

## Elektrochemická studie flavonoidů ve víně

Nela Bačovská<sup>a</sup>, Markéta Komínková<sup>a</sup>, Branislav Ruttkay-Nedecký<sup>b</sup>, Pavel Kopel<sup>b</sup>,  
Libuše Trnková<sup>b</sup>, Ondřej Zítka<sup>a,b</sup>, Vojtěch Adam<sup>a,b</sup>, René Kizek<sup>a,b</sup>

<sup>a</sup> Ústav chemie a biochemie, Agronomická fakulta, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika

<sup>b</sup> Středoevropský technologický institut, Vysoké učení technické v Brně, Technická 10, 616 00 Brno, Česká republika

### Electrochemical study of flavonoids in wine

Many studies have already proven the positive effects of flavonoids on organisms. There are many plants which content important amounts of these secondary metabolites in their bodies, one of those being certainly vine (*Vitis vinifera*). The consumption of wine products is very popular all over the world and it is also connected with the health beneficial effects that it provides. Red wines content more flavonoids than other white or rosé varieties. It is mainly the consequence of the winemaking process during which the grape skin is either removed or left to release its secondary metabolite content, in case of the red and partially the rosé varieties.

**Přijato k publikování:** 20. 6. 2014

**Klíčová slova:** katechin; kyselina ferulová; pelargonin; resveratrol; víno

### Úvod

Vinná réva (*Vitis vinifera*) patří mezi nejdéle pěstované a jednoznačně nejpobulárnější kulturní plodiny na světě. Její oblíbenost je spojena především s výrobou a konzumací vína, ale v menší míře i s přímou konzumací hroznů díky obsahu vitamínu C, E, fenolům a karotenoidům<sup>1</sup>. Spotřeba vína celosvětově rok od roku roste, ať už tento trend připisujeme vědecky prokázanému pozitivnímu vlivu jeho konzumace na lidský organismus nebo stále se rozvíjející ekonomice. Dle Českého statistického úřadu se v České republice v roce 2004 vypilo 16,5 litrů vína na osobu, kdežto v roce 2012 se jeho objem zvedl na 19,8 litrů<sup>2</sup>. Hrozny obecně obsahují mnoho kvalitních fenolických látek majících pozitivní vliv na lidský organismus. Mezi nejznámější patří anthokyany, flavonoly a stilbeny, jež zároveň hrají roli v konečné kvalitě vína<sup>3</sup>.

### Obecná charakteristika flavonoidů

Flavonoidy jsou rostlinné pigmenty, neboli produkty sekundárního metabolismu, které je možno najít ve více než 6000 rostlinách<sup>4</sup>, kde plní různorodé funkce. Ve východním Oregonu v USA se podařilo uskutečnit nález flavonolů

a flavonů ve fosíliích z období miocénu, tzn. před 25 - 17 miliony let. Lze tak usuzovat, že schopnost syntézy flavonů je velice starobylým znakem pocházejícím z doby, kdy rostliny začaly osidlovat souš<sup>5</sup>.

Díky ochranné funkci lze většinu flavonoidů klasifikovat jako fytoalexiny<sup>6</sup>. Po ozáření prudkým světlem nebo UV se začnou syntetizovat anthokyany, flavony a isoflavonoidy. Při působení patogenů pak isoflavony a flavanoly. Anthokyany chrání před chladem a nedostatkem fosforu, málo dusíku kompenzují flavonoidy a isoflavonoidy. Obsah kyseliny fenolové se zvýší při pořezání a při nedostatku železa. Další významnou funkcí flavonoidů je zatraktivnění rostliny pro opylovače, jsou semennými vektory a signalizací mezi rostlinami<sup>4</sup>. Flavonoidy se syntetizují z aminokyseliny fenylyalaninu přes fenylypropanoidovou dráhu za účasti tří molekul malonyl-CoA. V prvním kroku je nezbytná přítomnost chalkon syntázy, která závisí na enzymatické aktivitě a transkripci. Dále ji ovlivňují i okolní vlivy, jako množství slunečního záření<sup>7</sup>.

