

## ČERVENĚ A MODŘE ZBARVENÉ BRAMBORY – VÝZNAMNÝ ZDROJ ANTIOXIDANTŮ V LIDSKÉ VÝŽIVĚ

JAROMÍR LACHMAN<sup>a</sup>, KAREL HAMOUZ<sup>b</sup>  
a MATYÁŠ ORSÁK<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Katedra chemie, <sup>b</sup>Katedra rostlinné výroby, Fakulta agro-biologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6  
lachman@af.czu.cz

Došlo 7.3.05, přijato 2.6.05.

Klíčová slova: červené a modré brambory, antioxidanty, polyfenoly, anthokyaniny, šlechtění, použití v potravinářském a nepotravinářském průmyslu, fungicidní vlastnosti

### Obsah

1. Úvod
2. Brambory – významný zdroj antioxidantů v lidské výživě
3. Anthokyanová barviva v barevných hlízách brambor
4. Antioxidační aktivita anthokyanů brambor
5. Význam antioxidantů brambor
6. Šlechtění nových odrůd brambor s červeně a modře zbarvenými hlízami
7. Role anthokyanů v bramborách a jejich potravinářské a nepotravinářské použití
8. Závěr

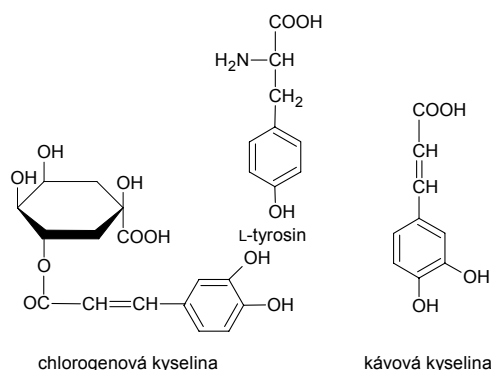
### 1. Úvod

Přírodní antioxidanty přítomné v potravinách a dalším biologickém materiálu vyvolaly značný zájem kvůli svým potenciálním nutričním a terapeutickým účinkům. Antioxidanty podle své chemické struktury mohou být rozděleny na polyfenoly (flavonoidy, anthokyaniny, fenolkarboxylové kyseliny a kumariny), karotenoidy (karoteny – prekursory vitamínu A a xanthofyly) a tokoferoly (vitamin E). Silnou antioxidační aktivitu má také L-askorbová kyselina (vitamin C) a selen. Antioxidanty mohou zachycovat radikály dříve, než mohou škodit a mohou bránit rozšíření oxidačnímu poškození. Bylo zjištěno, že antioxidanty zpomalují, blokují nebo zabraňují oxidačním změnám látek v lidském těle a buňkách. Polyfenolické sloučeniny, zvl. flavonoidy, jsou účinnými antioxidanty<sup>1</sup> díky své schopnosti zachytávat volné radikály mastných kyselin a reaktivních forem kyslíku<sup>2-4</sup>. Obsah antioxidantů v potravinách zpomaluje ve značné míře atherosklerotické procesy, inhi-

buje akumulaci cholesterolu v krevním séru a zvyšuje rezistenci cévních stěn proti jejich lámavosti. Mnohé antioxidanty snižují riziko onemocnění koronárních cév tím, že zachycují a neutralizují volné radikály. Hlavními antioxidanty brambor jsou polyfenoly, L-askorbová kyselina, karotenoidy, tokoferoly,  $\alpha$ -lipoová kyselina a selen. Zelenina, ovoce a zemědělské plodiny představují v lidské výživě významný zdroj antioxidantů jak při přímé konzumaci, tak i ve formě zeleninových a ovocných šťáv. Justesen a spol.<sup>5</sup> odhadl denní příjem flavonoidů na 26 mg na osobu.

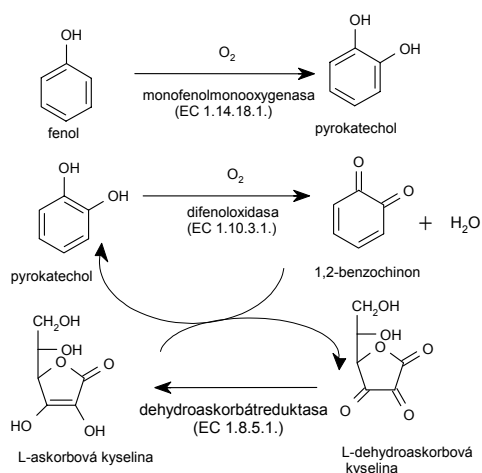
### 2. Brambory – významný zdroj antioxidantů v lidské výživě

Jedním z nejbohatších zdrojů antioxidantů v lidské výživě jsou bramborové hlízy (*Solanum tuberosum* L.)<sup>6</sup>. Hlízy brambor v lidské výživě vzhledem ke konzumované množství představují významný zdroj antioxidantů<sup>7</sup>, např. spolu s ovocem a zeleninou zajišťují denní příjem asi 64 mg polyfenolů na osobu v USA a zaujímají druhé místo v přísunu antioxidantů za rajčaty<sup>8</sup>. Z antioxidantů jsou nejbohatší na polyfenoly (1226–4405 mg kg<sup>-1</sup>) a L-askorbovou kyselinu (170–990 mg kg<sup>-1</sup>). Z ostatních látek typu antioxidantů jsou v bramborách zastoupeny karotenoidy (až 4 mg kg<sup>-1</sup>),  $\alpha$ -tokoferol (0,5–2,8 mg kg<sup>-1</sup>) a v menší míře selen (0,01 mg kg<sup>-1</sup>) a  $\alpha$ -lipoová kyselina. Hlízy brambor obsahují sekundární metabolity – polyfenolické sloučeniny, které jsou substráty reakcí enzymového hnědnutí bramborových hlíz, objevujícího se při jejich loupání a krájení a které je umožněno působením polyfenoloxidas<sup>9</sup>. Aminokyselina L-tyrosin (1–2.10<sup>-3</sup> mol l<sup>-1</sup>) a chlorogenová kyselina (2–6.10<sup>-4</sup> mol l<sup>-1</sup>)<sup>10</sup> představují dominantní složky bramborových hlíz<sup>11,12</sup> obsahující v molekulách

