

**POLYFENOLY ZEMIAKOV  
POTATO POLYPHENOLS**

Janette Musilová, Zuzana Poláková, Linda Peltznerová

**ABSTRACT**

Polyphenolic compounds are secondary metabolites present at many plant species including potato. Their content depends on various factors, such as cultivar or cultivation conditions. The aim of this work was to determine cadmium and zinc influence on total polyphenolic content (TP) and total antioxidant activity (TAC) in potato tubers.

In potatoes grown under model conditions of vegetation pot trial using the soil with graduated loading by Cd and Zn the influence of soil contamination on TP content in potato tubers was not confirmed. The values of TP content obtained during two years were in the range 84.59 - 576.81 mg.kg<sup>-1</sup> d.m. after Cd and 91.12 - 1061.81 mg.kg<sup>-1</sup> d.m. after Zn application. The differences between two observed cultivars were statistically significant. The determined values of TAC were after Cd in the range of 8.17 - 8.98 % and after Zn application in the range of 4.61 - 7.98%. The correlation between cumulated Cd or Zn content and TAC was not confirmed.

**Key words:** potatoes, soil contamination, total polyphenols, antioxidant activity

**ÚVOD**

Hľuzy zemiakov predstavujú vo výžive ľudí významný zdroj antioxidantov. V najväčšej miere sú zastúpené polyfenoly (1226-4405 mg.kg<sup>-1</sup>) a kyselina askorbová (170-990 mg.kg<sup>-1</sup>), ďalej karotenoidy (4-4,5 mg.kg<sup>-1</sup>), α-tokoferol (0,5-2,8 mg.kg<sup>-1</sup>), v menšom množstve selén (0,1 mg.kg<sup>-1</sup>) či kyselina α-lipoová. Jednu z najrozšírenejších skupín antioxidantov predstavujú fenolové látky, z ktorých najviac je zastúpená kyselina chlorogénová a jej izoméry a kyselina kávová (Lachman et al., 2006).

Polyfenolické látky obsiahnuté v potravinách rastlinného pôvodu patria v súčasnosti k intenzívne sledovaným rastlinným komponentom. Ich vplyv na zdravie ľudí je diskutovaný na odbornej i laickej úrovni, pričom názory na ich pôsobenie nie sú celkom jednotné (Vollmannová et al., 2008).

*Fenolové zlúčeniny*

Fenoly sú súčasťou prakticky všetkých potravín. Sú veľmi heterogénnou skupinou zlúčenín, z ktorej sa niektoré uplatňujú ako vonné alebo chuťové látky, prírodné farbivá, alebo vykazujú výrazné biologické účinky, a zaraďujú sa preto medzi prírodné antioxidanty, prirodzené toxické zložky potravín alebo medzi obranné látky (fytoalexíny).

Rastlinné polyfenoly sú látky rozšírené takmer vo všetkých rastlinách, prevažne v listoch, kvetoch, semenách, plodoch, v patologických útvaroch, a tiež v produktoch rastlinného pôvodu (med, propolis, víno). Skupina polyfenolov zahŕňa rozsiahlu a rôznorodú škálu zlúčenín – od jednoduchých fenolových kyselín až po vysokopolymerizované taníny. Doteraz je známych viac ako 8000 fenolových látok, ale len niekoľko sto je ich identifikovaných v jedlých častiach rastlín (Timoracká et al., 2008).

**Tabuľka 1** Rozdelenie polyfenolov (Parkányiová et al., 2003)

Trieda polyfenolov	Zástupcovia	Trieda polyfenolov	Zástupcovia
Flavonoidy		Fenolové kyseliny	
flavonoly	kvercetín, kemferol	hydroxybenzoové kyseliny	kyselina syringová
flavóny	luteolín, apigenín	hydroxyškoricové kyseliny	kyselina ferulová, kyselina kávová
flavan-3-oly	katechíny		
flavanóny	naringenín, hesperetín	Stilbény	trans-resveratrol
izoflavóny	daidzeín, genisteín	Lignany	secoizolariciresinol, matairesinol
antokyanidíny	kyanidín		

### Fenolové kyseliny a ich deriváty

Fenolové kyseliny a ich deriváty vykazujú účinky primárnych antioxidantov. Aktivita závisí od počtu hydroxylových skupín v molekule. Aktívnejšie antioxidanty sú všeobecne deriváty kyseliny škoricovej a *o*-difenoly (napr. kyselina kávová a jej depsid kyselina chlorogénová). Aktivitu vykazuje tiež rad ďalších derivátov fenolových kyselín, napr. amidy a glykozidy (Velíšek, 2002).