Vzniká tak buď přímo nebo dalšími reakcemi základní flavonoid flavanon, z něhož se diferencuje šest podskupin (**Tab. 1**), jež lze klasifikovat dle stupně oxidace<sup>5,8</sup>.

SKUPINA	PŘÍKLAD	ZDROJ
Anthoky-anidy	Kyanidin, Pelargonidin, Peonidin	Lílek, ostružina, borůvka, černý rybíz
Flavanoly	Katechin, Epikatechin, Epigallokatechin	Čokoláda, zelený čaj, fazole, třešně
Flavanony	Hesperidin, Naringenin, Eriodictyol	Pomerančový, grepový, citronový džus
Flavonoly	Quercetin, Kaempferol, Myricetin	Cibule, jablka, kapusta, pórek
Flavony	Apigenin, Luteolin	Pažitka, celer, paprika
Isoflavony	Genistein, Daidzein, Glycitein	Sója

**Tab. 1:** Přehled základních skupin flavonoidů (přepřacováno podle <sup>9</sup>)

## Role flavonoidů v organismech

Anthokyany lze najít napříč celým rostlinným spektrem. Patří mezi největší skupinu rostlinných pigmentů rozpustnou ve vodě. Jejich barva závisí na pH, v kyselém prostředí bude červená, v zásaditém zase modrá <sup>10,11</sup>. Role anthokyanů v rostlině je velice rozmanitá, chrání před slunečními paprsky, UV zářením a patogeny. Interakcí s volnými radikály snižují oxidativní stres a svojí pigmentací pomáhají lákat opylovače a semenné přenašeče <sup>6</sup>. Dále se využívají jako indikátory odrůdové pravosti vína <sup>3</sup>. Také jejich přítomnost v lidské výživě přináší mnoho výhod, jako například antioxidační vlastnosti, ochranu nervové soustavy, prevenci proti kardiovaskulárnímu onemocnění a vzniku některých druhů rakoviny nebo redukci vzniku cukrovky <sup>10</sup>. V rostlinné buň-

ce jsou veškeré anthokyany soustředěny do vakuoly, kde se mohou buď volně pohybovat, nebo jsou součástí tonoplastu <sup>12</sup>. Pokud se zaměříme na hrozny, pak na úrovni celých bobulí se akumulují ve slupce, výjimečně u některých variet i v dužnině <sup>3</sup>. Konečné množství anthokyanů ve víně tak záleží na způsobu macerace a na její délce, protože k vylouhování je zapotřebí rozrušit pevnou buněčnou stěnu a tonoplast, čímž je umožněno pigmentům přejít do roztoku <sup>13,14</sup>. Stárnutím vína se ovšem obsah anthokyanů snižuje a předpokládá se, že interakcí s kyselinou hroznovou vzniká pigment vitisin <sup>15</sup>. I přes složitou syntézu v rostlinné buňce je vstřebávání anthokyanů v těle živočichů velice rychlým procesem. Svého maxima v krevním oběhu dosahují po 15 až 20 minutách po konzumaci, což dokazuje absorpci jejich glykosidů buňkami žaludeční stěny, narozdíl od ostatních flavonoidů, které jsou vstřebávány především v tenkém střevě <sup>16,17</sup>. Nicméně jejich reálné využití je velice malé, protože více než 99% je vyloučeno v nezměněné formě z těla močí <sup>18</sup>.

Flavanoly, jako bezbarvé rostlinné pigmenty jsou přítomny ve většině vyšších rostlin <sup>19</sup>, jmenovitě lze uvést např. rod *Camellia* (čajovník), *Theobroma* (kakaovník) a *Vitis vinifera* (réva vinná) <sup>20</sup>. Svými funkcemi se velice podobají anthokyanům. Vykazují pozitivní vliv v prevenci kardiovaskulárního onemocnění <sup>19,21</sup>.

