

Sledovanie distribúcie vybraných prvkov v amarante

MÁRIA KOREŇOVSKÁ - PATRÍCIA ZAUŠKOVÁ - OLGA POLÁČEKOVÁ

SÚHRN. V práci je sledovaná kumulácia vybraných prvkov (Hg, Cd, Pb, Ni, Cr, Fe, Cu) v jednotlivých častiach rastliny - stonka, listy, kvet a semeno, v štyroch druhoch amarantu - *Amaranthus cruentus*, *Amaranthus paniculatus*, *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus*. Zistilo sa, že toxické prvky ortuť, olovo, kadmium a esenciálna meď sa kumulujú v listoch amarantu nezávisle od druhu amarantu. Chróm sa kumuluje do kvetu alebo semena, v závislosti od druhu. Kumulácia železa tiež závisí od druhu amarantu a je buď do listov alebo semena.

Amarant (láskavec) je starobylá užitková rastlina rodu *Amaranthus* (L.), ktorú pestovali už starí Inkovia, Aztékovia a Mayovia. Zrno amarantu považovali za posvätné pre jeho vysokú výživovú hodnotu. Dnes je amarant už známa plodina ako potravina, krmovina i ako liečivá rastlina. V roku 1984 ju Americká akadémia vied označila za plodinu XXI. storočia. V roku 1992 bola založená Európska asociácia pre amarant v Olomouci.

Z veľkého počtu druhov sú využívané na produkciu zrna len *Amaranthus cruentus* (láskavec metlinatý), *Amaranthus hypochondriacus* (láskavec bielošenný) a *Amaranthus caudatus* (láskavec chvostnatý), a to typy bielošenné.

Ako zelenina sa v Afrike a v Ázii pestujú druhy *Amaranthus tricolor*, *Amaranthus dubis*, *Amaranthus hybridus* a *Amaranthus lividus*. Majú špenátovú chuť a vysokú výživovú hodnotu. V niektorých oblastiach Afriky listy amarantu zabezpečujú až 25 % dennej potreby bielkovín. Amarantové zrná a zelené rastliny majú široké uplatnenie v pekárskych výrobkoch, cestovinách a zeleninových prílohách pre svoj vysoký obsah a kvalitu bielkovín, obsah vlákniny a minerálnych látok. Zdravotne významný je najmä obsah esenciálnych aminokyselín, predovšetkým lyzínu, ktorého je v amarantovom zrne až trojnásobne viac ako v ostatných obilninách. Tuky, ktoré sa nachádzajú v amarante majú vysoký obsah kyseliny linolovej a olejovej. Obsah

RNDr. Mária KOREŇOVSKÁ, Ing. Patrícia ZAUŠKOVÁ, RNDr. Olga POLÁČEKOVÁ,
Výskumný ústav potravinársky, Priemyselná 4, P.O.box 25, 820 06 Bratislava.

sacharidov je porovnateľný s ostatnými obilninami, ale obsah vlákniny je až päťnásobne vyšší. Veľmi dôležitý je aj obsah minerálnych látok najmä vápnika, horčíka, draslíka, železa a zinku, ktorý je niekoľkonásobne vyšší ako v bežných obilninách.

V poslednom období boli publikované práce o amarante zamerané na nutričné využitie amarantu [1-5]. Niektorí autori sledovali obsah minerálnych a stopových prvkov v amarante. T. S. Srikumar stanovil obsah minerálnych, stopových a toxických prvkov v listoch amarantu [6]. Zistil, že koncentrácia olova a kadmia v listoch amarantu je omnoho vyššia ako koncentrácia týchto prvkov v iných potravinách, ale nižšia ako publikuje Srikant, ktorý stanovil hladinu týchto prvkov v listoch amarantu vypestovaných v južnej Indii [7]. Stanovené obsahy sú v tabuľke 1.

TABULKA 1. Obsah minerálnych, stopových a toxických prvkov v listoch amarantu [mg.kg⁻¹].

TABLE 1. Contents of mineral, trace and toxic elements in amaranth leaves [mg.kg⁻¹].

Na	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	Se	Pb	Cd	Hg
57	1900	500	170	21	0,75	0,04	18,0	0,0005	0,32	1,4	0,001

D. J. Makus sledoval minerálne prvky a chlorofyl v listoch druhu *Amaranthus tricolor* [8]. Namerané hodnoty sú v tabuľke 2.

TABULKA 2. Obsah minerálnych prvkov v listoch druhu *Amaranthus tricolor*.

TABLE 2. Contents of mineral elements in leaves of *Amaranthus tricolor*.

