

ROMUALD BULIŃSKI, ANDRZEJ KOT, JADWIGA BŁONIAK

OCENA SKAŻENIA METALAMI CIĘŻKIMI KRAJOWYCH ZIEMNIAKÓW POCHODZĄCYCH Z RÓŻNYCH REJONÓW POLSKI

EVALUATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF POTATOES DERIVED FROM VARIOUS REGIONS OF POLAND

Z Katedry i Zakładu Bromatologii AM w Lublinie

Kierownik: prof. dr hab. R. Buliński

*Oznaczono zawartość Hg, Cd, Pb w próbkach ziemniaków z rejonów o różnym stopniu
uprzemysłowienia.*

W ciągu ostatnich kilkunastu lat obserwuje się w środowisku biologicznym, w tym również w żywności niepokojący wzrost różnego rodzaju skażeń chemicznych. Wśród wielu czynników skażających środowisko człowieka, poważne niebezpieczeństwo przedstawiają szkodliwe metale ciężkie, a zwłaszcza rtęć, kadm i ołów [2, 11, 16, 18]. W ramach Centralnego Programu Badań Podstawowych podjęto badania zawartości Hg, Cd, Pb w ważnej grupie środków spożywczych jaką są ziemniaki. Obok przetworów zbożowych stanowią one znaczny udział w diecie. Wg danych GUS w Polsce roczne spożycie ziemniaków wynosi od ponad 100 do ponad 250 kg na osobę, a udział w diecie tej grupy środków spożywczych wynosi ok. 30% [2]. Dlatego postanowiono przebadać ziemniaki z różnych regionów kraju na zawartość Hg, Cd i Pb.

CZEŚĆ DOŚWIADCZALNA

Materiał badany

Próbki ziemniaków pochodziły z czterech regionów kraju (środkowo-wschodni, południowy, woj. tarnobrzeskie, woj. poznańskie). Próbki były dostarczone przez Wojewódzki Ośrodek Postępu Rolniczego w Mikołowie-Cmiłowicach, Stację Oceny Ziemniaka w Lublinie i Poznaniu. Były one zaopatrzone w metryczkę zawierającą miejsce pochodzenia i nazwę odmiany. Badano również próbki pochodzące z gospodarstw indywidualnych bez określania odmian (woj. tarnobrzeskie, lubelskie, poznańskie). Ogółem przebadano 150 próbek pięciu odmian i 60 próbek ziemniaków nieznanymi odmianami. Przed przystąpieniem do właściwych oznaczeń ziemniaki myto w wodzie wodociągowej, a następnie płukano wodą destylowaną i osuszano bibułą filtracyjną. Ziemniaki obierano i krojono w kostkę. W części próbek zawartość metali oznaczano również w obierzynach w celu porównania rozkładu badanych pierwiastków w bulwie.

Metodyka

Oznaczenie rtęci wykonywano metodą bezplamieniowej spektrometrii atomowo-absorpcyjnej [19, 23, 24] w aparacie Pye Unicam SP-192 po uprzedniej mineralizacji na mokro za pomocą kwasu siarkowego i azotowego [8, 9]. Stosowano kwasy f-my *Merck* o czystości *Suprapur*. Mineralizację 5–10

naważek wykonywano w aparatach typu *Bethe'go* wyprodukowanych przez Zakłady „Pollena” w Gliwicach. Stosowano następujące parametry oznaczenia: wysokość palnika 3 cm, długość fali 253,7 nm, szczelina 0,4, wzmocnienie 2x. Oznaczenia wykonywano w obiegu zamkniętym wobec krzywej wzorcowej sporządzonej z roztworów wzorcowych *Quecksilber Standardlösung* f-my *Merck* w zakresie od 10 do 200 μg /próbkę.

