- Compant S., Clément C., Sessitsch A.: *Soil Biol. Biochem.* 42, 669 (2010).
- Larrán S., Mónaco C., v knize: *Management of fungal plant pathogens* (A. Arya and A.E. Perello, ed.) kap. 12. CABI Press, Preston, UK 2010.
- Musetti R., Polizzotto R., Grisan S., Martini M., Borselli S., Carraro L., Osler R.: *Bull. Insectology* 60, 293 (2007).
- Martini M., Musetti R., Grisan S., Polizzotto R., Borselli S., Pavan F., Osler R.: *Plant Dis.* 93, 993 (2009).
- Russell J. R., Huang J., Anand P., Kucera K., Sando-

- val A. G., Dantzler K. W., Hickman D., Jee J., Kimovec F. M., Koppstein D.: *Appl. Environ. Microbiol.* **77**, 6076 (2011).
35. Rajulu M. B. G., Thirunavukkarasu N., Suryanarayanan T. S., Ravishankar J. P., El Gueddari N. E., Morschbacher B. M.: *Fungal Divers.* **47**, 43 (2011).
 36. Zhao J., Shan T., Mou Y., Zhou L.: *Mini-Rev. Med. Chem.* **11**, 159 (2011).
 37. Schulz B., Boyle C., Draeger S., Römmert A. K., Krohn K.: *Mycol. Res.* **106**, 996 (2002).
 38. Strobel G., Daisy B.: *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **67**, 491 (2003).
 39. Heinig U., Jennewein S.: *Afr. J. Biotechnol.* **8**, 1370 (2009).
 40. Stierle A., Strobel G., Stierle D.: *Science* **260**, 214 (1993).
 41. Kucht S., Groß J., Hussein Y., Grothe T., Keller U., Basar S., König W. A., Steiner U., Leistner E.: *Planta* **219**, 619 (2004).
 42. Ahimsa-Müller M. A., Markert A., Hellwig S., Knoop V., Steiner U., Drewke C., Leistner E.: *J. Nat. Prod.* **70**, 1955 (2007).
 43. Arnold A. E., Herre E. A.: *Mycologia* **95**, 388 (2003).
 44. Arnold A. E., Mejía L. C., Kyllö D., Rojas E. I., Maynard Z., Robbins N., Herre E. A.: *Proc. Natl. Acad. Sci.* **100**, 15649 (2003).
 45. Mejía L. C., Rojas E. I., Maynard Z., Van Bael S., Arnold A. E., Hebban P., Samuels G. J., Robbins N., Herre E. A.: *Biol. Control* **46**, 4 (2008).
 46. Jůzlová P., Martinková L., Křen V.: *J. Ind. Microbiol.* **16**, 163 (1996).
 47. Chen M.-H., Johns M. R.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **40**, 132 (1993).
 48. Bunnoy A., Saenphet K., Lumyong S., Saenphet S., Chomdej S.: *BMC Complement. Altern. Med.* **15**, 88 (2015).
 49. Edwards C., Hart D., Spector T.: *Lancet* **355**, 2218 (2000).
 50. Jick H., Zornberg G. L., Jick S. S., Seshadri S., Drachman D. A.: *Lancet* **356**, 1627 (2000).
 51. Klimek M., Wang S., Ogunkanmi A.: *Pharm. Ther.* **34**, 313 (2009).
 52. Bell C., Dickie G., Harvey W., Chan J.: *Can. J. Microbiol.* **41**, 46 (1995).
 53. Thomas P.: *J. Appl. Microbiol.* **97**, 114 (2004).
 54. Bulgari D., Casati P., Brusetti L., Quaglino F., Brasca M., Daffonchio D., Bianco P. A.: *J. Microbiol.* **47**, 393 (2009).
 55. Bulgari D., Casati P., Crepaldi P., Daffonchio D., Quaglino F., Brusetti L., Bianco P. A.: *Appl. Environ. Microbiol.* **77**, 5018 (2011).
 56. Campisano A., Pancher M., Puopolo G., Puddu A., López-Fernández S., Biagini B., Yousaf S., Pertot I.: *Am. J. Enol. Vitic.* **66**, 12 (2015).
 57. Campisano A., Antonielli L., Pancher M., Yousaf S., Pindo M., Pertot I.: *PLoS One* **9**, e112763 (2014).
 58. Novotny D.: *Sborník příspěvků z workshopu MICRO-MYCO, 4.-5.9. 2007*. České Budějovice (A. Nováková ed.), str. 97, Praha, Česká republika 2007.
