

VLIV VYBRANÝCH FAKTORŮ NA OBSAH POLYFENOLŮ A ANTI- OXIDAČNÍ AKTIVITU HLÍZ BRAMBOR

JAROMÍR LACHMAN^a, KAREL HAMOUZ^b,
JAROSLAV ČEPL^c, VLADIMÍR PIVEC^a,
MILOSLAV ŠULC^a a PETR DVOŘÁK^b

^a Katedra chemie, ^b Katedra rostlinné výroby, Česká zemědělská univerzita v Praze, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6 Suchdol, ^c Výzkumný ústav bramborářský, Dobrovského 2366, 580 01 Havlíčkův Brod
lachman@af.czu.cz

Došlo 17.1.06, přijato 23.3.06.

Klíčová slova: hlízy brambor, polyfenoly, antioxidační aktivita, žluté a fialové odrůdy, stanoviště, hnojení

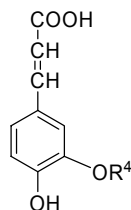
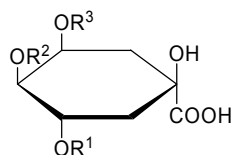
Úvod

V poslední době se v bramborových hlízách intenzivně studují látky, které mohou mít v lidské výživě významné postavení i přes nižší obsah¹. Významnou skupinu látek, která je v poslední době v bramborách intenzivně zkoumána, jsou látky s antioxidačními účinky^{2–6}. Jednu z nejrozšířenějších skupin antioxidantů představují fenolové látky, z nichž v bramborách je nejvíce zastoupena chlorogenová kyselina a její isomery^{3,4,7} a kávová kyselina

Tabulka I

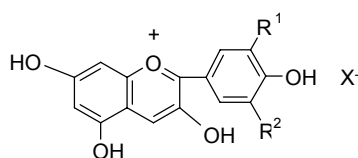
Hlavní fenolové kyseliny v hlízách brambor

Triviální název	Systematický název
Ferulová kyselina	4-hydroxy-3-methoxyfenylprop-3-enová 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
Kávová kyselina	3,4-dihydroxyfenylprop-3-enová kyselina
Kryptochlorogenová 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



Látka	R ¹	R ²	R ³	R ⁴
Chlorogenová kyselina		H	H	
Isochlorogenová kyselina <i>a</i>			H	
Isochlorogenová kyselina <i>b</i>		H		
Kryptochlorogenová kyselina	H		H	
Neochlorogenová kyselina	H	H		
Kávová kyselina				H
Ferulová kyselina				CH ₃

Obr. 1. Struktura fenolkarboxylových kyselin v hlízách brambor



Obr. 2. Aglykony anthokyanů brambor

Látka	R ¹	R ²
Pelargonidin	H	H
Peonidin	OCH ₃	H
Petunidin	OCH ₃	OH
Malvidin	OCH ₃	OCH ₃