Povrchové časti zemiakových hľúz obsahujú až 50 % všetkých polyfenolových látok v hľuze, okrem kyseliny chlorogénovej ešte aminokyselinu L-tyrozin. Kyselina kávová a ostatné fenolové zlúčeniny sú zastúpené v menšom množstve. V samotnej hľuze obsah derivátov kyseliny chlorogénovej z okraja do stredu hľuzy postupne klesá. Fenolové kyseliny, ako je kyselina chlorogenová, ktorá predstavuje 80 % fenolových kyselín, kyselina kávová, kyselina protokatechínová a *p*-kumárová boli identifikované najčastejšie v zemiakoch s ružovou a červenou dužinou a prispievajú k AOA zemiakov (Vreugdenhil et al., 2007).

### MATERIÁL A METODIKA

V modelových podmienkach vegetačného nádobového pokusu sme sledovali vplyv kumulácie vybraných ťažkých kovov na obsah celkových polyfenolov (CPF) a antioxidačnú aktivitu (AOA) stanovené v zemiakoch dopestovaných v pôde so zvyšujúcou sa mierou jej kontaminácie kadmium alebo zinkom. Kadmium bolo aplikované vo forme CdCl<sub>2</sub>·2,5H<sub>2</sub>O:

- 1. variant: 0 mg Cd.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 2. variant: 3 mg Cd.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 3. variant: 5 mg Cd.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 4. variant: 10 mg Cd.kg<sup>-1</sup> pôdy,

zinko ako ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O:

- 1. variant: 0 mg Zn.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 2. variant: 100 mg Zn.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 3. variant: 200 mg Zn.kg<sup>-1</sup> pôdy,
- 4. variant, 300 mg Zn.kg<sup>-1</sup> pôdy.

Pôda použitá v nádobovom pokuse bola odobratá z lokality bez negatívneho vplyvu emisných zdrojov, relatívne čistá z hľadiska obsahu prístupných foriem rizikových prvkov. Z pohľadu fyzikálno-chemického hodnotenia pôdu možno charakterizovať ako stredne ťažkú, piesočnato-hlinitú, slabo až silno kyslú, so strednou zásobou humusu (tabuľka 2).

Zemiaky nemajú mimoriadne nároky na pôdne a klimatické podmienky, pre ich pestovanie je najvhodnejšia ľahká piesočnatá až piesočnato-hlinitá, ale humózna pôda s obsahom 8-10 % ílovitých častíc a humusu. S vhodnosťou pôdy pre zemiaky je nerozlučne spojená pôdna reakcia. Vysoké a stabilné úrody sa dosahujú pri udržaní pôdnej reakcie v oblasti slabo kyslej. Obsah humusu by sa mal pohybovať nad 2 %, čo súvisí i s požiadavkou na optimálnu sorpciu živín, ktorá sa zvyšuje s obsahom kvalitného humusu (Vokál et al., 2000).

Pôda z lokality Výčapy-Opatovce sa vyznačovala veľmi nízkym až stredným obsahom fosforu, dobrým obsahom draslíka a vysokým až veľmi vysokým obsahom horčíka (tabuľka 2), pričom optimálna zásoba živín sa má pohybovať približne na hladine 100-125 mg P.kg<sup>-1</sup> pôdy; 140-220 mg K.kg<sup>-1</sup> pôdy a 110-180 mg Mg.kg<sup>-1</sup> pôdy (Vokál et al., 2000). Vzhľadom k nízkemu obsahu fosforu v pôde sme formou základného hnojenia upravili jeho obsah na dobrý.

Obsah prístupných živín (P, K, Ca, Mg) v pôde bol stanovený metódou podľa Mehlicha (Mehlich II) a obsah dusíka metódou podľa Kjeldahla. Analytickou koncovkou pre všetky stanovenia obsahu P, K, Ca, Mg bola plameňová AAS (AAS Varian AA Spectr DUO 240FS/240Z/UltrAA).