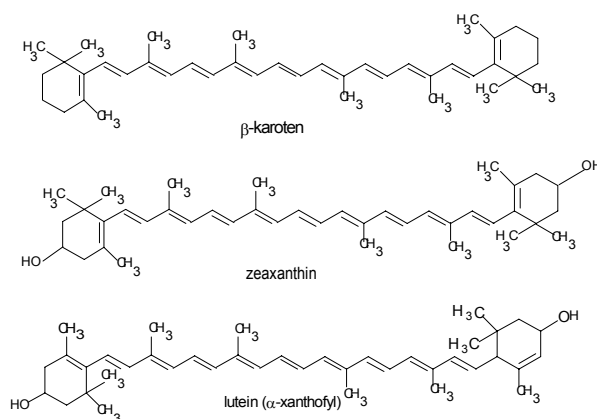


Obr. 1. Hlavní fenolické kyseliny brambor

fenolické hydroxyskupiny (obr. 1). Z těchto látek nejvíce zastoupenou sloučeninou je v bramborových hlízách aminokyselina L-tyrosin ( $770\text{--}3900\text{ mg kg}^{-1}$ ) a dále to jsou kávová kyselina ( $280\text{ mg kg}^{-1}$ ), skopolin ( $98\text{ mg kg}^{-1}$ ), chlorogenová kyselina ( $22\text{--}71\text{ mg kg}^{-1}$ ), ferulová kyselina ( $28\text{ mg kg}^{-1}$ ) a kryptochlorogenová kyselina ( $11\text{ mg kg}^{-1}$ ) – systematické názvy jsou uvedeny v tab. II. Kávová kyselina může být produktem hydrolyzy chlorogenové kyseliny; vykazuje silnou antioxidační aktivitu stejně jako i další hydroxyskořicové kyseliny obsažené v hlízách brambor<sup>13</sup>. Yamamoto a spol.<sup>14</sup> našli kávovou kyselinu v jedlých částech brambor v množstvích  $0,2\text{--}3,2\text{ mg kg}^{-1}$  a obsah celkových polyfenolů byl  $422\text{--}834\text{ mg kg}^{-1}$ . Slupky obsahovaly dvojnásobné množství těchto látek. Některé polyfenoly jsou zastoupeny pouze v menších množstvích, např. neochlorogenová kyselina ( $7\text{ mg kg}^{-1}$ ), *p*-kumarová kyselina ( $4\text{ mg kg}^{-1}$ ), sinapová kyselina ( $3\text{ mg kg}^{-1}$ ) nebo kyselina isochlorogenová *a* ( $3\text{ mg kg}^{-1}$ ). Pouze v malých množstvích byly nalezeny kyselina isochlorogenová *b*, skopoletin a *trans*-feruloylputrescin. Negrel a spol.<sup>15</sup> zjistili výskyt amidů ferulové kyseliny (feruloyltyraminu a feruloylloktopaminu) ve vzorcích s vyšším obsahem suberinu v poškozéném peridermu bramborových hlíz. V celé rostlině brambor byly identifikovány glykosidy delphinidinu (3-*O*-rutinosid), kvercetin (3-*O*-glukosid nebo rutinosid), kemferol (3-*O*-(glukosylglukosid)-7-*O*-rhamnosid, 3-*O*-triglukosid-7-*O*-rhamnosid) a petunidinu (3-*O*-rutinosid). Z volných fenolických látek byl v bramborách identifikován (2*R*,3*S*)-katechin<sup>16</sup>. Laerke a spol.<sup>17</sup> prokázali u odrůd Dalí a Oleva, že náchylnost k černým skvrnám u bramborových hlíz nemůže být dávana do relace s polyfenoloxidaseovou aktivitou a koncentrací fenolů v bramborových hlízách. Sekundární struktura polyfenoloxidasy brambor s červenou dužninou (molekulová hmotnost 40 kDa) je v poslední době intenzivně studována a Jang a Song<sup>18</sup> prokázali, že obsahuje 35 %  $\alpha$ -helixu, 30 %  $\beta$ -struktury a 35 % nepravidelné spirály.



Obr. 2. Antioxidační vztah mezi L-askorbovou kyselinou a polyfenoly



Obr. 3. Hlavní karotenoidy brambor

L-Askorbová kyselina (AK) je hlavním přírodním inhibítorem enzymového hnědnutí brambor<sup>19</sup>. Redukuje primární produkty oxidace, *o*-chinony zpět na *o*-difenyly a sama je kvantitativně oxidována na dehydroaskorbovou kyselinu (obr. 2). L-Askorbová kyselina také inhibuje bramborovou polyfenoloxidasu (PPO) přímo blokováním atomu mědi v aktivním centru enzymu. L-Askorbová kyselina obsažená v hlízách přitahuje pozornost vzhledem ke svému obsahu v bramborách a podílu konzumovaných brambor v lidské výživě jako důležitý zdroj vitamínu C. Brambory jsou velmi bohaté na L-askorbovou kyselinu<sup>20</sup> - obsahují  $170\text{--}990\text{ mg kg}^{-1}$ . Dokonce i ve vařených hlízách brambor zůstává průměrně  $130\text{ mg}$  askorbové kyseliny v kilogramu a v bramborách pečených v mikrovlnné troubě  $151\text{ mg}$  v kilogramu<sup>21</sup>. Obsah L-askorbové kyseliny je ovlivněn spoustou vnějších i vnitřních faktorů, jako jsou odrůda, rok pěstování, způsob pěstování, podmínky prostředí, stupeň zralosti hlíz a skladovací podmínky<sup>22–29</sup>. Dipierro a de Leonardis<sup>30</sup> sledovali změny v aktivitě enzymů askorbát-glutathionového antioxidačního systému během skladování hlíz brambor po 40 týdnů při  $3\text{ }^\circ\text{C}$  a  $9\text{ }^\circ\text{C}$  ve vztahu k peroxidaci lipidů. Obsah L-askorbové kyseliny v hlízách se během skladování snižoval při obou sledovaných teplotách. Obsah dehydroaskorbové kyseliny dosáhl maxima po asi 8 týdnech a byl významně vyšší u hlíz skladovaných při  $3\text{ }^\circ\text{C}$ . Reduktasa volných askorbátových radikálů, dehydroaskorbátoreduktasa a glutathionreduktasa, enzymy zúčastněné v procesu regenerace L-askorbové kyseliny, nebyly ovlivněny teplotou a zůstaly zcela nezměněny v průběhu skladování. Je možné dojít k závěru, že askorbátový systém se podílí na zachycování volných radikálů odpovědných za peroxidaci lipidů přinejmenším při nízkých teplotách a v prvním období skladování.