(tab. I, obr. 1). V současné době jsou prováděny šlechtitelské pokusy s cílem zvýšit antioxidační aktivitu brambor navýšením obsahu fenolových látek a karotenoidů jako hlavních složek přispívajících k jejich antioxidační aktivitě⁸ nebo zvýšením obsahu selenu navýšením jeho obsahu ve výživě brambor⁹. Flavonoidy a u barevných odrůd také anthokyaniny (obr. 2), jsou zastoupeny hlavně v buněčných vakuolách peridermu, zvláště ve tkáních hlíz transgenických brambor¹⁰. Anthokyaniny jsou přítomny buď jako neacylované glykosidy nebo glykosidy acylované převážně *p*-kumarovou kyselinou¹¹. Byla nalezena pozitivní korelace¹² mezi antioxidační aktivitou a obsahem celkových polyfenolů a anthokyaninů se závěrem, že především tyto látky hrají podstatnou roli v antioxidační kapacitě brambor. Ačkoliv obsah těchto látek ve slupkách brambor je 0,9–1,6 násobek obsahu v dužnině hlíz, příspěvek slupky k celkovému obsahu fenolových látek a anthokyaninů činil pouze 20 %. Obsah chlorogenové kyseliny hraje významnou roli v antioxidačním potenciálu hlíz¹³, což však nebylo potvrzeno pro volnou aminokyselinu L-tyrosin. K celkové antioxidační aktivitě přispívají i karotenoidy obsažené v dužnině bramborových hlíz v rozsahu 0,5–1 mg v kg čerstvé hmoty u bíle zbarvených odrůd a dosahujících hodnot až 20 mg v kilogramu čerstvé hmoty u brambor se žlutě až oranžově zbarvenou dužninou¹⁴. Brambory s červeně zbarvenou dužninou obsahují anthokyaniny¹⁵ v závislosti na tom, zda mají dužninu hlíz zbarvenou pouze částečně nebo úplně. Tyto odrůdy obsahují 69–350 mg anthokyaninů na 1 kg čerstvé hmoty a u fialově zbarvených odrůd brambor bývá jejich obsah 55–171 mg kg⁻¹ čerstvé hmoty¹⁶.

Jak bylo zjištěno, mohou být některé specie rodu *Solanum* vhodným zdrojem genů pro akumulaci antioxidantů

brambor, jejich obsah je však také ve značné míře ovlivněn agrotechnickými postupy pěstování a environmentálními faktory. Vztah mezi antioxidační kapacitou bramborových hlíz a obsahem flavonoidů je složitý¹⁷ a i když chlorogenová kyselina je hlavním antioxidantem hlíz brambor^{18,19}, objevují se stále další účinné fenolové antioxidanty, např. alkylferuláty obsažené v lipofilní frakci²⁰. Celkový obsah polyfenolových látek a anthokyaninů je rozdílný v různých stadiích zralosti hlíz^{21,22}, je ovlivněn různými environmentálními podmínkami, např. delšími dny a nižšími teplotami²³ nebo způsobem a dávkami hnojení^{24,25}.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem bylo hlavním cílem této studie stanovit rozdíly v obsahu celkových polyfenolů a v antioxidační aktivitě mezi odrůdami s bíle až žlutě zbarvenou dužninou a fialově zbarvenými odrůdami a určit vliv klimatických podmínek stanoviště a hnojení, se zvláštním důrazem na draslík, na tyto dva vybrané kvalitativní parametry hlíz brambor.

Experimentální část

Polní pokusy

V přesných polních pokusech na čtyřech lokalitách v České republice s rozdílnou nadmořskou výškou byly vypěstovány jednotným způsobem podle zásad běžné agrotechniky čtyři odrůdy brambor (Impala, Karin, Ditta, Saturna), na stanovišti Suchdol navíc dvě odrůdy s fialovou barvou dužniny Valří a Violette. Základní charakteristika jednotlivých stanovišť z hlediska nadmořské výšky, klimatických podmínek, půdních podmínek a zásoby živin v půdě je uvedena v tab. II. Předplodinou v pokusech byla ozimá pšenice, na podzim byl zaorán

Tabulka II

Charakteristika pokusných stanovišť

Stanoviště	Nadmoř. výška [m]	Prům. roč. teplota [°C]	Roční srážky [mm]	Půdní typ a druh	Zásoba živin v půdě [mg kg ⁻¹]		
					P	K	Mg
Přerov n. Labem	178	8,8	622	HM-ph,h	134	201	73
Praha-Suchdol	286	8,2	510	HM-h	175	245	210
Lípa	505	7,7	632	HPg-ph	93	154	94
Stachy	860	6,3	755	HPp-hp	248	124	134
Valečov	460	6,9	649	HPg-ph,h	171	203	161