K	Ca	Mg	P	S	Fe	Al	Na	Mn	Zn	Cu
[%]					[mg.kg ⁻¹]					
3,84	3,47	0,77	0,44	0,46	593	562	458	282	79	65

J. Vetter sa vo svojej práci venoval stanoveniu minerálnych látok a aminokyselín v zrnách *Amaranthus hypochondriacus* vypestovaných v troch lokalitách Maďarska [9]. Zistil, že obsahy týchto prvkov sú v amarante niekoľkokrát vyššie ako v zrnách obilnín a závisia od kvality pôdy. Stanovené obsahy prvkov sú v tabuľke 3.

Amarant je rastlina, ktorá kumuluje toxické prvky z pôdy, ale doteraz neboli publikované práce, ktoré by sledovali kumuláciu týchto prvkov v jednotlivých častiach rastliny. Preto sa tejto problematike venujeme v tomto príspevku .

TABULKA 3. Obsahy minerálnych prvkov v semene *Amaranthus hypochondriacus* z rôznych oblastí Maďarska.
TABLE 3. Contents of mineral elements in amaranth seeds (*Amaranthus hypochondriacus*) from various regions of Hungary.

Prvok ¹ [mg.kg ⁻¹]	Oblasť ² Tapolca	Oblasť Baja	Oblasť Kecskemét
Al	49,95	63,00	40,97
As	0	0	0
B	14,73	7,42	2,42
Ba	6,03	2,76	1,77
Ca	3573	2050	1217
Co	0,19	0	0
Cr	0,41	0,69	0,61
Cu	14,89	7,41	4,60
Fe	90,86	66,38	42,09
K	5184	3472	2062
Mg	2904	1953	988
Mn	68,14	17,41	8,64
Mo	0,75	0,18	0,22
Na	157,1	173,3	125,2
Ni	2,46	1,41	0,70
P	5820	4036	2421
Sr	10,99	10,01	5,17
Ti	0,45	0,51	0,30
V	0,33	0	0,50
Zn	65,16	37,51	13,65

1 - element, 2 - region.

Materiál a metódy

Analýzovali sme štyri druhy amarantu:

- *Amaranthus cruentus*,
- *Amaranthus paniculatus*,
- *Amaranthus hypochondriacus*,
- *Amaranthus caudatus*,

ktoré boli pestované na nehnorej pôde a zberané za rovnakých podmienok. Vzorky nám poskytli z Katedry rastlinnej výroby, AF-SPU Nitra. Sledovali sme obsah prvkov (ortuti, olova, kadmia, niklu, chrómu, medi,

zinku, železa) v stonke, listoch, kvete a zrne. Všetky prvky sme stanovili v sušine metódami GF-AAS a voltampérometricky. Na meranie Ni, Cr, Fe sme použili atómový absorpčný spektrometer Perkin Elmer 4100 v spojení s grafitovou kyvetou HGA-700 a automatickým dávkovačom vzoriek AS-70. Signál sme vyhodnotili metódou analytickej čiary z absorpcie výšky píku alebo metódou štandardného prídavku, len v prípade chrómu sme ho vyhodnotili z absorpcie plochy píku. Vzorky (návažok 0,5 až 1 g) sme mineralizovali v mikrovlnnom rozkladnom systéme Mileston MLS 1200 MEGA mineralizačnou zmesou 3,5 ml koncentrovanej HNO_3 a 0,5 ml H_2O_2 čistoty Suprapur (Merck) a riedili na potrebný objem deionizovanou vodou. Na stanovenie Pb, Cd, Cu a Zn sme použili voltampérometriu. Vzorky (návažok 2 až 5 g) sme mineralizovali suchou cestou v mufľovej peci pri teplote 450°C . Meranie sme robili na elektrochemickom analyzátore EP 100 v spojení so statickou ortuťovou elektródou SMDE 1. Výsledky merania sme vyhodnotili metódou štandardného prídavku. Koncentráciu štandardného prídavku sme volili podľa koncentrácie kovov v meranom roztoku, tak aby bola 50 - 200 % nameraného signálu.

