

Ocena zawartości Cd i Pb w wybranych produktach ekologicznych i konwencjonalnych

Evaluation of Cd and Pb content in selected organic and conventional products

HALINA STANIEK^{1/}, ZBIGNIEW KREJPCIO^{1,2/}

^{1/} Zakład Higieny i Toksykologii Żywności, Katedra Higieny Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

^{2/} Wyższa Szkoła Zdrowia, Urody i Edukacji w Poznaniu

Wprowadzenie. W ostatnich latach rośnie zainteresowanie żywnością ekologiczną oraz jej wpływem na stan zdrowia. Konsumenci postrzegają żywność ekologiczną jako zdrową, bezpieczną oraz o wysokiej wartości odżywczej.

Cel pracy. Ocena zawartości Cd i Pb w wybranych produktach ekologicznych w porównaniu do analogicznych produktów konwencjonalnych.

Materiał i metody. Do badań wykorzystano 24 produkty żywnościowe. Zawartość Cd i Pb w produktach spożywczych oznaczono po uprzedniej mineralizacji metodą spektrometrii atomowo-absorpcyjnej (AAS).

Wyniki. Zawartości Cd i Pb w badanych ekologicznych i konwencjonalnych produktach nie przekraczały dopuszczalnych poziomów. Wykazano, że zawartość Cd w ekologicznych produktach zbożowych, warzywach oraz owocach była wyższa w porównaniu do konwencjonalnych. Ekologiczne ziemniaki zawierały natomiast mniejsze zawartości Cd w porównaniu do produktów tradycyjnych. Mniejszą zawartość Pb w ekologicznych produktach stwierdzono w warzywach (ziemniak, fasola biała), owocach (suszone morele) oraz przyprawach (papryka czerwona), z wyjątkiem migdałów i pieprzu czarnego, w których wykazano wyższe poziomy tego pierwiastka w porównaniu do konwencjonalnych.

Wnioski. Poziomy metali ciężkich (Cd i Pb) nie przekraczały w badanych produktach dopuszczalnych limitów, przy czym ich zawartość była różnicowana zależnie od systemu produkcji.

Słowa kluczowe: ołów, kadm, produkty ekologiczne

Introduction. In recent years, the interest in organic food and its effect on health has increased. Consumers consider organic food as healthy, safe, and of high nutritional value.

Aim. To evaluate the Pb and Cd content in selected organic and conventional produce.

Material & methods. The study was carried out in 24 foodstuffs. The Cd and Pb contents were determined after previous digestion by the atomic absorption spectrometry method (AAS).

Results. The Cd and Pb content did not exceed the permitted levels in studied organic and conventional products. It has been found that the Cd content in organic cereals, vegetables and fruit was higher than the conventional. However, the organic potatoes had a lower Cd level as compared to the traditional products. It was found that the Pb level in organic vegetables (potatoes, white beans), fruits (dried apricots) and spices (red paprika) was lower in comparison with the conventional, with the exception of almonds and black pepper, which had higher Pb levels.

Conclusions. The level of heavy metals (Cd and Pb) did not exceed the permitted limits in studied foodstuffs, but their content was varied depending on the production system.

Key words: lead, cadmium, organic products

© Probl Hig Epidemiol 2013, 94(4): 857-861

www.phie.pl

Nadesłano: 26.07.2013

Zakwalifikowano do druku: 13.11.2013

Adres do korespondencji / Address for correspondence

Dr inż. Halina Staniek
Katedra Higieny Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy
w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31, 60-624 Poznań
tel. 61 8487334, e-mail: hali@up.poznan.pl

Wprowadzenie

Człowiek jest nierozzerwalnie związany ze środowiskiem, w którym egzystuje przez wodę, powietrze i żywność. Wzrost zanieczyszczenia środowiska substancjami toksycznymi, w wyniku emisji przemysłowych, rolniczych, komunalnych i komunikacyjnych powoduje, iż te substancje dostają się również do żywności, obniżając jej jakość [1, 2].

Zanieczyszczenie, szczególnie metalami ciężkimi takimi jak, Cd i Pb, stanowią istotne zagrożenie dla

zdrowia ludzkiego. Pierwiastki te są silnie toksyczne, łatwo przenikają przez bariery biologiczne i ulegają kumulacji w narządach wewnętrznych powodując różnego rodzaju dolegliwości, działając przede wszystkim na układ nerwowy, krwiotwórczy i kostny [3, 4].