Půdní typy: HM – hnědozem typická, HPg – kambizem kyselá pseudoglejová (hnědá půda oglejená), HPp – kryptopodzol (hnědá půda podzolová); Půdní druhy: ph – písčitolinitá, hp – hlinitopísčítá, h – hlinitá

chlévkový hnůj v dávce 30 t ha⁻¹ společně s P a K hnojivem v dávkách podle zásoby živin v půdě. Na jaře byla na uvláčený pozemek rozmetána dusíkatá hnojiva, a to 2/3 z celkové dávky 120 kg N ha⁻¹ a zbytek dávky byl aplikován po vzejití porostu. Pozemek byl prokypřen do hloubky 15–18 cm a vytvořeny brázdy. Vlastní pokusy byly založeny ve čtyřech opakováních ve sponu 75 × 30 cm, velikost parcely 300 cm (4 řádky) × 720 cm. Před vzejitím trsů byl aplikován preemergentní herbicid Afalon 45 SC (linuron 450 g) v dávce 1,5 l ha⁻¹. Před zapojením porostu bylo provedeno nahrnutí zeminy na hrůbky. Během vegetace bylo jedenkrát provedeno ošetření insekticidem proti mandelince bramborové a 5–7 ošetření fungicidy proti plísni bramborové podle potřeby na jednotlivých stanovištích.

Druhý pokus byl založen na stanovišti Valečov (tab. II), kde byl sledován vliv různé úrovně hnojení živinami N, P, K, Mg na obsah celkových polyfenolů. Pokus byl realizován se dvěma odrůdami Ditta a Karin, agrotechnika byla shodná jako u prvního pokusu. Varianty hnojení byly následující: varianta 1: bez hnojení průmyslovými hnojivem; varianta 2: N 100 kg ha⁻¹, P₂O₅ 100 kg ha⁻¹, K₂O 130 kg ha⁻¹, MgO 50 kg ha⁻¹; varianta 3: N 100 kg ha⁻¹, P₂O₅ 100 kg ha⁻¹, K₂O 200 kg ha⁻¹, MgO 100 kg ha⁻¹; varianta 4: N 180 kg ha⁻¹, P₂O₅ 100 kg ha⁻¹, K₂O 130 kg ha⁻¹, MgO 50 kg ha⁻¹.

Po sklizni ve fyziologické zralosti byly z jednotlivých opakování každého pokusu odebrány vzorky hlíz k laboratorním rozborům, které byly provedeny na Katedře chemie České zemědělské univerzity v Praze. Pro stanovení obsahu polyfenolů byly vzorky hned po sklizni zmrazeny a poté mrazově sublimovány.

Analytické metody

Mrazová sublimace

Hlízy brambor byly lyofilizovány na lyofilizátoru Lyovac GT 2 (Leybold-Heraeus, Německo) a po vysušení a stabilizaci v exsikatoru byly rozemlety na prášek v laboratorním mlýnku a poté extrahovány 80% vodným roztokem ethanolu po 24 h (15 min v ultrazvukové lázni a 1 h na třepačce). Navážka vzorků byla 10 g. Získané extrakty byly kvantitativně převedeny do 100 ml odměrných baněk a doplněny 80% vodným ethanolom po rysku, ke stanovení byly pipetovány 0,5 ml alikvotní podíly.

Stanovení celkových polyfenolů (CP) Folinovým-Ciocalteauovým činidlem

Ke stanovení byla použita modifikovaná metoda²⁶ s Folinovým-Ciocalteauovým činidlem. Vzorek (0,5 ml) byl pipetován do 50 ml odměrné baňky a zředěn destilovanou vodou. Poté bylo přidáno 2,5 ml Folinova-Ciocalteauova činidla (PENTA, Česká republika) a po promíchání 7,5 ml 20% roztoku karbonátu sodného. Po 2 hodinách stání při laboratorní teplotě byla změřena absorbance na spektrofotometru He λ ios γ (Spectronic Unicam, Velká Británie) při vlnové délce $\lambda=765$ nm proti slepému pokusu. Výsledky byly vyjádřeny jako ekvivalen-

ty gallové kyseliny (v g kg⁻¹ sušiny, gallová kyselina Merck, Německo). Průměrné hodnoty byly získány ze tří paralelních stanovení.