Podmienky merania na AAS:

Meraný prvok	Fe	Ni	Cr
Vlnová dĺžka [nm]	248,3	232,0	357,9
Prúd [mA]	30	25	25
Štrbina [nm]	0,2	0,2	0,7
Prac. štandard. roztoky [$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$]	0,10	0,05	0,05
Teplota atomizácie [$^\circ\text{C}$]	2400	2300	2300
Korekcia pozadia		zapnutá	
Nosný plyn		argón	

Parametre metódy:

	Fe	Ni	Cr
Detekčný limit [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	0,002	0,002	0,002
Medza stanovenia [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$]	0,006	0,006	0,006
Neistota merania kombinovaná uc	9 %	14 %	7 %

Podmienky merania Cd, Pb, Cu voltampérometricky:

Program: ASV (anodická rozpúšťacia voltampérometria)
Operačný modul: DPP (diferenčná pulzná polarografia)
Elektróda: SMDE 1 v zapojení HMDE

Elektrodové zapojenie: 3EL. - meracia HMDE
 - referenčná kalomelová elektróda alebo
 referenčná argentochloridová elektróda
 - pomocná platínová elektróda

Veľkosť ortuťovej kvapky: 80 ms (160 ms)

Rozsah polariz. napätia: -750 mV až 180 mV

Doba elektrolýzy: 80 s, 200 s

Prúdová citlivosť: 7 - 12

Modulačná amplitúda: 50 mV

Rýchlosť nárastu
 polar. napätia: 20 mV.s⁻¹

Použitý inertný plyn: dusík

Základný elektrolyt: kyselina dusičná $\text{CHNO}_3 = 0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$

Podmienky merania pre Zn:

Rozsah polariz. napätia: -1150 mV až -600 mV

Prúdová citlivosť: 7 - 11

Základný elektrolyt: kyselina dusičná $\text{CHNO}_3 = 0,001 \text{ mol.dm}^{-3}$

Parametre metódy:

kov	Pb	Cd	Cu	Zn
Detekčný limit [mg.kg ⁻¹]	0,001	0,0005	0,002	0,002
Medza stanovenia [mg.kg ⁻¹]	0,004	0,002	0,006	0,010
Neistota merania uc	7,5 %	5,0 %	5,5 %	10 %

Stanovenie ortuťi

sme robili na jed nouúčelovom atómovom absorpčnom spektrometri „AMA 254“ (výrobca Altec, s.r.o. - Praha). Vzorku sme analyzovali priamo v prístroji bez predchádzajúcej úpravy.

Detekčný limit: 0,00003 mg.kg⁻¹

Medza stanovenia: 0,0001 mg.kg⁻¹

Neistota merania kombinovaná uc: 6 %

Správnosť merania sme kontrolovali na referenčnom materiáli BCR No. 189 (múka), BCR No. 150 (sušené mlieko), Československý referenčný materiál č. 12-2-02 riasy P-ACHK, č. 12-2-03 P-ALFALFA (lucerna).

Výsledky a diskusia

Z tabuliek 4. až 7. vyplýva, že ortuť, olovo, kadmium a meď sa kumulujú v listoch rastliny. Nikel sa kumuluje v stonke, len pri druhu *Amaranthus paniculatus* v listoch. Chróm sa vyskytuje najviac v kvete rastliny, len pri druhu *Amaranthus cruentus* v semene amarantu. V dvoch druhoch ama-

TABULKA 4. Obsah prvkov nameraný v druhu *Amaranthus hypochondriacus* v stonke, listoch, kvete a semene [mg.kg⁻¹].

TABLE 4. Contents of elements in stalk, leaves, flower and seed determined in *Amaranthus hypochondriacus* [mg.kg⁻¹].

Prvok ¹	Stonka ²	Listy ³	Kvet ⁴	Semeno ⁵
ortuť ⁶	0,009	0,028	0,020	0,024
olovo ⁷	0,091	0,257	0,049	0,028
kadmium ⁸	0,038	0,273	0,008	0,008
nikel ⁹	3,24	2,58	1,82	1,45
chróm ¹⁰	1,23	0,510	1,68	0,310
meď ¹¹	1,85	4,13	1,62	3,00
zinok ¹²	10,97	34,2	18,69	17,8
železo ¹³	53,0	100,0	63,0	63,0

1 - element, 2 - stalk, 3 - leaves, 4 - flower, 5 - seed, 6 - mercury, 7 - lead, 8 - cadmium, 9 - nickel, 10 - chromium, 11 - copper, 12 - zinc, 13 - iron.

TABULKA 5. Obsah prvkov nameraný v druhu *Amaranthus cruentus* v stonke, listoch, kvete a semene [mg.kg⁻¹].

TABLE 5. Contents of elements in stalk, leaves, flower and seed determined in *Amaranthus cruentus* [mg.kg⁻¹].