Zawartość kadmu i ołowiu w ziemniakach oznaczano metodą spektrometrii atomowo-absorpcyjnej [3, 4, 6, 21, 28, 29]. Stosowano technikę ekstrakcyjną do fazy organicznej, którą był keton metyloizobutyloowy. Jako czynnik kompleksujący stosowano pirolidynokarboditionian amonowy. Reakcja zachodziła w środowisku o pH ok. 8,0 w obecności buforu cytrynianowego.

25 g próbki ziemniaków umieszczano w tyglach kwarcowych i mineralizowano na sucho w piecu muflowym w temp. 400°C. Po spaleniu dodawano 5 cm³ kwasu solnego 1 ÷ 1 v/v i odparowywano do sucha na łaźni wodnej. Jeżeli to było konieczne dodawano 2 cm³ 10% HNO₃, odparowywano do sucha na łaźni wodnej i ogrzewano w piecu muflowym w temp. 200°C. Następnie dodawano 5 cm³ kwasu solnego 1 ÷ 1 v/v i ogrzewano pod szkiełkiem zegarkowym na łaźni przez 20 min. Stosowano kwasy f-my *Merck* o czystości *Suprapur*. Po ochłodzeniu zawartość tygli przenoszono ilościowo przy użyciu wody dejonizowanej do kolb miarowych poj. 50 cm³. Z tak przygotowanych mineralizatów pobierano część i oznaczano zawartość kadmu i ołowiu metodą ekstrakcyjną. Oznaczenie przeprowadzano w aparacie Pye Unicam SP-192 wobec krzywych wzorcowych, które przygotowano z roztworów *Beli-Standardlösung* i *Cadmium Standardlösung* f-my *Merck*. Roztwory wzorcowe zawierały 1 μg Cd i 1 μg Pb w 1 cm³. Przez odpowiednie rozcieńczenie sporządzano krzywe wzorcowe w zakresie stężeń dla kadmu od 0,1 do 1,4 $\mu\text{g}/5 \text{ cm}^3$ metyloizobutyloketonu (MIBK), dla ołowiu od 1 do 10 $\mu\text{g}/5 \text{ cm}^3$ MIBK.

Oznaczenie przeprowadzano przy następujących parametrach:

	Pb	Cd
długość fali nm	217,8	228,8
szerokość szczeliny nm	0,8	0,4
prąd lampy mA	4,8	4,0
wzmocnienie	2 x	2 x
przepływ powietrza	5 dm ³ /min	5 dm ³ /min
przepływ acetylenu	0,6 dm ³ /min	0,6 dm ³ /min
wysokość palnika	10 mm	10 mm

Przed właściwymi oznaczeniami wykonano badanie odzysków. Odzysk dla rtęci wynosił 95,5%, dla kadmu 98,7%, dla ołowiu 89,0% przy współczynniku zmienności dla rtęci 4%, dla kadmu 2%, dla ołowiu 6%

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość Hg, Cd, Pb w ziemniakach z różnych regionów kraju zestawiono w tabelach I–III. W tabeli I przedstawiono zawartość rtęci. W pojedynczych próbach wynosiła ona od 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Makroregion Środkowo-Wschodni) do 45,0 $\mu\text{g}/\text{kg}$ (Region Południowy). W próbach z Regionu Południowego stwierdzono ok. dwukrotnie wyższe zawartości rtęci (średnio 12,9 $\mu\text{g}/\text{kg}$) w porównaniu z próbkami z pozostałych regionów. Nie obserwowano wyraźnych różnic w zawartości rtęci w zależności od odmiany. Wg danych z piśmiennictwa zagranicznego [7, 10, 20, 22, 25] zawartość rtęci w ziemniakach wynosi od kilku do kilkunastu $\mu\text{g}/\text{kg}$ i nie przekracza 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$. *Nabrzycki* [15] wykrywał w ziemniakach obranych z rejonu Gdańska od 5 do 9 $\mu\text{g}/\text{kg}$. W Polsce nie ma ustalonej dopuszczalnej zawartości Hg w produktach spożywczych. Gdyby przyjąć zalecenie RFN ustalone na 20 $\mu\text{g}/\text{kg}$ [20], średnie ilości rtęci wykrywane

w próbach ziemniaków z Regionu Południowego stanowiły ok. 60% dopuszczalnej zawartości, a w pojedynczych próbkach obserwowano przekroczenie tych zaleceń.