Stanovení antioxidační antiradikálové aktivity (AAA) metodou s DPPH•

AAA byla měřena po reakci se stabilním volným radikálem 1,1-difenyl-2-pikrylhydrazylem (DPPH•)²⁷. Těsně před stanovením byl připraven čerstvý roztok DPPH (25 mg DPPH bylo rozpuštěno v 1 l methanolu, Sigma Aldrich). Fialový roztok DPPH• (3 ml) byl odpipetován do plastických kyvet o tloušťce 1 cm a byla změřena absorbance při vlnové délce $\lambda=515$ nm na spektrofotometru He λ ios γ (Spectronic Unicam, Velká Británie) (t_0). Poté bylo přidáno 5 μ l vzorku a po promíchání tyčinkou byla reakční směs ponechána stát 5 min. Po pětiminutovém stání při laboratorní teplotě byla opět změřena absorbance (t_5) a AAA byla vyjádřena z poklesu absorbance v % dle vztahu: % inaktivace = $100 - [(A_{t_5}/A_{t_0}) \times 100]$. Průměrné výsledky byly získány ze sedmi paralelních stanovení a vyjádřeny jako ekvivalenty askorbové kyseliny (mg kg⁻¹ sušiny, askorbová kyselina, Sigma, Německo). Hodnota R^2 pro askorbovou kyselinu byla 0,9991.

Statistické zhodnocení

Výsledky byly statisticky zpracovány metodou variantační analýzy – Tukeyho testem na hladině významnosti $P = 0,05$.

Výsledky a diskuse

Obsah celkových polyfenolů

Vliv stanoviště

Na čtyřech stanovištích, která se výrazně lišila nadmořskou výškou, klimatickými a půdními podmínkami, nebylo dosaženo statisticky průkazného rozdílu v obsahu celkových polyfenolů v hlízách. Byl však zjištěn zajímavý trend vyššího obsahu celkových polyfenolů na stanovišti Stachy (minimálně o 11,4 % vyšší obsah celkových polyfenolů proti ostatním stanovištím – tab. III). Stanoviště Stachy se od ostatních výrazně odlišuje nejvyšší nadmořskou výškou, nejnižší průměrnou roční teplotou, nejvyšším úhrnem srážek a nejnižší úrodností půdy (tab. II). Uvedený trend na stanovišti Stachy se potvrdil u všech čtyř pokusných odrůd. Rozdíly v obsahu CP mezi dalšími třemi stanovišti byly minimální. Naše výsledky ukazují, že drsnější klimatické podmínky v polohách s vyšší nadmořskou výškou způsobily mírné zvýšení obsahu celkových polyfenolových látek. Potvrdily se tak výsledky našich dřívějších pokusů, které prokázaly, že výše položená chladnější stanoviště s vyšším úhrnem srážek poskytují hlízy s vyšším obsahem celkových polyfenolů²⁸. O vlivu lokality není v literatuře dostatek prokazatelných poznatků a přikládá se větší význam jiným faktorům: vlivu odrůdy, vlivu ročníku a stresovým faktorům, jako jsou mechanické poškození hlíz, napadení patogeny a působení světla na hlízy⁶. Po-

Tabulka III
Vliv čtyř stanovišť na obsah celkových polyfenolů (g kg^{-1} sušiny)