Obecnie konsumenci są coraz bardziej świadomi i poszukują żywności bezpiecznej, o wysokich walorach żywieniowych i odżywczych [2, 5, 6]. W poszukiwaniu alternatywnych metod upraw, eliminujących gromadzenie się w płodach rolnych różnych związków

toksycznych, zwrócono uwagę na rolnictwo ekologiczne [2, 5, 7]. Jakość żywności zależy nie tylko od stanu środowiska ale również od zastosowanych technologii (warunków pozyskiwania surowców oraz technologii przetwórstwa, przechowywania i dystrybucji) [2]. Z doniesień innych autorów wynika, że uprawy ekologiczne charakteryzuje wysoka jakość odżywcza i zdrowotna produktów [5, 8].

Ostatnio pojawiają się jednakże wątpliwości, czy żywność pozyskiwana metodami ekologicznymi rzeczywiście odznacza się mniejszą zawartością zanieczyszczeń, a wyższą zawartością bioaktywnych substancji prozdrowotnych [4, 9, 10]. Nie zmienia to faktu, iż istnieje uzasadniona konieczność stałego monitorowania poziomów metali ciężkich w żywności.

Cel pracy

Określenie zawartości Cd i Pb w wybranych produktach ekologicznych w porównaniu do analogicznych produktów uprawianych metodami konwencjonalnymi.

Materiał i metody

Do badań wykorzystano 24 produkty żywnościowe pochodzące z produkcji ekologicznej oraz konwencjonalnej, takie, jak: produkty zbożowe (płatki owsiane, mąka pszenna, makaron); przyprawy (pieprz czarny mielony, papryka słodka mielona); warzywa (marchew, pomidor koktajlowy, fasola biała, ziemniak); owoce (jabłko, migdały, morele suszone).

Produkty do badań zakupiono w sieci handlowej, a badania przeprowadzono w okresie od grudnia 2011 r. do lutego 2012 r. Badane produkty poddano mineralizacji w trzech równoległych powtórzeniach. Mineralizację próbek przeprowadzono w stężonym 65% HNO₃ (GR ISO, MERCK) w kolbach kwarcowych przez 2 godziny w temperaturze 110-120°C przy użyciu mineralizatora TH-2. Uzyskany analit przenoszono ilościowo do kolb miarowych z polipropylenu o objętości 50 ml za pomocą wody dejonizowanej.

Do oznaczeń zawartości Cd i Pb w badanych produktach wykorzystano metodę bezpłomieniowej spektrometrii atomowo absorpcyjnej (GF AAS) z użyciem spektrometru firmy Carl Zeiss: AAS-5EA z deuterową korekcją tła.

Uzyskane wyniki, po wyeliminowaniu błędów grubych, poddano analizie statystycznej. Obliczono średnie i odchylenia standardowe, następnie przeprowadzono weryfikację statystyczną różnic między grupami za pomocą testu t-Studenta przy poziomie istotności $p=0,05$. Wszystkie obliczenia statystyczne wykonano programu komputerowego Statistica wersja 10.0.

Wyniki i omówienie

Średnie zawartości Cd i Pb w badanych produktach nie przekraczały dopuszczalnych poziomów dla tych pierwiastków podanych w Rozporządzeniu Komisji (UE) nr 420/2011 z 2011 r. [11]. W doniesieniach wielu autorów również nie stwierdzano przekroczeń dopuszczalnych poziomów tych metali w podobnych produktach [3, 7, 8, 10].