Tabela I. Zawartość Hg w ziemniakach pochodzących z różnych regionów kraju w $\mu\text{g}/\text{kg}$
Hg content in potatoes derived from various regions of Poland ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Pochodzenie próbek	Zakres	Średnio
woj. tarnobrzeskie	3.0 – 21.0	5.62 \pm 3.94
Region Południowy		
odm. Atol	6.0 – 30.0	12.8 \pm 8.3
odm. Bryza	7.5 – 45.0	14.0 \pm 13.7
odm. Miła	4.5 – 36.0	12.1 \pm 10.1
Region Środkowo - Wchodni		
odm. Fala	3.5 – 4.0	4.1 \pm 0.6
odm. Irys	3.0 – 5.0	4.8 \pm 0.3
odm. Miła	2.5 – 4.5	3.8 \pm 0.7
Próbki z gospodarstw indywidualnych	6.35 – 11.0	8.37 \pm 2.39
woj. poznańskie		
odm. Atol	5.0 – 7.0	6.0 \pm 0.02
odm. Bryza	5.0 – 7.0	6.2 \pm 0.02
odm. Miła	5.0 – 8.0	5.8 \pm 1.3
Próbki z gospodarstw indywidualnych	2.8 – 8.1	4.25 \pm 1.25

Tabela II. Zawartość Cd w ziemniakach pochodzących z różnych regionów kraju w mg/kg świeżej masy
Cd content in potatoes derived from various regions of Poland (mg/kg fresh weight)

Pochodzenie próbek	Zakres	Średnio
woj. tarnobrzeskie	0.032 – 0.068	0.43 \pm 0.10
Region Południowy		
odm. Atol	0.014 – 0.075	0.041 \pm 0.022
odm. Bryza	0.015 – 0.072	0.039 \pm 0.020
odm. Miła	0.015 – 0.067	0.040 \pm 0.015
Region Środkowo - Wchodni		
odm. Fala	0.015 – 0.074	0.041 \pm 0.016
odm. Irys	0.020 – 0.055	0.037 \pm 0.012
odm. Miła	0.015 – 0.052	0.030 \pm 0.011
Próbki z gospodarstw indywidualnych	0.016 – 0.046	0.029 \pm 0.016
woj. poznańskie		
odm. Atol	0.038 – 0.077	0.055 \pm 0.014
odm. Bryza	0.041 – 0.087	0.064 \pm 0.019
odm. Miła	0.015 – 0.084	0.041 \pm 0.025
odm. Fala	0.027 – 0.045	0.034 \pm 0.010
Próbki z gospodarstw indywidualnych	0.018 – 0.057	0.035 \pm 0.010

Tabela III. Zawartość Pb w ziemniakach z różnych regionów kraju w mg/kg świeżej masy
Pb content in potatoes derived from various regions of Poland (mg/kg fresh weight)

Pochodzenia próbek	Zakres	Średnio
woj. tarnobrzeskie	0.048 – 0.253	0.091 ± 0.042
Region Południowy		
odm. Atol	0.040 – 0.390	0.186 ± 0.110
odm. Bryza	0.050 – 0.300	0.164 ± 0.077
odm. Miła	0.050 – 0.500	0.219 ± 0.160
Region Środkowo - Wchodni		
odm. Fala	0.070 – 0.230	0.149 ± 0.090
odm. Irys	0.025 – 0.170	0.112 ± 0.060
odm. Miła	0.015 – 0.160	0.078 ± 0.030
Próbki z gospodarstw indywidualnych	0.053 – 0.120	0.057 ± 0.004
woj. poznańskie		
odm. Atol	0.050 – 0.230	0.104 ± 0.042
odm. Bryza	0.080 – 0.170	0.114 ± 0.050
odm. Miła	0.060 – 0.270	0.154 ± 0.060
odm. Fala	0.100 – 0.210	0.174 ± 0.055
Próbki z gospodarstw indywidualnych	0.038 – 0.188	0.073 ± 0.038