Prvok ¹	Stonka ²	Listy ³	Kvet ⁴	Semeno ⁵
ortuť ⁶	0,019	0,058	0,010	0,011
olovo ⁷	0,183	1,19	0,089	0,176
kadmium ⁸	0,050	0,195	0,014	0,008 ?
nikel ⁹	2,79	2,31	1,53	1,45
chróm ¹⁰	1,51	0,570	1,75	2,24
meď ¹¹	1,45	3,10	2,01	1,87
zinok ¹²	76,33	22,8	12,36	16,25
železo ¹³	50,0	95,0	70,0	129,0

1 - element, 2 - stalk, 3 - leaves, 4 - flower, 5 - seed, 6 - mercury, 7 - lead, 8 - cadmium, 9 - nickel, 10 - chromium, 11 - copper, 12 - zinc, 13 - iron.

TABULKA 6. Obsah prvkov nameraný v druhu *Amaranthus caudatus* v stonke, listoch, kvete a semene [mg.kg⁻¹].TABLE 6. Contents of elements in stalk, leaves, flower and seed determined in *Amaranthus caudatus* [mg.kg⁻¹].

Prvok ¹	Stonka ²	Listy ³	Kvet ⁴	Semeno ⁵
ortuť ⁶	0,007	0,047	0,006	0,018
olovo ⁷	0,564	1,852	0,152	0,147
kadmium ⁸	0,084	0,218	0,005	0,006
nikel ⁹	2,60	1,75	1,51	1,41
chróm ¹⁰	2,22	0,610	3,30	1,25
meď ¹¹	2,01	2,85	2,14	2,85
zinok ¹²	71,59	21,32	19,16	16,80
železo ¹³	-	113,1	-	118,0

1 - element, 2 - stalk, 3 - leaves, 4 - flower, 5 - seed, 6 - mercury, 7 - lead, 8 - cadmium, 9 - nickel, 10 - chromium, 11 - copper, 12 - zinc, 13 - iron.

TABULKA 7. Obsah prvkov nameraný v druhu *Amaranthus paniculatus* v stonke, listoch, kvete a semene [mg.kg⁻¹].TABLE 7. Contents of elements in stalk, leaves, flower and seed determined in *Amaranthus paniculatus* [mg.kg⁻¹].

Prvok ¹	Stonka ²	Listy ³	Kvet ⁴	Semeno ⁵
ortuť ⁶	0,012	0,054	0,012	0,011
olovo ⁷	0,033	0,420	0,044	0,094
kadmium ⁸	0,008	0,127	0,004	0,006
nikel ⁹	0,760	2,56	1,40	1,42
chróm ¹⁰	1,68	0,450	1,90	0,935
meď ¹¹	0,846	5,30	1,66	3,97
zinok ¹²	16,26	20,11	19,04	17,50
železo ¹³	46,0	121,8	66,0	90,0

1 - element, 2 - stalk, 3 - leaves, 4 - flower, 5 - seed, 6 - mercury, 7 - lead, 8 - cadmium, 9 - nickel, 10 - chromium, 11 - copper, 12 - zinc, 13 - iron.

rantu bolo najviac zinku v listoch a v dvoch (*Amaranthus caudatus* a *Amaranthus cruentus*) v stonke. Najvyšší obsah železa sme namerali v listoch a semenách amarantu. Donedávna najvyššie prípustné množstvo železa v potravinách nebolo obmedzené hygienickým limitom. V Potravinovom kódexe SR (Príloha č. 2. tretej hlavy druhej časti PK SR) je však povolené pre ostatné potraviny množstvo Fe 25,0 mg.kg⁻¹ [10]. Je to vo všetkých častiach rastliny amarantu prekročené o 100 % až 400 %. Namerané obsahy

toxických prvkov (Hg, Cd, Pb, Cr, Ni) v listoch amarantu sú na hladine nových platných hygienických limitov (platné od 15.7.1996) a nadlimitné, ale zinok je všade nadlimitný (porovnanie priemerných obsahov prvkov zo štyroch druhov je v tabuľke 8.). Preto je otázne, či by sa u nás mohli listy amarantu používať na šaláty, ako je to v niektorých oblastiach Afriky.

TABUĽKA 8. Porovnanie priemerných obsahov kovov v listoch amarantu s platnými hygienickými limitmi pre zeleninu [mg.kg⁻¹].

TABLE 8. Comparison of average element contents in amaranth leaves with applicable hygienic limits for vegetables [mg.kg⁻¹].

	Hg	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Zn	Fe
platný limit ¹	0,05	1,0	0,10	0,5	0,5	10,0	10,0	25,0
smerný limit ²	0,03	0,7	0,07					
X	0,047	0,93	0,20	2,3	0,54	3,9	24,6	108

X - priemerná hodnota obsahu prvku v listoch štyroch druhoch amarantu.

1 - applicable level, 2 - guideline level, X - average element contents in leaves of four amaranth species.