Stanoviště	Odrůda	Celkové polyfenoly [g kg^{-1} sušiny]	Průměr stanoviště	% (Přerov n.L.=100 %)
Přerov n. L.	Impala	3,052	2,93	100,0
	Karin	3,261		
	Ditta	2,885		
	Saturna	2,523		
Suchdol	Impala	3,282	2,962	101,1
	Karin	3,441		
	Ditta	2,664		
	Saturna	2,461		
Lípa	Impala	3,232	2,904	99,1
	Karin	3,676		
	Ditta	2,461		
	Saturna	2,248		
Stachy	Impala	3,826	3,295	112,5
	Karin	3,589		
	Ditta	3,153		
	Saturna	2,612		

$D_{\min 0,05} = 0,5034$ (stanoviště), $D_{\min 0,05} = 0,339$ (odrůda)

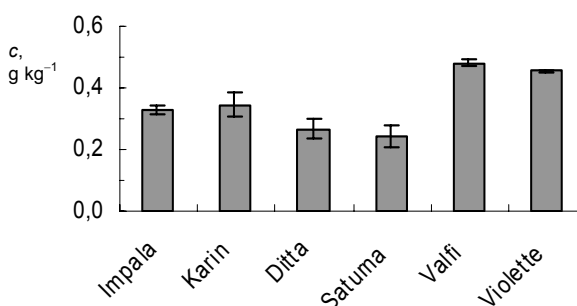
dobné výsledky byly získány i při pěstování brambor ve státě Colorado (delší dny a nižší teploty), které měly 1,4 až 2,5 krát vyšší obsah anthokyanů a celkových polyfenolů ve srovnání s bramborami vypěstovanými v Texasu²².

Vliv odrůdy

Odrůda měla ze sledovaných faktorů největší vliv na obsah CP v hlízách. Ze šesti pokusných odrůd byly čtyři odrůdy s tradiční žlutou barvou dužniny, dvě odrůdy měly barvu dužniny fialovou. Odrůdy s fialovou barvou dužniny dosáhly průkazně vyššího obsahu CP proti odrůdám se žlutou dužninou (obr. 3). Odrůdy s fialovou dužninou obsahovaly v průměru proti odrůdám se žlutou dužninou o 58,1 % více celkových polyfenolů. U odrůd se žlutou barvou dužniny dosáhly nejvyššího obsahu CP odrůdy Karin (3,44 g kg^{-1} sušiny) a Impala (3,28 g kg^{-1} sušiny), které se průkazně lišily od odrůd Ditta (2,66 g kg^{-1} sušiny) a Saturna (2,46 g kg^{-1} sušiny). Rozdíl v obsahu CP mezi odrůdami s fialovou dužninou (Valfi, Violette) nebyl průkazný. Naše výsledky jsou plně v souladu s dříve publikovanými poznatky o průkazném vlivu odrůdy na obsah celkových polyfenolů, chlorogenové kyseliny a anthokyanů^{6,28–30}, i když v některých pracích byl tento vliv označen jako slabší³¹. Vyšší obsah celkových polyfenolů u odrůd s fialovou barvou dužniny souvisí s vysokým podílem anthokyanů, které u odrůd s bílou nebo žlutě zbarvenou dužninou nejsou přítomny.

Vliv hnojení

Významným faktorem ovlivňujícím kvalitativní parametry brambor je způsob jejich pěstování a hnojení. Konvenční a ekologický způsob pěstování způsobuje rozdíly v obsahu nitrátů³² (nižší u ekologicky pěstovaných brambor bez použití průmyslových hnojiv) a askorbové a chlorogenové kyseliny^{28,33} (vyšší u ekologicky pěstovaných brambor). Použití NPK hnojiva v dávce 120 kg ha^{-1} zvyšuje obsah sušiny a současně snižuje obsah fenolových sloučenin³⁴, avšak v některých experimentech nebyl zjištěn žádný vliv dusíku³¹. Rozdíly v obsahu CP mezi čtyřmi pokusnými variantami hnojení se pohybovaly v rozmezí



Obr. 3. Vliv odrůdy na obsah celkových polyfenolů (g kg^{-1} sušiny) na stanovišti Praha-Suchdol; $D_{\min 0,05} = 0,599$