W tabeli I przedstawiono średnie zawartości Cd i Pb wraz z odchyleniem standardowym dla produktów ekologicznych i konwencjonalnych. W przypadku badanych próbek pieprzu czarnego zawartości Cd były poniżej progu oznaczalności zastosowanej metody. W produktach zbożowych ekologicznych i konwencjonalnych, takich jak: płatki owsiane oraz mąka pszenna oznaczono zbliżone poziomy Cd. Zawartości te wyniosły odpowiednio $0,0253 \pm 0,0059$ mg/kg s.m. i $0,0225 \pm 0,0037$ mg/kg s.m. dla płatków owsianych oraz $0,0136 \pm 0,0024$ mg/kg s.m. i $0,0098 \pm 0,001$ mg/kg s.m. dla mąki pszennej. Stwierdzono także, iż makaron ekologiczny zawierał znacznie więcej Cd (o 2200%) ($0,0115 \pm 0,0005$ mg/kg s.m.) w porównaniu do produktu konwencjonalnego ($0,0005 \pm 0,0000$ mg/kg s.m.). Kot i wsp. [7] natomiast nie stwierdzili różnic w zawartości Cd w makaronach ekologicznych (0,018 mg/kg) i konwencjonalnych (0,029 mg/kg). Z badań Orzeł i Styczyńskiej [3] wynika, że poziom Cd w płatkach kukurydzianych i pszennych mieścił się w zakresie od 0,007 do 0,021 mg/kg.

W odniesieniu do badanych warzyw zanotowano, że ekologiczna marchew, pomidor koktajlowy oraz fasola biała zawierały istotnie więcej Cd, odpowiednio o: 1409%, 869% i 76% niż z upraw konwencjonalnych. Średni poziom tego pierwiastka w ekologicznej i konwencjonalnej marchwi wynosił odpowiednio: $0,0347 \pm 0,0043$ mg/kg s.m. oraz $0,0023 \pm 0,0002$ mg/kg s.m., dla pomidorów koktajlowych: $0,0833 \pm 0,077$ mg/kg s.m. i $0,0086 \pm 0,0010$ mg/kg s.m., fasoli białej $0,030 \pm 0,002$ mg/kg s.m. oraz $0,017 \pm 0,020$ mg/kg s.m. Ziemniaki z uprawy ekologicznej natomiast charakteryzowały o 73% niższą zawartością Cd ($0,0043 \pm 0,0007$ mg/kg s.m.) w porównaniu do konwencjonalnej ($0,0157 \pm 0,0019$ mg/kg s.m.). Śmiechowska i Florek [10] stwierdziły podobne do uzyskanych w niniejszej pracy zawartości Cd w ziemniakach ekologicznych (0,010 mg/kg) i konwencjonalnych (0,015 mg/kg). Natomiast w marchwi ekologicznej autorki zanotowały niższe poziomy Cd (0,010 mg/kg) niż marchwi konwencjonalnej (0,041 mg/kg) [10].

W przypadku badanych owoców wykazano znacznie wyższą ilość Cd w ekologicznych jabłkach (o 969%) oraz migdałach (o 67%) niż w analogicznych produktach konwencjonalnych. Średnia zawartość tego pierwiastka w jabłkach wyniosła odpowiednio:

0,0139±0,0025 mg/kg s.m. oraz 0,0013±0,0001 mg/kg s.m., a w migdałach: 0,0130±0,0190 mg/kg s.m. i 0,0078±0,0001 mg/kg s.m. Ekologiczne oraz konwencjonalne morele suszone zawierały natomiast zbliżone ilości tego pierwiastka (0,0633±0,0103 mg/kg s.m.; 0,0569±0,0050 mg/kg s.m.). Z badań przeprowadzonych przez Bartodziejską i wsp. [12] wynika, że zawartości Cd w owocach (truskawka, śliwka, wiśnia, czarna porzeczka, czarna jagoda, jabłko antonówka) pochodzących z samodzielnej produkcji rolnej z regionu łódzkiego mieściły się w zakresie od 0,002 mg/kg do 0,018 mg/kg świeżej masy, przy czym największe ilości Cd kumulowały truskawki [12].

Nie stwierdzono różnic w zawartości Cd w papryce czerwonej ekologicznej i konwencjonalnej (0,0172±0,0023 mg/kg s.m. vs. 0,0146±0,0011 mg/kg s.m.). Z doniesień Krejpcio i wsp. [13] wynika, że poziomy tego pierwiastka w przyprawach mieściły się w zakresie od 0,020-0,100 mg/kg s.m. w słodkiej i ostrej papryce oraz 0,010-0,070 mg/kg s.m. w czarnym ziarnistym pieprzu.

Zawartości Pb w badanych próbkach takich produktów, jak: mąka pszenna, makaron, jabłko, marchew, pomidor niezależnie od systemu produkcji były bardzo niskie i mieściły się poniżej czułości zastosowanej metody <0,0005 mg/kg s.m. (tabela I).