**Tabuľka 2** Charakteristika pôdy použitej vo vegetačnom nádobovom pokuse

	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox (%)	humus (%)	N	P	K	Ca	Mg
1.rok	5,98	4,63	1,527	2,633	2.975,0	19,86	215,5	1.459,5	265,0
2. rok	6,94	5,25	1,474	2,541	2.100,0	51,88	297	1.356,0	252,0

Pre vyjadrenie miery kontaminácie pôdy sme porovnali obsahy ťažkých kovov v pôde s limitmi najvyšších prístupných hodnôt škodlivých látok podľa **Rozhodnutia MP SR č. 531/1994-540** pre zhodnotenie stavu kontaminácie pôd a limitnými hodnotami podľa **Zákona č. 220/2004 Z.z.**

Stanovené obsahy ŤK kovov v pôde použitej vo vegetačnom nádobovom pokuse sú uvedené v tabuľke 3.

**Tabuľka 3** Obsah ťažkých kovov v mg.kg<sup>-1</sup> v pôde

	Extraktčné činidlo	Zn	Cu	Mn	Fe	Cr	Cd	Pb	Co	Ni
1.rok	lúčavka kráľovská	52,4	45,8	621,2	25.500	31,8	0,9	22,2	15,0	31,6
2. rok		47,9	22,1	536,0	21.447,1	16,45	0,54	14,0	5,1	9,9
	<i>Limitná hodnota</i>	<i>100,0</i>	<i>60,0</i>	-	-	<i>70,0</i>	<i>0,4</i>	<i>70,0</i>	<i>15,0</i>	<i>40,0</i>
1.rok	HNO <sub>3</sub> (c = 2 mol.dm <sup>-3</sup> )	5,34	9,12	141,0	894	1,92	0,22	8,88	1,84	6,38
2. rok		5,24	3,4	157,86	856,96	2,5	0,148	7,12	2,0	2,5
	<i>Referenčná hodnota A<sub>1</sub></i>	<i>40,0</i>	<i>20,0</i>	-	-	<i>10,0</i>	<i>0,3</i>	<i>30,0</i>	-	<i>10,0</i>
1.rok	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (c = 1 mol.dm <sup>-3</sup> )	0,24	0,06	12,08	0,155	0,075	0,027	0,22	0,17	0,46
2. rok		0,09	0,03	1,985	0,165	0,015	0,0215	0,195	0,13	0,15
	<i>Kritická hodnota</i>	<i>2,0</i>	<i>1,0</i>	-	-	-	<i>0,1</i>	<i>0,1</i>	-	<i>1,5</i>

*prekročená limitná/kritická hodnota*

Pseudototálne obsahy ťažkých kovov, ktoré zahŕňajú všetky ich formy okrem reziduálnej frakcie kovov (stanovené v pôdnom výluhu lúčavkou kráľovskou) prekročili limitnú hodnotu pre Cd o 0,14 resp. o 0,5 mg.kg<sup>-1</sup>.

Mobilné formy ťažkých kovov (stanovené v pôdnom extrakte NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, c = 1 mol.dm<sup>-3</sup>) prekročili kritickú hodnotu pre Pb v oboch rokoch.

Obsahy ťažkých kovov vo výluhoch HNO<sub>3</sub> (c = 2 mol.dm<sup>-3</sup>) predstavujú tzv. potenciálne uvoľniteľné (mobilizovateľné) formy a sú využívané v plošnom prieskume znečistenia pôd SR. Potenciálne mobilizovateľné formy ťažkých kovov v pôde neprekročili ani v jednom roku referenčnú hodnotu A<sub>1</sub>.

Celkovo možno pôdu charakterizovať ako nekontaminovanú, iba v prípade Cd bola prekročená limitná hodnota (pseudototálny obsah), referenčná hodnota A<sub>1</sub> (určená pre potenciálne mobilizovateľné formy a predstavujúca fónovú koncentráciu prvku) prekročená nebola, kritická hodnota vo vzťahu pôda - rastlina (mobilné formy) bola prekročená v oboch rokoch v prípade olova.