 59. Peer R. V., Schippers B.: *Can. J. Microbiol.* **35**, 456 (1989).
 60. Van Peer R., Punte H. L., de Weger L. A., Schippers B.: *Appl. Environ. Microbiol.* **56**, 2462 (1990).
 61. Lalande R., Bissonnette N., Coullée D., Antoun H.: *Plant Soil* **115**, 7 (1989).
 62. Pleban S., Ingel F., Chet I.: *Eur. J. Plant Pathol.* **101**, 665 (1995).
 63. Hallmann J., Quadt-Hallmann A., Mahaffee W. F., Kloepper J. W.: *Can. J. Microbiol.* **43**, 895 (1997).
 64. Bouizgarne B., v knize: *Bacteria in agrobiology: Disease management* (Maheshwari D. K., ed.) kap. 2. Springer, Berlin 2013.
 65. Bordiec S. a 10 spoluautorů: *J. Exp. Bot.* **62**, 595 (2011).
 66. Lee J. C., Lobkovsky E., Pliam N. B., Strobel G., Clardy J.: *J. Org.* **60**, 7076 (1995).
 67. Strobel G. A., Pliam N. B.: US08375362.
 68. Wu B., Wu L., Ruan L., Ge M., Chen D.: *Curr. Microbiol.* **58**, 522 (2009).
 69. Burns J., Yokota T., Ashihara H., Lean M. E., Crozier A.: *J. Agric. Food Chem.* **50**, (2002).
 70. Poltronieri P., Burbulis N., Fogher C. (ed.): *From plant genomics to plant biotechnology*. Woodhead Publishing, Woodhead, UK 2013.
 71. Shi J., Zeng Q., Liu Y., Pan Z.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **95**, 369 (2012).
 72. Adrian M., Rajaei H., Jeandet P., Veneau J., Bessis R.: *Phytopathology* **88**, 472 (1998).
 73. Dai G. H., Andary C., Mondolot-Cosson L., Boubals D.: *Physiol. Mol. Plant Pathol.* **46**, 177 (1995).
 74. Hoos G., Blaich R.: *J. Phytopathol.* **129**, 102 (1990).
 75. Sarig P., Zutkhi Y., Monjauze A., Lisker N., Ben-Arie R.: *Physiol. Mol. Plant Pathol.* **50**, 337 (1997).
 76. Perrone G., Nicoletti I., Pascale M., De Rossi A., De Girolamo A., Visconti A.: *J. Agric. Food Chem.* **55**, 6807 (2007).
 77. Ponsone M. L., Chiotta M. L., Palazzini J. M., Combina M., Chulze S.: *Toxins* **4**, 372 (2012).
 78. Marin S., Guynot M., Neira P., Bernado M., Sanchis V., Ramos A.: *Int. J. Food Microbiol.* **79**, 203 (2002).
 79. Burruano S., Alfonzo A., Piccolo S. L., Conigliaro G., Mondello V., Torta L., Moretti M., Assante G.: *Phytopathol. Mediterr.* **47**, 122 (2008).
 80. Assante G., Dallavalle S., Malpezzi L., Nasini G., Burruano S., Torta L.: *Tetrahedron* **61**, 7686 (2005).
- A. Marková, L. Gharwalová, M. Vrublevskaya, and I. Kolouchová** (*Department of Biotechnology, University of Chemistry and Technology, Prague*): **Endophytes from Grapevine (*Vitis vinifera*)**
- Endophytes are microorganisms that colonize the internal tissues of plants and may have beneficial effects on plants such as growth promotion or resistance to biotic and abiotic stress. Endophytic bacteria and microscopic fibrous fungi were also isolated from grapevine (*V. vinifera*)

era). These organisms may not only have a positive effect on the vitality of host plants and promote their growth but also be a source of new and interesting secondary metabolites that could find use in pharmaceutical and food industry or agriculture.

Keywords: endophytes, secondary metabolites, *Vitis vinifera*

Acknowledgements

This work was supported by grants from the Czech Science Foundation (GACR) (Grant number: 18-26463S).