Zawartość kadmu w ziemniakach przedstawiono w tabeli II. Wynosiła ona od 0,014 mg/kg do 0,087 mg/kg świeżej masy. Średnie zawartości kadmu w próbkach ziemniaków z różnych regionów kraju są podobne i wynoszą w zależności od pochodzenia próbek od 0,029 do 0,064 mg/kg. Porównując otrzymane wyniki z danymi z piśmiennictwa [1, 10, 17, 25, 26] należy stwierdzić, że są one znacznie wyższe od danych otrzymanych w Finlandii (10 µg/kg), Szwajcarii (15 µg/kg) i Szwecji (16 µg/kg). W ziemniakach holenderskich stwierdzono ok. 30 µg rtęci w 1 kg. W 188 próbkach ziemniaków niemieckich [20] wykryto średnio 50 µg/kg świeżej masy.

Nabrzyski [15] w ziemniakach z rejonu gdańskiego stwierdził średnio 35 µg/kg. *Zalewski* [27] w próbkach ziemniaków z okolic Siedlec wykrywał zawartości Cd od 5 do 54 µg/kg, średnio 0,022 mg/kg. *Buliński* i współpracownicy [5] wykrywali w roku 1982 w próbach ziemniaków zakupionych na rynku średnio 11 µg/kg. Wysokie zawartości kadmu stwierdzili *Marchwińska* i *Kucharski* [12, 13]. Ziemniaki obrane zawierały od 0,030 do 0,150 mg Cd/kg świeżej masy. Polskie ustawodawstwo [14] dopuszcza w środkach spożywczych zawierających do 20% suchej masy do 0,03 mg Cd/kg. Otrzymane przez nas wyniki przekraczają tę wartość w większości analizowanych próbek.

Biorąc pod uwagę wysoką toksyczność kadmu, a także około dwukrotnie wyższe spożycie ziemniaków w Polsce w porównaniu z krajami Europy Zachodniej i USA, otrzymane zawartości wzbudzać mogą niepokój. Przy zawartości średniej 0,040 mg Cd/kg ziemniaków i spożyciu tygodniowym 2,5 kg/osobę, wprowadza się do organizmu tylko z ziemniakami ok. 100 µg kadmu co stanowi 20% dopuszczalnego tygodniowego pobrania ustalonego przez FAO/WHO.

Zawartość ołowiu w pojedynczych próbkach ziemniaków wynosiła od 0,015 mg/kg do 0,500 mg/kg (tabela III). Najniższą średnią zawartość (0,057 mg/kg) stwierdzono w próbkach z gospodarstw indywidualnych w Regionie Środkowo-Wschodnim. Najwyższą w Regionie Południowym (0,219 mg/kg). W porównaniu ze średnią zawartością ołowiu w próbkach ziemniaków z woj. lubelskiego (0,113 mg/kg) wartość ta jest prawie dwukrotnie wyższa. W pojedynczych próbkach obserwowano przekroczenie dopuszczalnej normy ustalonej na 0,3 mg/kg [14]. Średnia zawartość ołowiu w próbkach ziemniaków z woj. poznańskiego zbliżona była do zawartości w próbkach z woj. lubelskiego i wynosiła 0,129 mg/kg. Zestawienie zawartości ołowiu w próbkach tej samej odmiany (Mila) z trzech regionów wskazuje na około 2-3 krotnie wyższą zawartość tego pierwiastka w próbkach z Regionu Południowego w porównaniu z zawartością w próbkach z Lubelszczyzny.