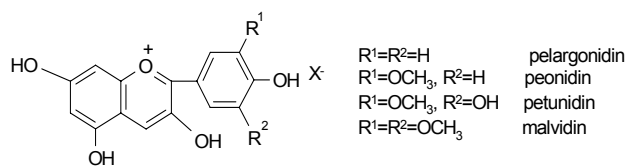
Také karotenoidy jsou účinnými antioxidynty v antioxidačním systému<sup>31–33</sup>. V bramborech jsou zastoupeny průměrně v množství  $4\text{ mg kg}^{-1}$ . Mader, Vodičková<sup>34,35</sup> stanovili celkový obsah karotenoidů v 35 českých odrůdách brambor v rozmezí  $0,16$  až  $6,36\text{ mg kg}^{-1}$  a prů-

měrnou hodnotu  $1,94 \text{ mg kg}^{-1}$ . van Dokkum a spol.<sup>36</sup> (1990) uvádějí průměrnou hodnotu  $0,75 \text{ mg kg}^{-1}$ . Podle Dukeho<sup>20</sup> nejvíce zastoupené jsou  $\beta$ -karoten ( $1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a jeho 5,6-monoepoxid (obr. 3). Avšak Ong a Tee<sup>37</sup> (1992) našli jako nejvíce zastoupený lutein ( $0,13\text{--}0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a  $\beta$ -karoten ( $0,03\text{--}0,40 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Granado a spol.<sup>38</sup> stanovili u raných odrůd jako hlavní složky lutein ( $0,12 \text{ mg kg}^{-1}$ ), zeaxanthin ( $0,04 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a  $\beta$ -karoten ( $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Také Heinonen a spol.<sup>39</sup> našli jako hlavní karotenoidy lutein a zeaxanthin ( $0,13\text{--}0,60 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a  $\beta$ -karoten ( $0,032\text{--}0,077 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Vyšší obsah těchto karotenoidů byl nalezen ve starších bramborách po skladování (v březnu) ve srovnání s novými hlízami (v srpnu), což může být vysvětleno změnami v obsahu vody. Ostatní karotenoidy byly obsaženy pouze v menším množství. Mezi nimi byly nalezeny  $\alpha$ -karoten, 5,6-monoepoxid cis-antheraxanthinu, cis-neoxanthin, cis-violaxanthin, kryptoxanthin, 5,6-di-epoxid kryptoxanthinu a lykopen<sup>40,41</sup>. Müller<sup>42</sup> našel celkový obsah karotenoidů v hlízách brambor  $4,5 \text{ mg kg}^{-1}$  – toto množství bylo tvořeno violaxanthinem ( $1,8 \text{ mg kg}^{-1}$ ), antheraxanthinem (5,6-epoxidem zeaxanthinu,  $1,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ), luteinem ( $1,0 \text{ mg kg}^{-1}$ ), zeaxanthinem ( $0,16 \text{ mg kg}^{-1}$ ), neoxanthinem ( $0,14 \text{ mg kg}^{-1}$ ),  $\beta$ -karotenem ( $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ ) a  $\beta$ -kryptoxanthinem ( $0,03 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Jak zjistili Mader a Vodičková<sup>33,34</sup> (1996, 1998), celkový obsah karotenoidů je vysoce závislý na dané odrůdě (nejvyšší obsahy byly nalezeny u odrůd Agria, Lipta, Albina, Svatava, Zlata, Korela, Tara, Nikola, Lukava a Karin). Obsah karotenoidů je silně ovlivněn ročníkem, přičemž polorané odrůdy jsou více závislé na klimatických podmínkách ve srovnání s ranými odrůdami. Jako dominantní identifikovali lutein a zeaxanthin (42–66 % plochy píku), v menším množství byl zastoupen  $\beta$ -karoten (1,1–3 %).

Hlízy brambor jsou také bohaté na  $\alpha$ -tokoferol ( $0,5\text{--}2,8 \text{ mg kg}^{-1}$ )<sup>43</sup> a obsahují i dostatečné množství selenu ( $0,01 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Djujic a spol.<sup>44</sup> stanovili průměrný denní příjem selenu jako  $29,72 \text{ mg}$  denně a příspěvek zeleniny a brambor z celkového množství byl  $6,5 \%$ . Dalším antioxidantem v bramborových hlízách typu vitamínu je  $\alpha$ -lipoová kyselina, známá jako růstový faktor brambor. Uvnitř buněk je  $\alpha$ -lipoová kyselina snadno redukována na dihydrolipovou kyselinu, která likviduje škodlivé superoxidové, hydroperoxylové a hydroxylové radikály<sup>45</sup>.

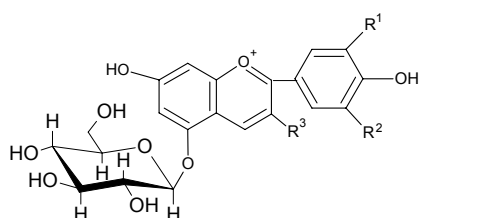
### 3. Anthokyanová barviva v barevných hlízách brambor

Anthokyanany jak v čerstvém, tak i zpracovaném ovoci a zelenině zlepšují jejich celkový vzhled a také přispívají ke zdraví konzumentů<sup>46</sup>. Důležitou vlastností těchto barviv je, že v dietě představují účinné antioxidanty<sup>47,48</sup>, jejichž denní příjem je odhadován na  $180 \text{ mg}$  na osobu<sup>49</sup>. Jsou hlavně obsaženy v červeně a modře zbarvených odrůdách brambor ve slupkách a dužnině bramborových hlíz a chrání lidský organismus proti oxidantům, volným radi-

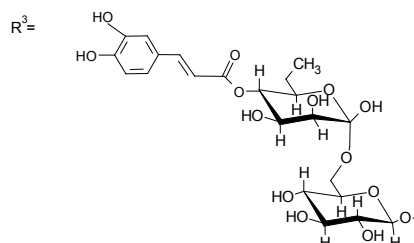


Obr. 4. Anthokyanové aglykony brambor

kálům a vyšším hladinám LDL cholesterolu<sup>50</sup>. Přírodní variace kultivovaných brambor zahrnuje typy, které jsou červeně a modře zbarveny díky přítomnosti anthokyanů (struktura aglykonů je uvedena na obr. 4) ve slupce nebo dužnině<sup>47</sup>. Červeně zbarvené bramborové hlízy (slupky a dužnina) obsahují glykosidy pelargonidinu, např. 3-*O*-(*p*-kumaroylrutinosid)-5-*O*-glukosid ( $200\text{--}2000 \text{ mg kg}^{-1}$  čerstvé hmoty), v menším množství glykosidy peonidinu, např. 3-*O*-(*p*-kumaroylrutinosid)-5-*O*-glukosid ( $20\text{--}200 \text{ mg kg}^{-1}$  čerstvé hmoty)<sup>51</sup>. Modře zbarvené hlízy obsahují podobné koncentrace 3-*O*-(*p*-kumaroylrutinosid)-5-*O*-glukosidu petunidinu a mnohem vyšší množství 3-*O*-(*p*-kumaroylrutinosid)-5-*O*-glukosidu malvidinu ( $2000$  až  $5000 \text{ mg kg}^{-1}$  čerstvé hmoty). Brown a spol.<sup>47</sup> stanovili celkový obsah anthokyanů v rozmezí  $69\text{--}350 \text{ mg}$  v kilogramu čerstvé hmoty u brambor s červenou dužninou a  $55\text{--}171 \text{ mg}$  u modře zbarvených klonů. Acylovaná barviva tvoří více než  $98 \%$  celkového obsahu anthokyanů brambor. Jednotlivé glykosidy se liší typem kyseliny, která se zúčastní acylace, např. kávová kyselina je součástí 3-*O*-{6-*O*-[4-*O*-(3,4-dihydroxycinnamoyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]- $\beta$ -glukopyranosid}-5-*O*- $\beta$ -glukopyranosidu peonidinu ( $10 \%$  obsahu anthokyanů) a petunidinu ( $6 \%$ ). Naito a spol.<sup>52</sup> zjistili, že acylované glykosidy pelargonidinu jsou