Keď porovnáme obsahy sledovaných prvkov v listoch amarantu vypestovaných na Slovensku s obsahmi prvkov v listoch z južnej Indie (tab. 1.), ktoré publikoval Srikumar [2], vidíme, že všetky obsahy sú vyššie, len v prípade kadmia je hodnota výrazne nižšia. Z porovnania obsahov (Cr, Cu, Fe, Ni, Zn) v semenách amarantu vypestovaných u nás s obsahmi publikovanými Vetterom [3] v Maďarsku (tab. 3.), vyplynulo, že množstvo niklu je rovnaké, ale množstvo železa a chrómu je vyššie. Nižší obsah sme namerali u medi a zinku. Vetter vo svojej práci konštatuje, že množstvo prvkov v semenách amarantu závisí od kontaminácie pôdy, čo môže súvisieť aj so zvýšeným obsahom chrómu v pôde. Tento predpoklad potvrdil aj monitoring pôd na Slovensku v posledných rokoch.

Záver

Zistili sme, že toxické prvky ortuť, olovo, kadmium a esenciálna meď sa kumulujú v listoch amarantu nezávisle od druhu amarantu. Chróm sa kumuluje do kvetu alebo semena, v závislosti od druhu. Kumulácia železa tiež závisí od druhu amarantu a je buď do listov alebo semena.

Literatúra

1. DAHIYA, S. - KAPOOR, A. C.: Nutrition evaluation of home-processed weaning foods based on low cost locally available foods. *Food Chem.*, **48**, 1993, č. 2, s. 179-182.
2. LORENZ, K. - GROSS, M.: Saccharide of amaranth. *Nutr. Rep. int.*, **29**, 1984, č. 3, s. 721-726.
3. LAOVORAVIT, N. - KRATZER, F. H. - BECKER, R.: The nutritional value of amaranth for feeding chickens. *Poult. Sci.*, **65**, 1986, č. 7, s. 1365-1370.
4. PEDERSEN, B. - KALINOWSKI, L. S. - EGGUM, B. O.: The nutritive value of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*). I. Protein and minerals of raw and processed grain. *Pl. Food hum. Nutr.*, **36**, 1987, č. 4, s. 309-324.
5. PAREDES-LOPEZ, O. - MORA-ESCOBEDO, R.: Germination of amaranth seeds: effect on nutrient composition and color. *J. Food Sci.*, **54**, 1989, č. 3, s. 761-762.
6. SRIKUMAR, T. S.: The mineral and trace element composition of vegetables, pulses and cereals of southern India. *Food Chem.*, **46**, 1993, č. 2, s. 163-167.
7. SRIKANT, R. - PAPI-REDDY, S. R.: Lead, cadmium and chromium levels in vegetables grown in urban sewage sludge - Hyderabad, India. *Food Chem.*, **40**, 1991, č. 2, s. 229-234.
8. MAKUS, D. J.: Evaluation of amaranth as a potential greens crop in the mid-south. *Hortscience*, **19**, 1984, č. 6, s. 881-883.
9. Vetter, J.: Minerlstoffe und Aminosäuren in den Körnern der neu kultivierten pseudo-getreide-art *Amaranthus hypochondriacus*. *Z. Lebensm.-Unters. Forsch.*, **198**, 1994, č. 4, s. 284-286.
10. Výnos Ministerstva pôdohospodárstva SR a Ministerstva zdravotníctva SR č. 981/1996-100 z 20. mája 1996, ktorým sa vydáva prvá časť a prvá, druhá a tretie hlava druhej časti Potravinového kódexu SR. *Vestník Ministerstva zdravotníctva SR*, **44**, 1996, čiastka 9-13, s. 113-117.

Do redakcie došlo 20.8.1997.

Observation of selected elements distribution in amaranth

KOREŇOVSKÁ, M. - ZAUŠKOVÁ, P. - POLÁČEKOVÁ, O.: *Bull. potrav. Výsk.*, **36**, 1997, p. 131-139.

SUMMARY. Cumulation of selected elements (Hg, Cd, Pb, Ni, Fe, Cu) in individual parts of the plant (stalk, leaves, flower and seed) in four species of amaranth (*Amaranthus cruentus*, *Amaranthus paniculatus*, *Amaranthus hypochondriacus*, *Amaranthus caudatus*) was investigated. Toxic elements Hg, Pb, Cd, and essential Cu, were found to cumulate in leaves of amaranth irrespective of species. Chromium was found to cumulate in flowers or seeds, depending on the species. Cumulation of Fe was in leaves or seeds, depending on the species.