Stwierdzono, że płatki owsiane ekologiczne oraz konwencjonalne charakteryzowały się zbliżoną zawartością Pb (0,132±0,026 mg/kg s.m. vs. 0,131±0,022 mg/kg s.m.). W badaniach Kota i wsp.

[8] w płatkach owsianych uzyskano niższe poziomy Pb (0,096mg/kg) do uzyskanych w niniejszej pracy. Natomiast z badań Orzeł i Styczyńskiej [3] wynika, że średnie zawartości Pb w płatkach kukurydzianych i pszennych mieściły się w zakresie od 0,028 do 0,082 mg/kg. Kot i wsp. [8] zanotowali, że mąka pszenna zawierała od 0,032 mg/kg do 0,097 mg/kg, a makarony od 0,030 mg/kg do 0,060 mg/kg tego pierwiastka. W innych badaniach tych autorów stwierdzono, że makaron ekologiczny nie różnił się poziomami Pb (0,055 mg/kg) w porównaniu do konwencjonalnych makaronów krajowych (0,034-0,058 mg/kg) [7].

Wykazano, że ekologiczna fasola biała oraz ziemniaki charakteryzowały się znacznie niższymi poziomami Pb, odpowiednio o: 17% i 99%, w odniesieniu do uprawianych konwencjonalnie. Zawartość tego pierwiastka w ekologicznej i konwencjonalnej fasoli białej wyniosła odpowiednio: 0,278±0,035 mg/kg s.m. oraz 0,334±0,015 mg/kg s.m, a w ziemniakach 0,0013±0,0001 mg/kg s.m. i 0,2395±0,0303 mg/kg s.m. Z badań Śmiechowskiej i Florek [10] wynika, że zawartość Pb w warzywach (marchew, pietruszka, ziemniak) z uprawy ekologicznej była wyższa niż konwencjonalnej oraz działkowej i mieściła się w zakresie od 0,007 do 0,008 mg/kg świeżej masy [10]. Rembiałkowska [14] nie wykazała różnic w poziomie Pb w ziemniakach z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej, natomiast stwierdziła, że marchew ekologiczna zawierała mniej Pb (0,015 mg/kg św. m.) niż

Tabela I. Zawartość Cd i Pb w produktach ekologicznych w porównaniu do konwencjonalnych
Table I. The Cd and Pb content in organic produce as compared to conventional

Produkt /Product	Zawartość Cd (mg/kg s.m.) /Cd content (mg/kg d.m)		Istność różnic	Zawartość Pb (mg/kg s.m.) /Pb content (mg/kg d.m)		Istność różnic
	Ekologiczny średnia±SD	Konwencjonalny średnia±SD		Ekologiczny średnia±SD	Konwencjonalny średnia±SD	
Produkty zbożowe /Cereal products						
Płatki owsiane	0,0253±0,0059	0,0225±0,0037	NS	0,132±0,026	0,131±0,022	NS
Mąka pszenna	0,0136±0,0024	0,0098±0,0011	NS	-	-	-
Makarony	0,0115±0,0005	0,0005±0,0000	p<0,001	-	-	-
Warzywa /Vegetables						
Marchew	0,0347±0,0043	0,0023±0,0002	p<0,001	-	-	-
Pomidor koktajlowy	0,0833±0,0770	0,0086±0,0010	p<0,001	-	-	-
Fasola biała	0,0300±0,0020	0,0170±0,0200	p<0,001	0,278±0,035	0,344±0,015	p<0,05
Ziemniak	0,0043±0,0007	0,0157±0,0019	p<0,001	0,001±0,000	0,240±0,030	p<0,001
Owoce /Fruits						
Jabłko	0,0139±0,0025	0,0013±0,0001	p<0,001	-	-	-
Migdały	0,0130±0,0190	0,0078±0,0008	p<0,05	0,125±0,014	0,075±0,008	p<0,01
Morele	0,0633±0,0103	0,0569±0,0050	NS	0,289±0,038	0,596±0,011	p<0,05
Przyprawy /Spices						
Papryka czerwona	0,0172±0,0023	0,0146±0,0011	NS	0,330±0,011	0,377±0,020	p<0,05
Pieprz czarny	-	-	-	0,209±0,007	0,044±0,008	p<0,001