Flavanony jsou bezbarvé nebo světle žluté pigmenty <sup>22</sup>, jsou nejhojněji zastoupené fenoly v citrusech, kde způsobují hořkou chuť těchto plodů. Kromě výše zmíněných společných vlastností pro flavonoidy (antioxidační aktivita, ochrana kardiovaskulárního systému, protizánětlivý účinek) <sup>23</sup>, byl pozorován pozitivní vliv hesperidinu a naringeninů na zpomalení rozvoje nádoru <sup>24</sup>.

Flavonoly jsou to žluté kopigmenty anthokyanu, které pomáhají stabilizovat jeho výslednou barvu <sup>17,22</sup>. Jejich obsah roste s dobou vystavení slunečnímu záření <sup>25</sup>. Flavonol isoquercitrin se jeví jako ideální kandidát na ochranu nervového systému. Poruchy nervového systému mohou vést k Parkinsonově chorobě <sup>26</sup>.

Flavony je možno charakterizovat jako žlutá, v tucích nerozpustná rostlinná barviva, která jsou přítomna ve více než 70 různých rodech.

Vyskytují se v celé rostlině, na rozdíl od jejich glykosidů, u kterých formace závisí především na světle, proto se nacházejí hlavně v listech, méně v podzemních částech<sup>16,25</sup>.

Isoflavony jsou bezbarvý druh flavonoidů, jejichž výskyt a účinky jsou nejlépe prozkoumány u sóji (*Glycine sp.*)<sup>27</sup>, kde mají za úkol indukovat geny vyvolávající tvorbu hlízek rodem *Bradyrhizobium*<sup>28</sup>. Lze je zařadit mezi fytoestrogeny pro jejich estrogenní nebo častější antiestrogenní účinky. Tyto pigmenty se ukázaly jako dobrá alternativa nejen pro symptomy během menopauzy, ale také jako ochrana kardiovaskulárního systému<sup>29</sup>. Pro léčbu osteoporózy lze taktéž využít syntetického isoflavonu postrádajícího estrogenní aktivitu<sup>30</sup>.

## Závěr

Flavonoidy, nebo bioflavonoidy jsou známé zejména pro své antioxidační působení a poskytují ochranu lidskému organismu proti volným radikálům. Nejčastěji je problematika prospěšnosti flavonoidů zmiňována u vína, kde jsou obsaženy ve vyšších koncentracích. Červená vína obecně obsahují v průměru více flavonoidů než vína bílá či růžová. Koncentrace těchto látek je u červených vín několikanásobně vyšší než v bílých vínech. Vyšší obsahy flavonoidů v červeném víně z něj dělají víno zdraví prospěšnější, konzumace vína je pak pozitivní zejména pro osoby se srdečními obtížemi nebo při regeneraci cév.

*Tato práce byla financována ze zdrojů SIX CZ.1.05/2.1.00/03.0072.*

The authors declare they have no potential conflicts of interests concerning drugs, products, services or another research outputs in this study.

The Editorial Board declares that the manuscript met the ICMJE „uniform requirements“ for biomedical papers.

## Literatura

1. Llobera A., Canellas J.: Food Chemistry, 101, 659 (2007).
2. urad C. s.: (2011).
3. Flamini R., Mattivi F., De Rosso M., Arapitsas P.,