Analytickou koncovkou pre všetky stanovenia obsahu rizikových kovov bola plameňová AAS.

Vplyv stupňovaných dávok kadmia a zinku na obsah celkových polyfenolov (CPF) a antioxidačnú aktivitu (AOA) sme porovnávali na rôznych odrodách zemiakov: veľmi skorá – Junior, Impala, skorá – Livera, stredne skorá – Agria a stredne neskorá – Asterix, Désirée.

Obsah CPF bol stanovený modifikovanou metódou s použitím Folin-Ciocalteuovho činidla (**Lachman et al., 2006**) a na stanovenie AOA bola použitá modifikovaná metóda podľa **Brand-Williamsa et al. (1995)**.

Pre štatistické vyhodnotenie bola použitá regresná analýza (Excel) a štatistický program Statgraphics (ANOVA).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

**Mattila, Hellström (2007)** v 14 vzorkách zemiakov stanovili deriváty kyseliny chlorogénovej ako najviac zastúpené rozpustné fenolové kyseliny, zatiaľ čo kyselina kávová bola najzastúpenejším aglykónom fenolových kyselín. Najvyšší obsah rozpustných kyselín bol zistený v surových zemiakoch (2,3-4,5 mg.kg<sup>-1</sup> ČH, počítané na aglykon).

Obsah CPF stanovený v zemiakoch nami dopestovaných vo vegetačných nádobách bol nižší, než uvádzajú ostatní autori. Jedným z faktorov, ovplyvňujúcich hladinu fenolov v zemiakoch, sú podmienky pestovania (**Reddivari et al., 2007**). Predpokladáme, že nižší obsah CPF je podmienený práve uvedeným spôsobom pestovania zemiakov.

Obsah CPF v jednotlivých odrodách klesal v poradí Junior > Livera > Asterix > Agria v závislosti so zvyšujúcou sa aplikovanou dávkou Cd do pôdy. Tento pokles bol po 3. variant, vo štvrtom variante sa

obsah CPF v porovnaní s kontrolným variantom zvýšil v odrode Junior 1,46-násobne, v odrode Livera 1,28-násobne, v odrode Agria 1,06-násobne a v odrode Asterix 1,17-násobne (tabuľka 4).

Medzi obsahom CPF a množstvom kumulovaného kadmia v hľuzách zemiakov sa nepotvrdila štatistická závislosť. Hodnota korelačného koeficienta je veľmi nízka (Junior: 0,289, Livera: 0,26, Agria: 0,021, Asterix: 0,095). P-value regresného koeficienta je 0,332 (Junior); 0,331 (Livera); 0,938 (Agria); 0,726 (Asterix) > 0,05, t.j. regresný koeficient je štatisticky nevýznamný.

**Tabuľka 4** Obsah celkových polyfenolov a antioxidačná aktivita zemiakov dopestovaných v modelových podmienkach vegetačného nádobového pokusu so zvyšujúcou sa záťažou pôdy kadmium

odroda	Cd		CPF (mg.kg <sup>-1</sup> SH)	AOA (%)	odroda	Cd		CPF (mg.kg <sup>-1</sup> SH)	AOA (%)
	A	B				A	B		
Junior	0	1,090	393,80	8,59	Junior	5	2,899	240,60	8,50
Livera		0,626	314,98	8,81	Livera		2,609	221,50	8,75
Agria		0,556	259,78	8,67	Agria		2,286	84,59	8,67
Asterix		0,407	261,70	8,84	Asterix		2,267	177,29	8,84
Junior	3	2,510	378,39	8,76	Junior	10	3,513	576,81	8,17
Livera		2,098	283,71	8,91	Livera		3,381	404,19	8,33
Agria		1,743	159,73	8,88	Agria		3,329	274,32	8,19
Asterix		1,675	208,42	8,98	Asterix		2,832	305,90	8,40

A – aplikované do pôdy (mg.kg<sup>-1</sup>)

B – stanovené v hľuzách (mg.kg<sup>-1</sup> SH)