Tabulka IV

Vliv variant hnojení na obsah celkových polyfenolů (g kg^{-1} sušiny), stanoviště Valečov

Varianta hnojení ^a	Odrůda	Celkové polyfenoly [g kg^{-1} sušiny]	Průměr varianty hnojení	% (varianta 2=100 %)
1	Karin	3,598	3,158	96,5
	Ditta	2,717		
2	Karin	3,623	3,272	100,0
	Ditta	2,922		
3	Karin	3,137	2,947	90,1
	Ditta	2,756		
4	Karin	3,136	3,045	93,1
	Ditta	2,954		

 $D_{\min 0,05} = 0,649$ (varianta hnojení), $D_{\min 0,05} = 0,279$ (odrůda)

^a Pozn.: Var. 1 – N 0 kg ha^{-1} , P_2O_5 0 kg ha^{-1} , K_2O 0 kg ha^{-1} , MgO 0 kg ha^{-1} – bez hnojení průmyslovými hnojivými, Var. 2 – N 100 kg ha^{-1} , P_2O_5 100 kg ha^{-1} , K_2O 130 kg ha^{-1} , MgO 50 kg ha^{-1} , Var. 3 – N 100 kg ha^{-1} , P_2O_5 100 kg ha^{-1} , K_2O 200 kg ha^{-1} , MgO 100 kg ha^{-1} , Var. 4 – N 180 kg ha^{-1} , P_2O_5 100 kg ha^{-1} , K_2O 130 kg ha^{-1} , MgO 50 kg ha^{-1}

9,9 %, ale nebyly statisticky průkazné (tab. IV). Nejvyšší obsah CP byl zjištěn u varianty č. 2 s běžnými dávkami živin N, P, K a Mg. Nejvýraznější trend poklesu obsahu CP byl zjištěn u varianty č. 3 se zvýšenou dávkou K a Mg proti ostatním variantám. Tento výsledek koresponduje s poznatkem³⁵, podle nichž použití draselných hnojiv pozitivně ovlivnilo obsah fenolů a barevné změny dužniny. Někteří autoři⁶ řadí K hnojení mezi faktory, které obsah CP ovlivňují v menší míře, avšak potvrzují³⁶, že K snižuje obsah tyrosinu a chlorogenové kyseliny. Nižší obsah polyfenolů v bramborových hlízách pěstovaných za vyšších dávek draslíku může přispívat k nižšímu enzymovému hnědnutí, i když hlavním faktorem ovlivňujícím hnědnutí je především aktivita fenylamoniaklyasy³⁷. Vyšší dávky draslí-

ku snižují také obsah redukujících sacharidů³⁸ významných při barevných změnách tepelně zpracovaných brambor.

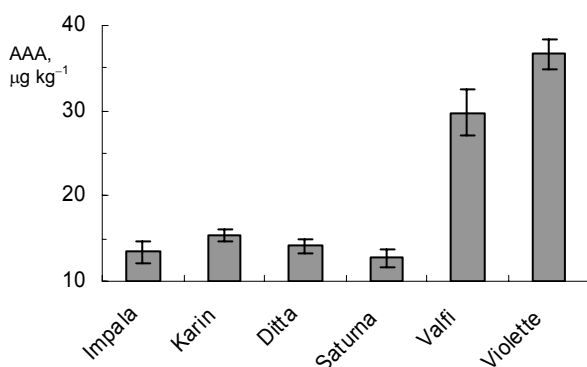
Antioxidační antiradikálová aktivita

Vliv odrůdy

Odrůdy s fialovou barvou dužniny Violette a Valfi vykázaly průkazně vyšší antioxidační aktivitu proti všem odrůdám se žlutou dužninou (obr. 4), což je v souladu s výsledky i dalších autorů¹². Nejvyšší AAA byla zjištěna u odrůdy Violette, u odrůdy Valfi byla o 18,6 % nižší a u odrůd se žlutou dužninou se pohyboval pokles AAA v rozmezí 65,0 až 57,9 %. Vyšší antioxidační antiradikálová aktivita u odrůd s fialově zbarvenou dužninou souvisí zřejmě s vyšším obsahem celkových polyfenolů ve srovnání s odrůdami se žlutě zbarvenou dužninou^{5,8,12}.