- Bavaresco L.: International Journal of Molecular Sciences, 14, 19651 (2013).
4. Forbes A. M., Meier G. P., Haendiges S., Taylor L. P.: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62, 2175 (2014).
5. Martens S., Mithofer A.: Phytochemistry, 66, 2399 (2005).
6. He F., Mu L., Yan G. L., Liang N. N., Pan Q. H., Wang J., Reeves M. J., Duan C. Q.: Molecules, 15, 9057 (2010).
7. Marinova K., Kleinschmidt K., Weissenböck G., Klein M.: Plant Physiology, 144, 432 (2007).
8. Winkel-Shirley B.: Plant Physiology, 126, 485 (2001).
9. Eger S., Rimbach G.: Advances in Nutrition, 2, 8 (2011).
10. Pojer E., Mattivi F., Johnson D., Stockley C. S.: Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 12, 483 (2013).
11. Pecket R. C.: Journal of Experimental Botany, 17, 177 (1966).
12. Cadot Y., Chevalier M., Barbeau G.: Journal of the Science of Food and Agriculture, 91, 1963 (2011).
13. Shahidi F., Naczsk, M., Phenolics in Food and Nutraceuticals, 2004.
14. O'Byrne P., Red Wine and Health (Food and Beverage Consumption and Health), 2009.
15. Garcia-Alonso M., Rimbach G., Sasai M., Nakahara M., Matsugo S., Uchida Y., Rivas-Gonzalo J. C., De Pascual-Teresa S.: Molecular Nutrition & Food Research, 49, 1112 (2005).
16. Passamonti S., Vrhovsek U., Vanzo A., Mattivi F.: Febs Letters, 544, 210 (2003).
17. Talavera S., Felgins C., Texier O., Besson C., Lamaison J. L., Remesy C.: Journal of Nutrition, 133, 4178 (2003).
18. Moller P., Loft S., Alfthan G., Freese R.: Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 551, 119 (2004).
19. Schroeter H., Heiss C., Balzer J., Kleinbongard P., Keen C. L., Hollenberg N. K., Sies H., Kwik-Urbe C., Schmitz H. H., Kelm M.: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103, 1024 (2006).
20. Horn P., Amabile N., Angeli F. S., Sansone R., Stegemann B., Kelm M., Springer M. L., Yeghiazarians Y., Schroeter H., Heiss C.: The British journal of nutrition, 111, 1245 (2014).
21. Ried K., Sullivan T. R., Fakler P., Frank O. R., Stocks N. P.: Cochrane Database of Systematic Reviews, (2012).
22. Velisek J., Cejpek, J., Biosynthesis of food components, 2008.
23. Khan M. K., Zill E. H., Dangles O.: Journal of Food Composition and Analysis, 33, 85 (2014).
24. So F. V., Guthrie N., Chambers A. F., Moussa M., Carroll K. K.: Nutrition and Cancer-an International Journal, 26, 167 (1996).
25. Herrmann K.: Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung, 186, 1 (1988).
26. Magalingam K. B., Radhakrishnan A., Haleagrahara N.: BMC research notes, 7, 49 (2014).
27. Lee S. J., Seguin P., Kim J. J., Moon H. I., Ro H. M., Kim E. H., Seo S. H., Kang E. Y., Ahn J. K., Chung I. M.: Journal of Food Composition and Analysis, 23, 160 (2010).

28. Chabot S., Belrhlied R., Chenevert R., Piche Y.: *New Phytologist*, 122, 461 (1992).
29. Han K. K., Soares J. M., Haidar M. A., de Lima G. R., Baracat E. C.: *Obstetrics and Gynecology*, 99, 389 (2002).
30. Setchell K. D. R., Cassidy A.: *Journal of Nutrition*, 129, 758S (1999).
31. Rashidinejad A., Birch E. J., Sun-Waterhouse D., Everett D. W.: *Food Chemistry*, 156, 176 (2014).
32. Kopp P.: *European Journal of Endocrinology*, 138, 619 (1998).
33. Estevez L., Mosquera R. A.: *Journal of Physical Chemistry A*, 111, 11100 (2007).



Článek je volně  
šiřitelný pod licencí  
Creative Commons

(BY-NC-ND). Musí však být uveden autor a dokument nelze měnit a používat pro komerční účely.