$R^1, R^2, R$  - viz Tab. I



Obr. 5. Struktura anthokyanových glykosidů červeně a modře zbarvených brambor

Tabulka I  
Anthokyanové glykosidy červeně až modře zbarvených brambor

R <sup>1</sup>	R <sup>2</sup>	R	Anthokyanový glykosid
H	H	H	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )- <i>p</i> -kumaroyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid pelargonidinu peonarin
OCH <sub>3</sub>	H	H	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )- <i>p</i> -kumaroyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid peonidinu
OCH <sub>3</sub>	H	OH	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )-3,4-dihydroxycinnamoyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid peonidinu petanin
OCH <sub>3</sub>	OH	H	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )- <i>p</i> -kumaroyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid petunidinu
OCH <sub>3</sub>	OH	OH	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )-3,4-dihydroxycinnamoyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid petunidinu
OCH <sub>3</sub>	OH	OCH <sub>3</sub>	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )-feruloyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid petunidinu
OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	H	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )- <i>p</i> -kumaroyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid malvidinu
OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	3- <i>O</i> -{6- <i>O</i> -[4- <i>O</i> -(( <i>E</i> )-feruloyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5- <i>O</i> - $\beta$ -D-glukopyranosid malvidinu

charakteristické pro červené brambory. Hlavní barvivo bylo identifikováno jako 3-*O*-{6-*O*-[4-*O*-((*E*)-*p*-kumaroyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5-*O*- $\beta$ -D-glukopyranosid pelargonidinu a jako minoritní barvivo 3-*O*-{6-*O*-[4-*O*-((*E*)-feruloyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5-*O*- $\beta$ -D-glukopyranosid pelargonidinu. V ostatních glykosidech je vázáná *p*-kumarová kyselina, např. v peonarinu (25 %) a petaninu (37 %). Stejně anthokyanu, avšak v jiných poměrech, jsou obsaženy v hlízách brambor s modrou dužninou. Další acylující kyselinou je ferulová kyselina, např. v modré odrůdě Congo jsou přítomny 3-*O*-[6-*O*-[4-*O*-feruloyl)- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl]}- $\beta$ -D-glukopyranosid}-5-*O*- $\beta$ -D-glukopyranosid petunidinu a malvidinu. Obsah anthokyanů je odhadován na 20–400 mg kg<sup>-1</sup> čerstvé hmotnosti hlíz<sup>53</sup>. V červených odrůdách 3-*O*-rutinosid-5-*O*-glukosid pelargonidinu acylovaný *p*-kumarovou kyselinou představuje asi 70 % z celkového obsahu anthokyanů. Červeně zbarvené brambory obsahují převážně 80 % acylovaných glykosidů pelargonidinu, zatímco brambory s modrou dužninou obsahují kromě těchto glykosidů navíc acylované glykosidy petunidinu v poměru 2:1 (cit.<sup>48</sup>). Struktury hlavních anthokyanových glykosidů jsou uvedeny v obr. 5 a tab. I. Glykosidy peonidinu, petunidinu a malvidinu jsou hlavní anthokyanové glykosidy, které přispívají k antioxidačním vlastnostem hlíz brambor.

#### 4. Antioxidační aktivita anthokyanů brambor

Antioxidační aktivita anthokyanů je kromě jiných vlastností určována počtem volných fenolických hydro-

xyskupin v molekule, takže petunidin má vyšší antioxidační účinek ve srovnání s malvidinem, peonidinem či pelargonidinem. Celková antioxidační aktivita brambor způsobená polyfenoly je určena jak obsahem anthokyanů, tak i obsahem fenolických kyselin, zvláště isomery chlorogenových kyselin<sup>54,55</sup>. Acylace anthokyanů brambor skořicovými kyselinami posunuje jejich zbarvení do modrého odstínu a z velké části zvyšuje jejich celkovou antioxidační účinnost. Naopak glykosylace v poloze 5 snižuje antioxidační aktivitu a rovněž tak i substituce v poloze 3. Antioxidační vlastnosti přírodních extraktů jsou mnohem vyšší ve srovnání s čistými individuálními látkami; tento jev potvrzuje jejich synergické působení<sup>56,57</sup> ve směsích anthokyanů obsažených v bramborových hlízách. Zbarvené brambory vykazují dvakrát až třikrát vyšší antioxidační potenciál ve srovnání s bramborami s bílou dužninou<sup>48</sup>. Vzhledem k této skutečnosti brambory s vysokým obsahem anthokyanů mohou být řazeny k zeleninám vykazujícím vysokou antioxidační účinnost, jako je např. kapusta nebo brokolice. Absorpce kyslíkových radikálů a redukce železitých kationtů v hlízách brambor s červeně a modře zbarvenou dužninou je několikanásobně vyšší ve srovnání s bílými hlízami brambor. Brown a spol.<sup>48</sup> potvrdili měřením antioxidační aktivity (metodami ORAC a FRAP – viz seznam zkratk), že brambory s červenou nebo modrou dužninou měly výrazně vyšší antioxidační aktivitu než brambory s bílou nebo žlutě či oranžově zbarvenou dužninou, avšak bílé brambory rovněž vykazují antioxidační aktivitu v rozmezí 930–1380 troloxových ekvivalentů na kg čerstvé hmoty. Brambory se tak nabízejí jako podstatný zdroj antioxidantů, které působí blahodárným způsobem