NS – różnice nieistotne statystycznie przy p < 0,05 /differences statistically non-significant at p < 0.05

konwencjonalnie uprawiana (0,025 mg/kg św. m.). W ziemniakach i marchwi z upraw ekologicznych pochodzących z rynku greckiego stwierdzono niższy poziom Pb w odniesieniu do upraw konwencjonalnych [15], jednakże wartości te były około 100-krotnie wyższe od uzyskiwanych przez polskich badaczy. W badaniach Kota i wsp. [8] oraz Bednarka i wsp. [16] wykazano, że poziom Pb w ziemniakach z regionu lubelskiego kształtował się od 0,027 do 0,068 mg/kg [8, 16]. Z innych doniesień wynika, że ziemniaki różnych odmian Pb kumulowały się w zakresie 0,04-0,15 mg/kg św.m. [17]. Z kolei zawartość tego pierwiastka w próbkach ziemniaków pochodzących z rejonu legnicko-głogowskiego wynosiła 0,011 mg/kg, w marchwi 0,046 mg/kg, a pomidorach 0,016 mg/kg [18]. Dla porównania poziom Pb w ziemniakach z regionu zgorzelecko-bogatyńskiego mieścił się w zakresie 1,696-1,810 mg/kg s.m. [19].

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że migdały z produkcji ekologicznej charakteryzowały się znamienne większą zawartością Pb o 67% w porównaniu do produktu konwencjonalnego (0,125±0,014 mg/kg s.m. vs. 0,075±0,008 mg/kg s.m.). Jednakże ekologiczne morele kumulowały niższy poziom tego pierwiastka o 52% (0,289±0,038 mg/kg s.m.) w porównaniu do konwencjonalnych (0,596±0,011 mg/kg s.m.). Z badań przeprowadzonych w latach 2008-2009 przez Bartodziejską i wsp. [12] wynika, iż owoce zawierały Pb od wartości poniżej 0,020 do 0,030 mg/kg. W jabłkach z rejonu legnicko-głogowskiego natomiast, stwierdzono zawartość Pb na poziomie 0,033 mg/kg [18].

W ramach niniejszej pracy wykazano, iż średnia zawartość Pb w ekologicznym pieprzu czarnym była większa o 375% (0,209±0,007 mg/kg s.m.) niż kon-

wencjonalnym (0,044±0,008 mg/kg s.m.). W ekologicznej papryce czerwonej odwrotnie stwierdzono niższy o 12% poziom tego pierwiastka w odniesieniu do produktu konwencjonalnego (0,330±0,01 mg/kg s.m. vs. 0,377±0,020 mg/kg s.m.). Przyprawy takie, jak: majeranek, pieprz czarny, papryka, kolendra i kminek uważa się za jedne z najbardziej zanieczyszczonych produktów [20]. W badaniach Krejpcio i wsp. [13] stwierdzono, podobne zawartości Pb w papryce słodkiej (0,31 mg/kg s.m.), papryce ostrej (0,039 mg/kg s.m.) oraz czarnym pieprzu (0,32 mg/kg s.m.). W przyprawach i ziołach stwierdza się często duże ilości metali ciężkich, w tym także Pb. Blacharska i wsp. [21] podają, że rośliny zielarskie zawierają od 0,12 do 2,23 mg/kg Pb.

Wnioski

1. Zawartości Pb i Cd w badanych ekologicznych i konwencjonalnych produktach nie przekraczały dopuszczalnych poziomów.
2. Zawartości Cd w ekologicznych produktach zbożowych (makaron), warzywach (marchew, pomidor, fasola) oraz owocach (jabłko, migdały) były wyższe niż w analogicznych produktach z upraw konwencjonalnych. Ekologiczne ziemniaki natomiast zawierały niższe ilości Cd w porównaniu do produktów tradycyjnych.
3. Zawartości Pb w ekologicznych warzywach (ziemniak, fasola biała), owocach (suszone morele) oraz przyprawach (papryka czerwona), z wyjątkiem pieprzu czarnego i migdałów były niższe w porównaniu do upraw konwencjonalnych. Płatki owsiane zawierały zbliżone ilości Pb nie zależnie od systemu produkcji.