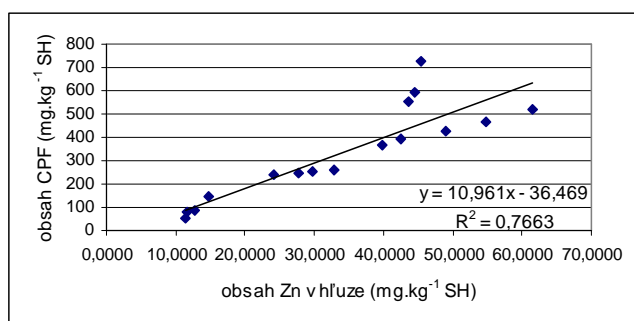
V druhom roku bol obsah CPF v porovnaní všetkých odrôd a variantov v oveľa väčšom rozmedzí – od 91,12 do 1061,81 mg.kg<sup>-1</sup> SH (tabuľka 5). Nepotvrdila sa (rovnako ako v predchádzajúcom roku) závislosť medzi obsahom Zn, kumulovaného v hľuzách zemiakov a obsahom CPF. Napriek tomu, že pri hodnote korelačného koeficienta pre odrodu Junior (R = 0,408), Agria (R = 0,475) a Désirée (R = 0,454) možno hovoriť o strednej štatistickej závislosti, P-value regresného koeficienta je pre všetky tri odrody > 0,05, t.j. regresný koeficient je štatisticky nevýznamný. Iba v prípade odrody Livera sa potvrdila štatistická závislosť medzi sledovanými znakmi (R = 0,874; F = 8,956.10<sup>-6</sup>; P-value = 8,956.10<sup>-6</sup>) a zvolená lineárna priamka je vhodná na vysvetlenie závislosti (obrázok 1).

**Tabuľka 5** Obsah celkových polyfenolov a antioxidačná aktivita zemiakov dopestovaných v modelových podmienkach vegetačného nádobového pokusu so zvyšujúcou sa záťažou pôdy zinkom

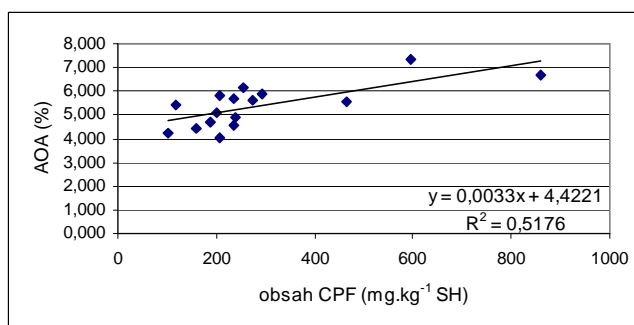
odroda	Zn		CPF (mg.kg <sup>-1</sup> SH)	AOA (%)	odroda	Zn		CPF (mg.kg <sup>-1</sup> SH)	AOA (%)
	A	B				A	B		
Impala	0	16,002	503,04	7,38	Impala	200	52,194	1061,81	5,19
Livera		12,642	91,12	6,50	Livera		43,352	558,38	4,61
Agria		11,217	195,71	4,99	Agria		42,564	408,29	6,02
Désirée		10,549	354,55	7,44	Désirée		10,443	898,04	7,37
Impala	100	30,177	265,23	7,36	Impala	300	63,386	482,09	7,18
Livera		28,617	248,95	5,79	Livera		51,909	452,13	6,35
Agria		24,792	234,44	4,92	Agria		49,700	320,42	5,64
Désirée		23,369	403,97	6,64	Désirée		44,795	398,70	7,98

A – aplikované do pôdy (mg.kg<sup>-1</sup>)

B – stanovené v hľuzách (mg.kg<sup>-1</sup> SH)



**Obrázok 1** Štatistická závislosť medzi obsahom Zn a CPF v zemiakoch odrody Livera



**Obrázok 2** Štatistická závislosť medzi obsahom CPF a AOA v zemiakoch odrody Livera

Jedným z najvýznamnejších faktorov ovplyvňujúcich obsah celkových polyfenolov je odroda (Lachman et al., 2008a), čo potvrdzujú i naše výsledky. V 1. roku sú medzi odrodami v obsahu CPF štatisticky významné rozdiely: hodnota P-value (1. var.: 0,021; 2. var.: 0,0001; 3. var.: 0,0002; 4. var.: 0,0000) < 0,05. Robili sme aj testy kontrastov (LSD), ktoré ukazujú, medzi ktorými odrodami sú štatisticky preukazné rozdiely (tabuľka 6).