Tabulka II

Triviální a systematické názvy vybraných látek obsažených v bramborách

Triviální název	Systematický název
Ferulová kyselina	3-(4-hydroxy-3-methoxyfenyl)propenová kyselina
Chinová kyselina	1,3,4,5-tetrahydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Chlorogenová kyselina	3 <i>O</i> -(3,4-dihydroxycinnamoyl)chinová kyselina, tj. 3-[(3,4-dihydroxycinnamoyl)oxy]-1,4,5-trihydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Isochlorogenová kyselina <i>a</i>	3 <i>O</i> ,4 <i>O</i> -bis(3,4-dihydroxycinnamoyl)chinová kyselina, tj. 3,4-bis[(3,4-dihydroxycinnamoyl)oxy]-1,5-dihydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Isochlorogenová kyselina <i>b</i>	3 <i>O</i> ,5 <i>O</i> -bis(3,4-dihydroxycinnamoyl)chinová kyselina, tj. 3,5-bis[(3,4-dihydroxycinnamoyl)oxy]-1,4-dihydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Káвовá kyselina	3-(3,4-dihydroxyfenyl)propenová kyselina
Krytochlorogenová kyselina	4 <i>O</i> -(3,4-dihydroxycinnamoyl)chinová kyselina, tj. 4-[(3,4-dihydroxycinnamoyl)oxy]-1,3,5-trihydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Neochlorogenová kyselina	5 <i>O</i> -(3,4-dihydroxycinnamoyl)chinová kyselina, tj. 5-[(3,4-dihydroxycinnamoyl)oxy]-1,4,5-trihydroxycyklohexan-1-karboxylová kyselina
Oktopamin	4-(2-amino-1-hydroxyethyl)fenol
<i>p</i> -Kumarová kyselina	3-(4-hydroxyfenyl)propenová kyselina
Sinapová kyselina	3-(4-hydroxy-3,5-dimethoxyfenyl)propenová kyselina
Skopoletin	7-hydroxy-6-methoxy-2 <i>H</i> -chromen-2-on
Skopolin	7-(β-D-glukopyranosyloxy)-6-methoxy-2 <i>H</i> -chromen-2-on
Skořicová kyselina	3-fenylpropenová kyselina
Tyramin	4-(2-aminoethyl)fenol

na kardiovaskulární choroby, zabraňují určitým typům rakoviny a zpomalují degeneraci sítnice<sup>46</sup>. Dieta bohatá na anthokyany a ostatní příbuzné fenolické látky je spojována se sníženým výskytem a závažností některých druhů rakoviny a srdečních onemocnění<sup>58</sup>. Jak prokázali Harada a spol.<sup>59</sup>, acylace anthokyanů hydroxyskořicovými kyselinami je zvláště příznivá pro absorpci anthokyanů a využití jejich antioxidantních účinků.

## 5. Význam antioxidantů brambor

Bramborové hlízy zpracované v různých formách jako jsou smažené hranolky, lupinky, či ve formě bramborové kaše nebo pečených brambor, jsou velmi bohaté na vlákninu snižující obsah cholesterolu a draslík, který udržuje elektrolytickou rovnováhu stejně jako normální funkci srdce a krevní tlak. Jsou také bohaté obsahem antioxidantů, zvláště polyfenolů a L-askorbové kyseliny. Tyto látky jsou převážně rozpustné ve vodě. Na druhé straně hlízy brambor obsahují také lipofilní antioxidanty jako jsou karotenoidy, tokoferoly a α-lipoová kyselina. Antioxidanty jsou účinnější, jsou-li použity v kombinaci díky jejich synergickému účinku, tj. vzájemnému zvyšování účinku. Polyfenolické sloučeniny chrání vitamin C a β-karoten, které na druhé straně mohou pomáhat funkcím vitaminu E (cit.<sup>38</sup>). Kromě L-tyrosinu jsou v bramborách nejvíce zastoupeny hydroxyskořicové kyseliny

(chlorogenová, neochlorogenová, kávová, ferulová), které představují silné antioxidanty a mohou zastavit růst některých rakovinných buněk<sup>60</sup>. Flavonoidy jsou schopné zachycovat a neutralizovat přebytečné volné radikály v mnohých tkáních a působit synergicky s antioxidantními vitaminy C a E (cit.<sup>61</sup>). Některé flavonoidy jsou schopné vázat kovové ionty a zabránit jejich katalytickému působení v těle a jsou schopné regulovat aktivitu antioxidantních enzymů, superoxidodismutasy (SOD) a glutathionperoxidasy (GPX). Zvyšují účinky L-askorbové kyseliny. Anthokyaniny působí jako antioxidanty na lidský lipoprotein o nízké hustotě a na systémy lecithin-liposom<sup>62</sup>. Také L-askorbová kyselina může mít za určitých okolností anti-oxidaci účinky. Může působit jako lapač kyslíku, jako donor vodíku pro fenolické sloučeniny a jako synergická látka pro některé antioxidanty. L-Askorbová kyselina redukuje některé ionty kovů a umožňuje jim působit účinněji jako prooxidanty. β-Karoten, jeden z hlavních karotenů bramborových hlíz, se vyznačuje jedním z nejvyšších antioxidantních účinků karotenoidů. α-Lipoová kyselina regeneruje jiné antioxidanty jako jsou vitaminy C a E a glutathion a prodlužuje jejich existenci v organismu. Dihydroliipoová kyselina recykluje vitamin E díky synergické reakci s L-askorbovou kyselinou. β-Karoten není aktivní při recyklaci vitaminu E, ale má schopnost chránit se sám proti oxidační destrukci<sup>63</sup>. Karotenoidy jsou specifické pro ochranu určité tkáně<sup>61</sup>. Celkově jsou ochranné účinky vyšší, jsou-li ve složené směsi obsaženy všechny karotenoidy.

Karoteny také zvyšují imunitní odpověď a chrání buňky pokožky proti UV záření. Selen působí společně s vitamínem E v buněčném antioxidačním obranném systému tak, že zastavuje reakce volných radikálů, které mohou poškodit buněčné struktury.