Otrzymane wyniki są znacznie wyższe od danych fińskich [26], szwedzkich [10], holenderskich [25] i szwajcarskich [1], a podobne do danych z RFN [20]. Podobne lub nieco niższe zawartości otrzymali autorzy krajowi [5, 15, 27]. *Marchwińska i Kucharski* [12, 13] wykrywali w próbkach nieobieranych ziemniaków pochodzących ze Śląska od 0,2 do 2,4 mg/kg. Natomiast ziemniaki obierane zawierały od 0,2 do 0,3 mg/kg.

Tabela IV. Zawartość Hg, Cd i Pb w ziemniakach i obierzynach pochodzących z Regionu Południowego
Hg, Cd and Pb contents in potatoes and peelings derived from the Southern Region

Odmiana	Hg μg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
Atol			
ziemniaki obrane	12.8 ± 8.3	0.041 ± 0.02	0.136 ± 0.11
obierzyny	15.3 ± 3.4	0.062 ± 0.02	0.495 ± 0.27
Mila			
ziemniaki obrane	12.1 ± 10.1	0.040 ± 0.015	0.219 ± 0.16
obierzyny	17.3 ± 3.8	0.069 ± 0.019	0.448 ± 0.17
Bryza			
ziemniaki obrane	14.0 ± 13.7	0.039 ± 0.020	0.124 ± 0.077
obierzyny	26.0 ± 8.0	0.055 ± 0.020	0.444 ± 0.29

W tabeli IV przedstawiono zawartość Hg, Cd i Pb w próbkach ziemniaków obranych i obierzynach. W przypadku wszystkich trzech metali zawartość była wyższa w obierzynach, przy czym w przypadku Cd i Hg zawartość tych metali w obierzynach jest wyższa o ok. 20–50% w stosunku do ziemniaków obranych. Natomiast zawartość ołowiu w części zewnętrznej jest ok. 2–3 krotnie wyższa niż w ziemniakach obranych. Świadczy to o zupełnie innym rozkładzie kadmu i ołowiu w poszczególnych częściach bulwy. Mianowicie ołów występuje w zewnętrznej części ziemniaka, natomiast kadm i rtęć rozłożone są mniej więcej równomiernie w całej objętości bulwy. W procesie obierania można usunąć wraz z obierzynami znaczne ilości ołowiu, ale kadm i rtęć pozostają w części obranej. Biorąc pod uwagę znaczą toksyczność Cd i Hg jest to

bardzo niekorzystne z punktu widzenia higienicznego. Podobne obserwacje poczynił Ocker [17]. 70–80% Cd znajdował w bulwach obranych, a tylko 25–30% w obierzynach, podczas gdy ołów w 60% znajdował się w obierzynach.

Przedstawione wyniki wskazują na zróżnicowaną zawartość poszczególnych metali w ziemniakach pochodzących z różnych regionów kraju. Zawartość rtęci w próbach z rejonów nieskażonych wynosiła kilka $\mu\text{g}/\text{kg}$. Około dwukrotnie wyższe zawartości stwierdzono w próbkach z regionu uprzemysłowionego. W większości badanych próbek zawartość kadmu przekraczała ustaloną normę 0,03 mg/kg. W przypadku ołowiu w pojedynczych próbkach obserwowano przekroczenie dopuszczalnej normy (0,3 mg/kg). Średnie zawartości ołowiu w ziemniakach z terenów rolniczych stanowiły ok. 40% dopuszczalnej normy. Z terenów uprzemysłowionych są około dwukrotnie wyższe.

WNIOSKI

1. Zawartość rtęci w ziemniakach wynosiła od kilku do kilkunastu $\mu\text{g}/\text{kg}$. Około 2–3 krotnie wyższe zawartości rtęci stwierdzono w próbkach z terenów skażonych.