Závěr

Byly nalezeny významné rozdíly v obsahu celkových polyfenolů mezi odrůdami se žlutou dužninou Karin a Impala na jedné straně a odrůdami Ditta a Saturna na straně druhé. Významně vyšší obsah celkových polyfenolů je charakteristický pro odrůdy s fialově zbarvenou dužninou Valfi a Violette ve srovnání s odrůdami bíle a žlutě zbarvenými. Obsahu celkových polyfenolů odpovídá i antioxidační kapacita, která je nejvyšší u odrůd Violette a Valfi, zatímco u odrůd se žlutou barvou dužniny byla tato hodnota pouze v rozmezí $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ hodnoty odrůd s fialově zbarvenou dužninou. Drsnější klimatické podmínky stanoviště Stachy s vyšší nadmořskou výškou a vyšším úhrnem srážek měly za příčinu zřetelný trend k vyššímu obsahu celkových polyfenolových látek. Vyšší dávky draslíku resp. hořčiku v agrotechnických postupech naopak způsobily nižší akumulaci celkových polyfenolových látek.



Obr. 4. Vliv odrůdy na úroveň antioxidační aktivity ($\mu\text{g EAK kg}^{-1}$ sušiny) – stanoviště Praha-Suchdol; $D_{\min 0,05} = 3,489$; *EAK – ekvivalent askorbové kyseliny

Práce je řešena v rámci grantového projektu MZ ČR NAZV č. 1G46058 a Výzkumného záměru MŠMT č. 6046070901