## 6. Šlechtění nových odrůd brambor s červeně a modře zbarvenými hlízami

Vzhledem ke skutečnosti, že antioxidační kapacita červeně nebo modře zbarvených brambor je 2–3× vyšší ve srovnání s bramborami s bílou/žlutou dužninou, mohly by tyto brambory zvýšit příjem antioxidantů v lidské výživě. To je také důvodem, proč se úsilí šlechtitelů zaměřuje na šlechtění těchto fenotypů brambor, které mohou zahrnovat následující varianty: modrá slupka a dužnina, modrá slupka s částečně modrou (mramorovanou) dužninou, červená slupka s červenou dužninou a červená slupka s částečně zbarvenou (mramorovanou) dužninou. Syntéza anthokyanových barviv v bramborách je založena na aktivitě dihydroflavonol-4-reduktasy, která katalyzuje redukci dihydrokemferolu na leukopelargonidin. Bramborový R lokus, tj. místo speciálního genu R na chromosomu, je základním kódujícím faktorem pro dihydroflavonol-4-reduktasu, potřebnou při vzniku červených barviv brambor založených na pelargonidinu. Tento R-lokus je přítomný ve všech červeně zbarvených hlízách<sup>64</sup>, zatímco u hlíz s bílou dužninou chybí. R-lokus byl vyšlechtěn během domestikace brambor<sup>65,66</sup>. Podobně jako je R-lokus nezbytný pro tvorbu červených anthokyanů na bázi pelargonidinu, byly charakterizovány i P-lokus, nezbytný pro tvorbu modrých anthokyanů na bázi delphinidinu a I-lokus nezbytný pro tkáňovou specifickou expresi ve slupkách hlíz<sup>67</sup>. Zvláště P-lokus je nezbytný pro kódování flavonoid-3',5'-hydroxylasy s následující tvorbou modrých anthokyanů, jak prokázali Jung a spol.<sup>68</sup> u odrůdy brambor s červenou slupkou Désirée. V současné době bylo vyšlechtěno mnoho zbarvených odrůd, např. Norland, Red Norland, Dark Red Norland, Congo, Blaue Hindelbank, All Blue, Red Pearl, Purple Peruvian, Russet Norkotah, Cranberry Red a další<sup>69</sup>. Klony s červeně a modře zbarvenou dužninou mají často stejně zbarvenou slupku a tvorba těchto barviv je pravděpodobně řízena více geny<sup>47,70</sup>. Procento dědičnosti potomků s červeně zbarvenou dužninou je u kříženců červená × červená 14,5 % a 4,1 % u kříženců červená × bílá. Expresí DNA kódující dihydroflavonol-4-reduktasu může zvýšit tvorbu pelargonidinu až 4×. Během vývoje barevných hlíz zůstává obsah anthokyanů více méně konstantní, pouze u méně zbarvených odrůd se zvyšuje do určitého definovaného maxima. Během vývoje těchto hlíz byly pozorovány změny v obsahu anthokyanů a zbarvení hlíz Hungem a spol.<sup>50</sup> nebo Fossenem a Andersenem<sup>71</sup>. Lze tedy konstatovat, že během vývoje hlíz jsou syntetizovány anthokyany a dělení buněk a nárůst přispívají potom k poklesu zbarvení a koncentrace anthokyanů.

## 7. Role anthokyanů v bramborách a jejich potravinářské a nepotravinářské použití

Anthokyany obsažené v červených a modrých bramborách mají antioxidační vlastnosti, ale mohou také blokovat bramborovou plíseň díky jejich fungicidním vlastnostem. Červené a modré odrůdy brambor mají trvalou rezistenci, která zabraňuje proniknutí plísně do podzemních částí brambor. Také několik dalších abiotických stresových faktorů (poranění, působení ultrafialového záření) a účinek methyl-jasmonátu nebo ethylenu byly sledovány vzhledem k jejich schopnosti indukovat akumulaci fenolických sloučenin a antioxidační kapacity v bramborách s červenou dužninou. Poranění mělo za následek zvýšení obsahu celkových fenolů o 60 % a současně 85% zvýšení antioxidační aktivity<sup>72</sup>. Lukaszewicz a spol.<sup>73</sup> na příkladu hlíz transgenních brambor se zvýšeným obsahem flavonoidů a anthokyanů prokázali zlepšenou antioxidační aktivitu; stejná závislost byla prokázána i pro chlorogenovou kyselinu<sup>74</sup>. Reyes a spol.<sup>75</sup> potvrdili, že během zrání hlíz červených a modrých brambor roste hmotnost a výnos hlíz, avšak obsah anthokyanů a dalších fenolických látek se snižuje. Delší dny a nižší teploty byly pro tvorbu anthokyanů a fenolických látek příznivé (jejich obsah za těchto podmínek byl 1,5–2,5× vyšší). Hlavním cílem šlechtitelů a producentů při šlechtění a výběru odrůd s vysokým obsahem anthokyanů a při stanovení vhodných podmínek růstu pro zvýšení výtěžků přírodního barviva – anthokyanů je získat červené a modré brambory s vysokým obsahem anthokyanů a vysokou antioxidační aktivitou pro potravinářský průmysl a použít tyto brambory jako potravinářské přísady<sup>47</sup>. Některé tyto speciální brambory byly hodnoceny velmi pozitivně, např. odrůdy s červenou dužninou All Blue a Mc Intosh Black nebo odrůda Alaska Sweetheart<sup>76</sup>. V poslední době jsou brambory s červeně a modře zbarvenou dužninou intenzivně studovány jako zdroj anthokyanových přírodních barviv pro potravinářské i nepotravinářské účely<sup>77</sup>. Singh a Rajini<sup>78</sup> prokázali značnou antioxidační účinnost prášku vyrobeného ze slupek brambor, stejně tak i schopnost potlačit aktivitu superoxidů. Vzhledem k tomu, že bramborové slupky jsou vyhazovány jako odpad a nejsou efektivně využívány, naznačují tyto výsledky, že by mohly být efektivně využity jako složka funkčních potravin. Ur-Rehman a spol.<sup>79</sup> doporučují přidávat extrakt ze slupek brambor do olejů, tuků a ostatních potravinářských produktů jako přírodní antioxidant k potlačení oxidace lipidů. Acylace anthokyanových glykosidů brambor hydroxyskořicovými kyselinami přispívá k jejich značné stabilitě.

## 8. Závěr

Odrůdy s červenou až modrou dužninou se pěstují v Americe, v Austrálii i v některých evropských zemích, avšak většinou ve velmi malém rozsahu jako delikatesa

pro zpestření trhu. V poslední době je jim však věnována větší pozornost (např. v Kanadě, USA i v některých evropských zemích), a to právě ze zdravotních důvodů. Jsou to odrůdy s rozdílnými varnými vlastnostmi, a proto je lze využít na přípravu salátů, jako přílohu i na smažení hranolků nebo na bramborové kaše. U nás jsou tyto odrůdy zatím málo známy a v některých hypermarketech jsou jako novinka prodávány za vysoké ceny. Nelze předpokládat, že by tyto odrůdy s barevnou dužninou mohly konkurovat tradičním odrůdám. V blízké budoucnosti by však mohly zpestřit i náš trh, neboť po vstupu do EU se u nás již mohou pěstovat odrůdy registrované v ostatních zemích EU. Ve státních odrůdových zkouškách ÚKZÚZ je nyní zkoušena i odrůda tohoto typu (Valfi). Nejdůležitějšími faktory, které jsou v současné době studovány, jsou šlechtění nových odrůd a kultivarů s vysokým obsahem anthokyanů, vliv hnojení a regionu pěstování, skladovacích podmínek a technologie zpracování a stabilita produktů. Kosieradzka a spol.<sup>80</sup> zjistili, že hlízy transgenních brambor obsahují vyšší koncentrace anthokyanů vzhledem k expresi chalconsynthetasy, chalconisomerasy a dihydroflavonoldehydrogenasy a docházejí k závěru, že tyto hlízy s vyšším obsahem anthokyanů mohou mít vyšší nutriční hodnotu.