2. Wysokie zawartości kadmu stwierdzono w ziemniakach z różnych regionów kraju. Średnie zawartości wynosiły od 0,029 do 0,064 mg/kg i często przekraczały dopuszczalną normę 0,03 mg/kg. Jest to tym bardziej niepokojące, że spożycie ziemniaków w naszym kraju jest wysokie, a rozkład kadmu w całej bulwie dość równomierny, a więc obieranie w niewielkim stopniu usuwa kadm z ziemniaków.

3. Zawartość ołowiu w próbkach ziemniaków z terenów uprzemysłowionych była około dwukrotnie wyższa w porównaniu z próbkami z terenów mniej skażonych. W przeciwieństwie do kadmu, ołów w znacznym procencie występował w obierzynach.

R. Buliński, A. Kot, J. Błoniarz

EVALUATION OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF POTATOES DERIVED FROM VARIOUS REGIONS OF POLAND

Summary

Mercury, cadmium and lead contents were determined in 210 samples of potatoes of five cultivars, originating from four regions of Poland (Tarnobrzeg voivodeship, Southern Region, Middle-Eastern Region, Poznań voivodeship). Analysis was performed by the ASA method. Cadmium and lead were determined by the extraction technique, after metal complexing with APDC. Methyl isobutyl ketone was the organic phase. „Dry” mineralization of samples for cadmium and lead determinations was performed in a muffle furnace at 400°C. Mercury was assayed by the cold vapour technique after „wet” mineralization with sulphuric and nitric acid in a *Bethe* apparatus.

Mean mercury content was ca. 5.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ for the samples from the uncontaminated regions; samples from the Southern Region contained on the average 12.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, i.e. twice more. Cadmium contents in potatoes from all the investigated regions were increased by an average of 0,029–0,064 mg/kg. Lead content in single samples was between 0,015–0.500 mg/kg; mean Pb contents in samples from the Southern Region, as compared with the Lublin region, were ca. twice higher.

Hg, Cd and Pb contents were determined in the same samples of peeled potatoes and of their peelings, this allowing for evaluation of the distribution of the investigated heavy metals in the tuber.

It was found that lead occurs in the peelings in 60–70%, and in the pulp in only 30–40%. As concerns cadmium and mercury, these metals appear in the tuber in 70–80%, and the peelings in only 25–30%.