Piśmiennictwo / References

1. Brzóska M. Wpływ skażeń środowiska na jakość produktów spożywczych: rola produkcji ekologicznej w poprawie zdrowia społeczeństwa. Fundacja Życie w Zdrowiu, Białystok 2001.
2. Śmiechowska M. Jakość żywności ekologicznej w aspekcie jakości życia. Żyw Czł Metab 2007, XXXIV, 1/2: 313-320.
3. Orzeł D, Styczyńska M. Ocena zawartości ołowiu i kadmu w płatkach śniadaniowych dostępnych w handlu. Bromat Chem Toksykol 2008, 1: 41-45.
4. Rembiałkowska E, Hallmann E. Wpływ metody uprawy ekologicznej i konwencjonalnej na wybrane parametry wartości odżywczej marchwi (*Daucus carota*). Żyw Czł Metab 2007, XXXIV, 1/2: 550-556.
5. Malinowska K, Schleger-Zawadzka M. Żywność ekologiczna – nowy trend czy świadomy wybór przez młodych ludzi z Tarnowa. Żyw Czł Metab 2007, XXXIV, 1/2: 163-169.
6. Łuczka-Bakuła W, Smoluk J. The perception of Polish organic food consumer. Beitrage zur 8. Wissenschaftstagung Okologischer Landbau, Ende der Nische, Kassel University, Kassel 2005.
7. Kot A, Zaręba S, Wyszogrodzka-Koma L, Staszowska M. Ocena skażenia kadmem i ołowiem makaronów. Bromat Chem Toksykol 2011, XLIV, 4: 1065-1072.
8. Kot A, Zaręba S, Wyszogrodzka-Koma L. Ocena skażenia ołowiem zbóż, przetworów zbożowych i ziemniaków z regionu lubelskiego. Żywn Nauk Technol Jakość 2009, 4(65): 86-91.
9. Hallmann E, Rembiałkowska E. Zawartość związków bioaktywnych w owocach papryki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. Żyw Czł Metab 2007, XXXIV, 1/2: 538-543.

10. Śmiechowska M, Florek A. Content of heavy metals in selected vegetables from conventional, organic and allotment cultivation. *J Res App Agricul Enginer* 2011, 56(4): 152-156.
11. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 420/2011 z dnia 29 kwietnia 2011 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych.
12. Bartodziejska B, Gajewska M, Czajkowska A. Oznaczanie poziomu zanieczyszczeń metalami ciężkimi żywności pochodzącej z samodzielnej produkcji rolnej techniką spektrometrii absorpcji atomowej. *Ochr Środ Zasob Natural* 2010, 43: 38-44.
13. Krejpcio Z, Król E, Sionkowski S. Evaluation of heavy metals contents in spices and herbs available on the Polish market. *Pol J Environ Stud* 2007, 16, 1: 97-100.
14. Rembiałkowska E. Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków oraz wybranych warzyw z gospodarstw ekologicznych. SGGW, Warszawa 2000.
15. Karavoltsos S, et al. Cadmium and lead in organically produced foodstuffs from the Greek market. *Food Chem* 2008, 106, 843-851.
16. Bednarek W, Tkaczyk P, Dresler S. Zawartość metali ciężkich jako kryterium jakości bulw ziemniaka. *Ann UMCS Sec E* 2006, 61: 121-131.
17. Marks N. Zawartość azotanów, azotynów, metali ciężkich w bulwach ziemniaka w zależności od długości przechowywania. *Inż Rol* 2009, 1(11), 183-186.
18. Orzeł D i wsp. Ocena zanieczyszczenia ołowiem produktów roślinnych z regionu legnicko-głogowskiego. *Bromat Chem Toksykol* 2010, 1, 79-85.
19. Kucharczak E, Moryl A. Zawartości metali w roślinach uprawnych pochodzących z regionu zgorzelecko-bogatyńskiego. Cz. I. Ołów, kadm, aluminium. *Ochr Środ Zasob Natural* 2010, 42: 52-61.
20. Schweiggert U, Carle R, Schieber A. Conventional and alternative process for spices production – review. *Trends Food Sci Technol* 2007, 18: 260-268.
21. Blacharska E, Kocjan R, Świeboda R. Oznaczenie żelaza, niklu, kadmu i ołowiu w niektórych roślinach zielarskich. *Brom Chem Toksykol* 2008, 2: 105-110.