#### S e z n a m z k r a t e k

I, P, R lokus – místo speciálních genů I, P, R na chromosomu

FRAP metoda (ferric reducing ability of plasma) – metoda stanovení schopnosti plazmy redukovat (tripirydyltriazin) železitý ion na železnatý

LDL cholesterol (low density lipoprotein cholesterol) – cholesterol s lipoproteinem o nízké molekulové hmotnosti, který je škodlivý

ORAC metoda (oxygen radical absorbance capacity assay) – metoda stanovení absorpční kapacity kyslíkových radikálů

troloxový ekvivalent – ekvivalent antioxidační kapacity 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylové kyseliny

ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

*Tato studie je součástí řešení výzkumného záměru MŠM 6046070901 a grantu NAZV 1646058.*

#### LITERATURA

- Bors W., Saran M.: *Free Radical Res. Commun.* 2, 289 (1987).
- Good D.: *Am. J. Med.* 12 (1994).
- Lachman J., Orsák M., Pivec V.: *Zahradnictví* 27, 65 (2000).
- Lachman J., Hejtmánková A., Orsák M., Pivec V.: *Proc. Sustain Life – Secure Survival II*, str. 75 (2004).
- Justesen U., Knuthsen P., Leth T.: *Cancer Lett.* 114, 167 (1997).
- Lachman J., Hamouz K., Orsák M., Pivec V.: *Rostl. Výroba* 46, 231 (2000).
- Al-Saikhan M. S., Howard L. R., Miller J. C. Jr.: *J. Food Sci.* 60, 341 (1995).
- Vinson J. A.: *U.S. per capita polyphenol consumption from common fruits, vegetables & beverages*. Am. Chem. Soc. Annual Meeting, Orlando, August 1996.
- Jang J., Song K. B.: *J. Food Sci.* 69, C648 (2004).
- Dao L., Friedman M.: *J. Agric. Food Chem.* 40, 2152 (1992).
- Matheis G.: *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* 12, 86 (1989).
- Leja M.: *Acta Physiol. Plant.* 11, 201 (1989).
- Chen J. H., Ho C. T.: *J. Agric. Food Chem.* 45, 2374 (1997).
- Yamamoto I., Takano K., Sato H., Kamoi I., Miamoto T.: *J. Agric. Sci.* 41, 239 (1997).
- Negrel J., Pollet B., Lapiere C.: *Phytochemistry* 43, 1195 (1996).
- Mendez C. D. V., Delgado M. A. R., Rodriguez E. M. R., Romero C. D.: *J. Agric. Food Chem.* 52, 1323 (2004).
- Lærke P. E., Christiansen J., Veierskov B.: *Postharvest Biol. Technol.* 26, 99 (2001).
- Jang J., Song K. B.: *J. Food Sci.* 69, C648 (2004).
- Almeida M. E. M., Nogueira J. N.: *Plant Foods Hum. Nutr. (Dordrecht, Neth.)* 47, 245 (1995).
- Duke J. A.: *Handbook of Phytochemical Constituents of Grass Herbs and Other Economic Plants*. Boca Raton, FL. CRC Press 1992a.
- USDA Nutrient Database for Standard Reference Release 12 (1998).
- Mapson L. W., Swain T., Tomalin A. W.: *J. Sci. Food Agric.* 14, 673 (1963).
- Brudzynski A., Zawidzka-Okoniewska E.: *Zesz. Nauk. Szk. Gl. Gospod. Wiejsk. – Akad. Roln. Warszawie, Technol. Rolno-Spozyw.* 13, 91 (1979).
- Mondy N. I., Koch R. L., Chandra S.: *J. Agric. Food Chem.* 27, 418 (1979).
- Takebe M., Yoneyama T.: *Nippon Dojo Hiriyogaku Zasshi* 63, 447 (1992).
- Mondy N. I., Munshi C. B.: *J. Agric. Food Chem.* 41, 1868 (1993).
- Cieslik E.: *Food Chem.* 49, 233 (1994).
- Štorková J., Prugar J.: *Výživa a potraviny* 52, 2 (1997).
- Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V.: *Rostl. Výroba* 45, 293 (1999).
- Dipierro S., de Leonardis S.: *J. Exp. Bot.* 48, 779 (1997).
- Canfield M.: *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 691, 192 (1993).
- Järvinen R.: *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 65, 24 (1995).
- Mayne S.T.: *FASEB J.* 10, 690 (1996).
- Mader P., Vodičková H.: *Karotenoidy v hlízách brambor vybraných odrůd českého sortimentu. Závěrečná zpráva projektu GAČR, 509/94/0736*, Praha 1996.
- Mader P.: *Karotenoidy v hlízách brambor vybraných odrůd českého sortimentu. Souhrn referátů XXIX. symposia o nových směrech výroby a hodnocení*