PIŚMIENNICTWO

1. *Andrey D., Ribs T., Wirz E.*: Monitoring-Program „Schwermetalle in Lebensmitteln” Blei, Cadmium, Zink und Kupfer in Schweizer Kartoffeln. Mit. Gebiete Lebensm. Hyg., 1988, 79, 327.
- 2. *Barylko-Pikielna N., Kierebiński Cz., Tyszkiewicz S.*: Ocena poziomu skażenia żywności jako skutku skażenia środowiska. Ekspertyza Warszawa 1985.
- 3. *Brzozowska B.*: Wpływ niektórych czynników analitycznych na wyniki równoczesnego oznaczania ołowiu, cynku, miedzi i kadmu metodą ASA w wybranych produktach spożywczych. Cz. III. Roczn. PZH, 1977, 28, 441.
- 4. *Brzozowska B.*: Wpływ niektórych czynników analitycznych na wyniki równoczesnego oznaczania ołowiu, cynku, miedzi i kadmu metodą ASA w wybranych produktach spożywczych. Cz. II. Roczn. PZH, 1977, 28, 355.
- 5. *Buliński R., Kot A., Błoniarz J., Koktysz N.*: Badanie zawartości niektórych pierwiastków śladowych w produktach spożywczych krajowego pochodzenia. Bromat. Chem. Toksykol., 1986, 19, 21.
- 6. *Buliński R., Marzec Z.*: Badanie porównawcze nad oznaczeniem kadmu i ołowiu w żywności. Roczn. PZH, 1986, 37, 400.
- 7. *Gomez M. J., Morkalis P.*: Mercury content of some foods. J. Food Sci., 1974, 39, 673.
- 8. *Gorsuch T. T.*: Radiochemical investigation on the recovery for analysis of trace elements in organic. – 9. *Hordyńska S.* i wsp.: Oznaczenie mikrogramowych ilości rtęci w ryżu. Roczn. PZH, 1969, 20, 391.
- 10. *Jorhem L., Mattson P., and Slorach S.*: Lead, cadmium, zinc and certain other metals in foods on the Swedish market. Vår Föda 36 Suppl. 3, 192, 1984.
- 11. *Kabata-Pendias A., Pendias H.*: Trace elements in soil and plants. CRS 1984.
- 12. *Kucharski B., Marchwińska E., Piesak Z.*: Możliwość uprawy ziemniaków w centralnej części województwa katowickiego rozpatrywana w aspekcie narażenia człowieka. Roczn. PZH, 1989, 40, 131.
- 13. *Marchwińska E., Kucharski R., Gzyl J.*: Stężenie kadmu i ołowiu w próbach ziemniaków z różnych rejonów Polski. Roczn. PZH, 1984, 35, 112.
- 14. Monitor Polski Nr 45 z dn. 4.12.1990, poz. 348, 423.
- 15. *Nabrzyski M., Gajewska R.*: Zawartość rtęci, kadmu i ołowiu w owocach, warzywach i glebie. Roczn. PZH, 1982, 33, 121.
- 16. *Nikonorow M., Urbanek-Karłowska B.*: Toksykologia żywności, PZWL, Warszawa 1987.
- 17. *Ocker H. D., Brüggeman J., Bergthaller W. und Putz B.*: Schwermetallgehalte in Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 1984, 179, 322.
- 18. *Pałowski L., Kozak Z.*: Chemiczne zagrożenie środowiska w Polsce, Lublin 1984.
- 19. *Pinta M.*: Absorpcyjna spektrometria atomowa, PWN, Warszawa 1977.
- 20. Richwerte '79 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. Bundesgesundhbl. 22, Nr 15 vom 20 Juli 1979.
- 21. *Sapek A.*: Sposób analizowania próbek gleb mineralnych na zawartość niektórych składników stosowany w IMUZ w Falentach. Problemy Agrofizyki 1974, 12, 103.
- 22. *Schelenz R., Diehl J. F.*: Quecksilbergehalte von Lebensmitteln des deutschen Marktes. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 1973, 151, 369.
- 23. *Szprengier T.*: Zmodyfikowana metoda oznaczania rtęci w materiale biologicznym z zastosowaniem spektrometrii atomowo-absorpcyjnej. Med. Wet., 1977, 33, 182.
- 24. *Whiteside P. J.*: Pye Unicam Atomic Absorption Data Book. Published by Pye Unicam Ltd. 1976.
- 25. *Wiersma D.* i wsp.: Cadmium, Lead, Mercury, and Arsenic Concentrations in Crops and Corresponding Soils in The Netherlands. J. Agric. Food Chem., 1986, 34, 1067.
- 26. *Varo P., Lähelma O., Nuurtamo M., Saari E. and Koivistoinen P.*: Mineral element composition of Finnish foods. Cz. VII. Acta Agric. Scand. Suppl. 22, 89, 1980.
- 27. *Zalewski i wsp.*: Zawartość pierwiastków szkodliwych dla zdrowia w warzywach uprawianych w woj. siedleckim. Roczn. PZH, 1989, 40, 1.
- 28. *Żmudzki J.*: Oznaczenie zawartości ołowiu w materiale biologicznym metodą ASA. Med. Wet., 1977, 33, 179.
- 29. *Żmudzki J.*: Oznaczenie zawartości kadmu w materiale biologicznym metodą ASA. Bromat. Chem. Toksykol., 1980, 13, 77