**Tabuľka 6** Závislosť obsahu CPF od odrody - test kontrastov (LSD) pri aplikácii zvyšujúcich sa dávok Cd do pôdy (Method: 95,0 percent LSD)

odroda	Cd aplikované do pôdy (mg.kg <sup>-1</sup> )											
	0			3			5			10		
	C	M	HG	C	M	HG	C	M	HG	C	M	HG
Agria	4	259,775	X	4	159,73	X	4	84,585	X	4	274,32	X
Asterix	4	261,7	X	4	208,417	X	4	177,285	X	4	305,897	X
Livera	4	314,975	X	4	283,707	X	4	221,503	XX	4	404,193	X
Junior	4	393,8	X	4	378,39	X	4	240,6	X	4	576,805	X

C – Count; M – Mean; HG – Homogeneous Groups

Pri aplikácii zvyšujúcich sa dávok Zn do pôdy sa potvrdil vplyv odrody na obsah CPF iba pri nižších koncentráciách Zn v hľuzách zemiakov. V 1. variante (P-value = 0,0001) a v 2. variante (P-value = 0,0087) sú medzi odrodami v obsahu CPF štatisticky významné rozdiely (P-value < 0,05). V 3. variante P-value = 0,1311 a vo 4. variante P-value = 0,3619, čo znamená, že medzi odrodami nie sú štatisticky významné rozdiely. Štatisticky preukazné rozdiely medzi odrodami stanovené testami kontrastov (LSD) sú uvedené v tabuľke 7.

**Tabuľka 7** Závislosť obsahu CPF od odrody - test kontrastov (LSD) pri aplikácii zvyšujúcich sa dávok Zn do pôdy (Method: 95,0 percent LSD)

odroda	Zn aplikované do pôdy (mg.kg <sup>-1</sup> )											
	0			100			200			300		
	C	M	HG	C	M	HG	C	M	HG	C	M	HG
Livera	4	91,1225	X	4	248,947	X	medzi odrodou a obsahom CPF je štatisticky nevýznamný rozdiel			medzi odrodou a obsahom CPF je štatisticky nevýznamný rozdiel		
Agria	4	195,708	X	4	234,435	X						
Desirée	4	354,553	X	4	403,967	X						
Impala	4	503,038	X	4	265,228	X						

C – Count; M – Mean; HG – Homogeneous Groups

Signifikantné rozdiely v obsahu CPF zistili Lachman et al. (2008a; 2008b) medzi žltými odrodami Karin, Impala, Ditta a Saturna (priemerný obsah CPF vyjadrený ako obsah kyseliny galovej bol 2,96 g.kg<sup>-1</sup> SH) a zemiakmi s ružovou dužinou (priemerný obsah CPF v ružových zemiakoch bol 4,68 g.kg<sup>-1</sup> SH), ktoré vykazovali o 60 % vyšší obsah CPF a dvojnásobne vyššiu AOA. Čiastočne tieto výsledky

potvrdzujú **Al-Saikhan et al. (2006)**, ktorí uvádzajú, že obsah polyfenolov je závislý od odrody, ale nie od farby dužiny.

Tiež **André et al. (2009)** ako najvýznamnejší faktor vplyvajúci na obsah polyfenolov a AOA uvádzajú vplyv odrody. Vplyv prostredia na jednotlivé fenolové zlúčeniny bol významný čo sa týka ich kvantity, ale nie druhu PF. Hodnota AOA a CPF bola vyššia ako by sa očakávalo od sumy hodnôt jednotlivých fenolových zlúčenín, vyskytujúcich sa v hľuze, čo dokumentuje ich synergický účinok. V práci vyhodnocovali 13 andských odrôd a konštatovali, že vysoká stabilita týchto kultivarov pestovaných v rôznych lokalitách Ánd z pohľadu obsahu fenolových zlúčenín a AOA naznačuje, že prirodzené andské odrody by mohli byť úspešne použité v programoch šľachtenia s cieľom zvýšiť zdravie podporujúcu hodnotu zemiakov.