LITERATURA

- Bárta J., Čurn V.: Chem. Listy 98, 373 (2004).
- Lachman J., Hamouz K., Orsák M., Pivec V.: Rostl. Vyr. 46, 231 (2000).
- Lachman J., Hamouz K., Orsák M.: Chem. Listy 99, 474 (2005).
- Lachman J., Hamouz K.: Plant Soil Environ. 51, 477 (2005).
- Brown C. R.: Am. J. Pot. Res. 82, 163 (2005).
- Friedman M.: J. Agric. Food Chem. 45, 1523 (1997).
- Niggeweg R., Michael A. J., Martin C.: Nature Biotechnol. 2, 746 (2004).
- Brown C. R., Culley D., Yang C. P., Durst R., Wrolstad R.: J. Am. Soc. Hortic. Sci. 130, 174 (2005).
- Hlušek J., Jůzl M., Čepl J., Lošák T.: Chem. Listy 99, 515 (2005).
- Kosieradzka I., Borucki W., Matysiak-Kata I., Szopa J., Sawosz E.: J. Anim. Feed Sci. 13, 87 (2004).
- Eichhorn S., Winterhalter P.: Food Res. Int. 38, 943 (2005).
- Reyes L. F., Miller J. C., Cisneros-Zevallos L.: Am. J. Pot. Res. 82, 271 (2005).
- Delgado E., Sulaiman M. I., Pawelzik E.: Pot. Res. 44, 207 (2001).
- Brown C. R.: Am. J. Pot. Res. 82, 163 (2005).
- Fossen T., Øvstedal D. O., Slimestad R., Andersen Ø. M.: Food Chem. 81, 433 (2003).
- Brown C. R., Wrolstad R., Durst R., Yang C. P., Clevidence B.: Am. J. Pot. Res. 80, 241 (2003).
- Lukaszewicz M., Matysiak-Kata I., Skala J., Fecka I., Cisowski W., Szopa J.: J. Agric. Food Chem. 52, 1526 (2004).
- Clifford M. N.: J. Sci. Food Agric. 79, 362 (1999).
- Percival G. C., Baird L.: J. Agric. Food Chem. 48, 2476 (2000).
- Yunoki K., Musa R., Kinoshita M., Tazaki H., Oda Y., Masao O.: Biosci., Biotechnol., Biochem. 68, 2619 (2004).
- Lewis C. E., Walker J. R. L., Lancaster J. E., Sutton K. H.: J. Sci. Food Agric. 79, 311 (1999).
- Laerke P. E., Christiansen J., Veierskov B.: Postharvest Biol. Technol. 26, 99 (2002).
- Reyes L. F., Miller J. C., Cisneros-Zevallos L.: Am. J. Pot. Res. 81, 187 (2004).
- Hajšlová J., Schulzová V., Slanina P., Janne K., Hellenas K. E., Andersson C.: Food Add. Contam. 22, 514 (2005).
- Kumar P., Pandey S. K., Singh S. V., Rawal S., Kumar D.: Ind. J. Agric. Sci. 74, 177 (2004).
- Lachman J., Hosnedl V., Pivec V., Orsák M.: Cereals for Human Health and Preventive Nutrition, Brno, 7–11 July 1998, Proc. Conf. (Vaculová K., Ehrenerbergová J., ed.), str. 118. Brno 1998.
- Molyneux P.: Songklanakarin J. Sci. Technol. 26, 211 (2004).
- Hamouz K., Lachman J., Vokál B., Pivec V.: Rostl. Vyr. 45, 293 (1999a).
- Pawelzik E., Delgado E., Poberezny J., Rogozińska I.: Abstr. 14th Triennial Conference of the EAPR, Sorrento, 2–7 May, 1999 (Assessorato Agricoltura Regione Campania ed.), str. 635. Sorrento 1999.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A.: Biul. IHAR Jadwisin 213, 253 (2000).
- Lugasi A., Almeida D. P. F., Dworschak E.: Acta Alimentaria 28, 183 (1999).
- Hamouz K., Čepl J., Vokál B., Lachman J.: Rostl. Vyr. 45, 495 (1999b).
- Zarzecka K., Gugala M.: Plant Soil Environ. 49, 237 (2003).
- Mehta A., Singh S. P.: J. Food Sci. Technol. Mysore 41, 542 (2004).
- Kaldy M. S., Lynch D. R.: Am. Pot. J. 60, 375 (1983).
- Míča B., Vokál B.: Bramborářství 3, 3 (1995).
- Cantos E., Tudela J. A., Gil M. I., Espin J. C.: J. Agric. Food Chem. 50, 3015 (2002).
- Moinuddin U. S.: Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35, 1047 (2004).

J. Lachman^a, K. Hamouz^b, J. Čepl^c, V. Pivec^a, M. Šulc^a, and P. Dvořák^b (^a Department of Chemistry, ^b Department of Plant Production, Czech University of Agriculture, Prague, Czech Republic, ^c Potato Research Institute, Havlíčkův Brod, Czech Republic): **The Effect of Selected Factors on Polyphenol Content and Antioxidant Activity in Potato Tubers**

The total polyphenol (TP) content in and antioxidant activity of potato tubers of four yellow-fleshed varieties and two purple-fleshed varieties from the 2004 harvest were assayed. The TP content was determined with the Folin-Ciocalteu reagent and antioxidant antiradical activity by the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) method. Significant differences in the TP content between the groups of yellow-fleshed varieties were found. Significant differences between yellow and purple-fleshed potatoes were also found in antioxidant activity both between yellow and purple-fleshed varieties and within purple-fleshed varieties. The higher potatoes-growing regions showed an apparent tendency to higher TP contents in analyzed varieties. In some varieties the effect of four variants of growing was assayed and a significant effect of high potassium doses (200 and 130 kg K₂O per hectare) on the decrease in TP was estimated.