- potravin. Skalský dvůr*, 8 (1998).
36. Van Dokkum W., De Vos R. H., Schrijver J.: *J. Agric. Food Chem.* 38, 211 (1990).
  37. Ong A. S. H., Tee E. S.: *Methods Enzymol.* 213, 142 (1992).
  38. Granado F., Olmedilla B., Blanco I., Rojas-Hidalgo E.: *J. Agric. Food Chem.* 40, 2135 (1992).
  39. Heinonen M. I., Haila K., Lampi A. M., Piironen V.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 74, 1047 (1997).
  40. Bergthaller W., Tegge G., Hoffmann W.: *Effect of Storage Temperature on Color Changes and Content of Carotenoids of Dehydrated Diced Potatoes*. V knize: *Engineering for Potatoes*, (Cargill B. F., ed.) str. 456. ASAE, St. Joseph (1986).
  41. Duke J. A.: *Handbook of Biologically Active Phytochemicals and Their Activities*. FL. CRC Press, Boca Raton 1992.
  42. Müller H.: *Z. Lebensm. – Unters. Forsch. A* 204, 88 (1997).
  43. Packer L., Witt E. H., Tritschler H. J.: *Free Radical Biol. Med.* 19, 227 (1995).
  44. Djuić I., Djuić B., Trajković L.: *Naucni Skupovi – Srp. Akad. Nauka Umjet., Od. Prir. – Mat. Nauka* 6, 81 (1995).
  45. Packer L., Witt E. H., Tritschler H. J.: *Free Radical Biol. Med.* 19, 227 (1995).
  46. Stintzing F.C., Carle R.: *Trends Food Sci. Technol.* 15, 19 (2004).
  47. Brown C. R., Wrolstadt R., Durst R., Yang C. P., Clevidence B.: *Am. J. Potato Res.* 80, 241 (2003).
  48. Brown C. R.: *Nutrient Status of Potato: Assessment of Future Trends*. Proc. *Washington State Potato Conf.*, 11 (2004).
  49. Galvano F., La Fauci L., Lazzarino G., Fogliano V., Ritieni A., Ciappellano S., Battistini N.C., Tavazzi B., Galvano G.: *J. Nutr. Biochem.* 15, 2 (2004).
  50. Hung Chen-Yi, Murray J. R., Ohmann S. M., Tong C. B. S.: *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 122, 20 (1997).
  51. Lewis Ch. E., Walker J. R. L., Lancaster J. E., Sutton K. H.: *J. Sci. Food Agric.* 77, 45 (1998).
  52. Naito K., Umemura Y., Mori M., Sumida T., Okada T., Takamatsu N., Okawa Y., Hayashi K., Saito N., Honda T.: *Phytochemistry* 47, 109 (1998).
  53. Rodriguez-Saona L. E., Giusti M. M., Wrolstad R. E.: *J. Food Sci.* 63, 458 (1998).
  54. Lachman J., Hamouz K., Orsák M., Pivec V.: *Rostl. Výroba* 46, 231 (2000).
  55. Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V.: *Rostl. Výroba* 45, 293 (1999).
  56. De Souza R. F. V., De Giovanni W. F.: *Redox Rep.* 9, 97 (2004).
  57. Garcia-Alonso M., de Pascual-Teresa S., Santos-Buelga C., Rivas-Gonzalo J. C.: *Food Chem.* 84, 13 (2004).
  58. Hertog M. G. L., Feskens E., Hollman P., Katan M., Kromhout D.: *Lancet* 342, 1007 (1993).
  59. Harada K., Kano M., Takayanagi T.: *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 68, 1500 (2004).
  60. Cutler R. G.: *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 373S (1991).
  61. Satué M. T., Heinonen M. I., Frankel E. N.: *J. Agric. Food Chem.* 45, 3362 (1997).
  62. Kagan V. E., Serbinova E. A., Forte T., Scita G., Packer L.: *J. Lipid Res.* 33, 385 (1993).
  63. Ziegler R.: *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 251S (1991).
  64. De Jong W. S., De Jong D. M., De Jong H., Kalazich J., Bodis M.: *Theor. Appl. Genet.* 107, 1375 (2003).
  65. De Jong H.: *Am. Potato J.* 68, 585 (1991).
  66. De Jong H., Burns V. J.: *Am. Potato J.* 70, 267 (1993).
  67. De Jong W. S., Eannetta N. T., De Jong D. M.: *Theor. Appl. Genet.* 108, 423 (2004).
  68. Jung Ch. A. S., Griffiths H. M., De Jong D. M., Cheby S., Bodis M., De Jong W. S.: *Theor. Appl. Genet.* 110, 269 (2005).
  69. Groza H. I., Bowen B. D., Kichefski D., Peloquin S. J., Jiang J.: *Am. J. Potato Res.* 81, 209 (2004).
  70. Jong W. S., De Jong D. M., Bodis M.: *Theor. Appl. Genet.* 107, 1384 (2003).
  71. Fossen T., Andersen O. M.: *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 360 (2000).
  72. Reyes L. F., Cisneros-Zevallos L.: *J. Agric. Food Chem.* 51, 5296 (2003).
  73. Lukaszewicz M., Matysiak-Kata I., Skala J., Fecka I., Cisowski W., Szopa J.: *J. Agric. Food Chem.* 52, 1526 (2004).
  74. Niggeweg R., Michael A. J., Martin C.: *Nat. Biotechnol.* 22, 746 (2004).
  75. Reyes L. F., Miller J. C., Cisneros-Zevallos L.: *Am. J. Potato Res.* 81, 187 (2004).
  76. Sorensen E. J., Mikitzel L. J.: *An Evaluation of the Culinary Quality of Specialty Potatoes*. Proc. *1993 Washington State Potato Conf. & Trade Fair*, 7 (1993).
  77. Vögel R., Schüler K., Flamme W., Jansen F.G., Junghans H., Christiansen Ch., Möhring H., Jacobs R.: *Investigations of extraction of pigments from potatoes (Solanum tuberosum genpool) and testing of economic utilizability in them contained pigments for non-food utilization*. Final Report, FNR FKZ, 98NR113, Landesumweltamt Brandenburg 2004.
  78. Singh N., Rajini P. S.: *Food Chem.* 85, 611 (2004).
  79. Ur-Rehman Z., Farzana H., Shah W. H.: *Food Chem.* 85, 215 (2004).
  80. Kosieradzka I., Borucki W., Matysiak-Kata I, Szopa J., Sawosz E.: *J. Anim. Feed Sci.* 13, 87 (2004).

**J. Lachman<sup>a</sup>, K. Hamouz<sup>b</sup>, and M. Orsák<sup>a</sup>**  
<sup>a</sup>Department of Chemistry, <sup>b</sup>Department of Plant Production, Faculty of Agrobiological, Food and Natural Resources, Czech Agricultural University, Prague): **Red and Purple Potatoes – A Significant Antioxidant Source in Human Nutrition**

Potatoes are a significant antioxidant source in human nutrition. The main potato antioxidants are polyphe-



nols, L-ascorbic acid, carotenoids, tocopherols,  $\alpha$ -lipoic acid, and selenium. Major phenolic constituents in potatoes are amino acid L-tyrosine, and polyphenolic antioxidants scopolin and caffeic, chlorogenic, cryptochlorogenic and ferulic acids. Red and purple potatoes contain anthocyanins acylated with hydroxycinnamic acids (such as ferulic and caffeic acid). Pigmented potatoes show a higher antioxidant potential than white-flesh potatoes. Red potato tubers contain glycosides of pelargonidin and

peonidin, purple potatoes glycosides of malvidin and peonidin. New red- and purple-flesh potato varieties are introduced due to their higher antioxidant contents and their use in food and non-food industry. Anthocyanins of potatoes are also useful in protection against potato blight. The most important topics studied are breeding of new varieties and cultivars with high anthocyanin contents, effects of fertilisation and cultivation region, storage and technology of processing, and stability of products.

**VÚFB a.s.**

U kabelovny 130, 102 01 Praha 10

si Vás dovoluje pozvat na 5. odbornou konferenci s mezinárodní účastí

**„Moderní metody v syntéze a analýze aktivních farmaceutických substancí“**

Konference se koná ve dnech 23. a 24. listopadu 2005 v kongresovém sále Obchodního centra firmy Zentiva, U kabelovny 130, Praha 10.

Tématické okruhy letošní konference jsou:

- asymetrické reakce, enantioselektivní katalýza,
- enzymatické metody v přípravě opticky aktivních látek,
- pokroky v syntéze ve vybraných skupinách léčiv,
- moderní analytické metody v hodnocení aktivních farmaceutických substancí.

Program bude upřesněn v červenci 2005 na stránkách [www.vufb.cz](http://www.vufb.cz).

Přihlášky či své dotazy prosím zasílejte na [schneiderova@zentiva.cz](mailto:schneiderova@zentiva.cz) (tel. 267 243 705).

Za organizační výbor konference  
Ing. Miroslav Kuchař, DrSc.