Silnú pozitívnu koreláciu medzi AOA a obsahom CPF v zemiakoch (žlté odrody Karin, Impala, Dita, Saturna; ružové odrody Valfi, Violette) uvádzajú **Lachman et al. (2008a, 2008b)**, ktorí AOA vyjadrujú ako mg kyseliny askorbovej na kg SH. Nimi stanovené priemerné hodnoty sú 139,3 mg.kg<sup>-1</sup> SH v odrodách so žltou dužinou a 332,3 mg.kg<sup>-1</sup> SH v odrodách s ružovou dužinou (zistené boli i preukazné rozdiely medzi ružovými odrodami Valfi (298 mg.kg<sup>-1</sup> SH) a Violette (366 mg.kg<sup>-1</sup> SH)). Negatívnu koreláciu medzi obsahom CPF a AOA stanovili **Rumbaoa et al. (2009)** stanovili v 4 odrodách zemiakov z Filipín, pričom najvyšší obsah celkových polyfenolov (vyjadrené ako kyselina gallová) bol 500 mg.kg<sup>-1</sup> SH.

Stanovené hodnoty AOA boli v rozmedzí od 8,17 do 8,98 (tabuľka 4), resp. od 4,61 do 7,98 (tabuľka 5). Nepotvrdila sa nám korelácia medzi obsahom kumulovaného kadmia (zinku) a AOA: korelačný koeficient je pre všetky veľmi nízky, regresný koeficient P-value > 0,05 taktiež pre všetky odrody a ani korelácia medzi AOA a hladinou CPF, ktorú potvrdzujú mnohí autori (výnimkou je odroda Agria pri aplikácii Zn, keď sa potvrdila veľmi silná štatistická závislosť medzi AOA a obsahom CPF; významné  $F = 1,68 \cdot 10^{-3}$ ; zvolená lineárna priamka ( $y = 0,0033x + 4,4221$ ) je vhodná na vysvetlenie závislosti, obrázok 2).

## ZÁVER

Zemiaky možno zaradiť do skupiny potravín, ktoré sú konzumované pravidelne a v relatívne veľkom množstve, preto sú významným zdrojom polyfenolových zlúčenín. Fenolové zlúčeniny sú prevládajúcimi antioxidantmi vo výžive a ich štúdiu je v súčasnosti venovaná veľká pozornosť. Tieto antioxidanty účinkujú synergicky, polyfenolové zlúčeniny ochraňujú vitamín C a β-karotén, ktorý naopak pomáha zvyšovať účinok vitamínu E.

Pokiaľ by boli zemiaky pestované na pôdach so zvýšenými obsahmi kadmia alebo zinku, je potrebné venovať zvýšenú pozornosť dôslednému monitoringu obsahu týchto kovov v hľuzách zemiakov, pretože obidva majú tendenciu kumulovať sa vo zvýšenej miere najmä v šupách, ale i v dužine hľuzy. Kumulácia týchto prvkov v hľuzách nemá preukazný vplyv na obsah polyfenolových zlúčenín. Potvrdila sa odrodová závislosť, avšak medzi obsahmi celkových polyfenolov a antioxidačnou aktivitou sa závislosť neprejavila, čo možno odôvodniť tým, že nie všetky látky fenolového charakteru vykazujú antioxidačnú aktivitu.

Pre potvrdenie ďalších súvislostí je potrebné analyzovať zemiaky dopestované v poľných podmienkach a sledovať nielen odrodovú závislosť, ale i vplyv teplotných, vlhkostných či agronomických podmienok.

## LITERATÚRA

AL-SAIKHAN, M.S., HOWARD, L.R., MILLER Jr., J.C. 2006. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Different Genotypes of Potato (*Solanum tuberosum*, L.). In *Journal of Food Science*, vol. 60, 2006, Issue 2, p. 341-343.

ANDRÉ, C.M., OUFIR, M., HOFFMANN, L., HAUSMAN, J.F., ROGEZ, H., LARONDELLE, Y., EVERS, D. 2009. Influence of environment and genotype on polyphenol compounds and in vitro antioxidant capacity of native Andean potatoes (*Solanum tuberosum* L.). In *Journal of Food Composition and Analysis*, 2009, doi:10.1016/j.jfca.2008.11.010

- BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M.E., BERSET, C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. In *Lebensmittel – Wissenschaft and Technologie*, vol. 28, 1995, No. 1, p. 25-30
- LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ČEPL, J., PIVEC, V., ŠULC, M., DVOŘÁK, P. 2006. Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. In *Chemické listy*, roč. 100, r. 2006, č. 7, s. 522-527. ISSN 1213-7103
- LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ORSÁK, M., PIVEC, V., DVOŘÁK, P. 2008a. The influence of flesh colour and growing locality on polyphenolic content and antioxidant activity in potatoes. In *Scientia Horticulturae*, 117 (2008), p. 109–114
- LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ŠULC, M., ORSÁK, M., DVOŘÁK, P. 2008b. Differences in phenolic content and antioxidant activity in yellow and purple-fleshed potatoes grown in the Czech Republic. In *Plant Soil and Environment*. Vol. 54, 2008, No. 1, p. 1-6. ISSN 1214-1178
- MATILLA, P., HELLSTRÖM, J. 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. In *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, 20, p. 152-160.
- PARKÁNYIOVÁ, J., PARKÁNYIOVÁ, L., POKORNÝ, J. 2003. Rostliny jako zdroje přírodních antioxidantů. In *Vitamins 2003 - Přírodní antioxidanty a volné radikály*. Vyd. Univerzita Pardubice, 2003, s. 199-204. ISBN 80-7194-549-8
- REDDIVARI, L., HALE, A.L., MILLER, J.C. Jr. 2007. Genotype, Location, and Year Influence Antioxidant Activity, Carotenoid Content, Phenolic Content, and Composition in Specialty Potatoes. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55 (2007), p. 8073-8079.
- ROZHODNUTIE MP SR o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde a o určení organizácií oprávnených zisťovať skutočné hodnoty týchto látok č. 531/1994-540.
- RUMBAOA, R.G.O., CORNAGO, D.F., GERONIMO, I.M. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine potato (*Solanum tuberosum*) tubers. In *Journal of Food Composition and Analysis*. 2009, doi:10.1016/j.jfca.2008.11.004
- TIMORACKÁ, M., VOLLMANNOVÁ, A., BAJČAN, D. 2008. Analýza polyfenolických látok v rastlinnom materiáli. In *Kvalita potravín*. Šumperk : Qualifood, roč. 8, 2008, č. 2, 2008, s. 14-17. ISSN 1213-6859
- VELÍŠEK, J. 2002. *Chemie potravín III*. Vyd. OSSIS – Tábor. 368 s. ISBN 80-86659-02-X
- VOKÁL, B. et al. 2000. *Brambory*. Vyd. Agrospoj Praha. 2000. 245 s.
- VOLLMANNOVÁ, A., TÓTH, T., BYSTRICKÁ, J., URMINSKÁ, D. 2008. Polyfenolické látky vybraných pseudocereálií vo vzťahu k ich obsahu bielkovín a metalickej záťaži pôdy. In *Proteiny 2008*. Sborník príspevků V. ročníku mezinárodní konference. Zlín, 2008. s. 227-230, ISBN 978-80-7318-706-4
- VREUGDENHIL, D., BRADSHAW, J., GEBHARDT, CH., GOVERS, F., MACKERRON, D.K.L., TAYLOR, M.A., ROS, H.A. 2007. *Potato biology and biotechnology. Advances and perspectives*. 857 p. ISBN-13: 978-0-444-51018-1
- ZÁKON č. 220/2004 Z.z. Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie pôd a metodické postupy ich hodnotenia.

### Pod'akovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantu VEGA 1/4428/07.

### Kontaktná adresa:

Ing. Janette Musilová, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Tr. A. Hlinku 2, 949 74 Nitra. Tel. 0376414606, e-mail: [janette.musilova@uniag.sk](mailto:janette.musilova@uniag.sk)

Ing. Zuzana Poláková, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FEM, KSOV, Tr. A. Hlinku 2, 949 74 Nitra. Tel. 0376414122, e-mail: [zuzana.polakova@uniag.sk](mailto:zuzana.polakova@uniag.sk)

Ing. Linda Peltznerová, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KCH, Tr. A. Hlinku 2, 949 74 Nitra. Tel. 0376414497, e-mail: [pelcinka@gmail.com](mailto:pelcinka@gmail.com)