

CONTENT OF HEAVY METALS IN SELECTED VEGETABLES FROM CONVENTIONAL, ORGANIC AND ALLOTMENT CULTIVATION

Summary

The paper presents results of the content of heavy metals (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) in carrot, parsley and potatoes from conventional, organic and allotment cultivation. The study was conducted in 2010. The results indicate that the content of cadmium and lead did not exceed the permitted levels specified by the Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 and the Commission Regulation (EC) No 629/2008 of 2 July 2008. The content of other elements did not exceed recommendations stated by FAO/WHO Expert Committee. On the basis of the obtained results it can be concluded that the kind of cultivation did not influence the content of heavy metals in examined vegetable samples. Low level of heavy metals in vegetables from conventional cultivation and allotments may result from the fact that these plots were located neither in the neighbourhood of industrial plants, nor in the vicinity of congested roads and regions of intensive animal breeding, where manure soil contamination could be possible. It cannot be excluded that also the recent economic crisis could influence the low level of heavy metals in vegetables, because in conventional and allotment cultivation less fertilizers and crop protection chemicals were used.

ZAWARTOŚĆ METALI CIĘŻKICH W WYBRANYCH WARZYWACH Z UPRAWY KONWENCJONALNEJ, EKOLOGICZNEJ I DZIAŁKOWEJ

Streszczenie

Artykuł prezentuje wyniki zawartości metali ciężkich (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) w marchwi, pietruszce i ziemniakach z uprawy ekologicznej, konwencjonalnej i działkowej. Badania przeprowadzono w 2010 r. Wyniki badań wskazują, że zawartość kadmu i ołowiu mieściła się na poziomie określonym Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. oraz Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 629/2008 z dnia 2 lipca 2008 r. Zawartość pozostałych pierwiastków uwzględniając spożycie warzyw nie zagrażała zaleceniom stawianym przez Komitet Ekspertów FAO/WHO. Na podstawie wyników badań uzyskanych w niniejszej pracy można wnioskować, że sposób uprawy nie miał wpływu na zawartość metali ciężkich w badanych próbkach warzyw. Niski poziom metali ciężkich w warzywach z uprawy konwencjonalnej i z ogródków działkowych może wynikać z faktu, że uprawy te nie sąsiadowały z zakładami przemysłowymi, nie znajdowały się również w pobliżu ruchliwych dróg i rejonów dużej aktywności hodowlanej, gdzie mogłoby istnieć zagrożenie skażenia gleby gnojowicą. Nie można wykluczyć, że również kryzys gospodarczy mógł przyczynić się do niskiej zawartości metali ciężkich w warzywach, ponieważ w uprawie konwencjonalnej i działkowej stosowano mniej nawozów mineralnych i środków ochrony roślin.

1. Wprowadzenie

Zawartość składników mineralnych w warzywach zależy od wielu czynników takich jak: tło geochemiczne (naturalna zawartość pierwiastków w środowisku naturalnym), oraz ich poziomu w nawozach mineralnych i dawek nawozów [1]. Ostatnio coraz częściej zwraca się uwagę na wpływ techniki, technologii i uprzemysłowienia na zawartość metali w warzywach. Zwiększoną zawartość niektórych pierwiastków stwierdza się szczególnie w warzywach uprawianych w sąsiedztwie zakładów przemysłowych, jak również w uprawach zagrożonych ściekami komunalnymi i rolniczymi. Może więc dochodzić do zaburzenia właściwych proporcji pierwiastków, co z kolei istotnie wpływa na ich biodostępność oraz na interakcje ze składnikami żywności, jak i innymi metalami.

Z drugiej strony coraz bardziej świadomi konsumenci poszukują żywności bezpiecznej, o wysokich walorach żywieniowych i odżywczych. Mają oni jednak wątpliwości czy rzeczywiście żywność pozyskiwana metodami ekologicznymi odznacza się mniejszą zawartością zanieczyszczeń, a wyższą zawartością substancji bioaktywnych prozdrowotnych. Wątpliwości te

wydają się uzasadnione w sytuacji, kiedy żywność ekologiczna jest droższa od żywności konwencjonalnej.

W poszukiwaniu alternatywnych metod upraw, eliminujących gromadzenie się w płodach rolnych różnych związków toksycznych, zwrócono uwagę na rolnictwo ekologiczne [2, 3]. Zgodnie z dobrą praktyką rolniczą przestrzeganie zasad ekologicznej uprawy gwarantuje wysoką jakość produktów, co wykazano we wcześniejszych badaniach [4, 5].

Głównym celem badań było określenie zawartości wybranych metali ciężkich (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) w wybranych warzywach (marchew, pietruszka, ziemniaki) z upraw ekologicznych, konwencjonalnych i z ogródków działkowych. Dodatkowym celem była próba określenia czy mieszkańcy Trójmiasta, spożywający warzywa pochodzące z różnych systemów upraw, są narażeni na zwiększoną zawartość metali ciężkich w diecie.

2. Metody i metodyka badań

Warzywa do badań zakupiono w specjalistycznym sklepie z żywnością ekologiczną na terenie Trójmiasta. Warzywa konwencjonalne zostały zakupione w supermarkecie

dużej sieci handlowej i pochodziły z terenu Polski Północnej. Działka, na której uprawiano warzywa znajdowała się na obrzeżach Trójmiasta. Warzywa ekologiczne pochodziły z produkcji w polskim gospodarstwie ekologicznym certyfikowanym przez polską akredytowaną jednostkę certyfikującą, która była wpisana na listę Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi. Badania przeprowadzono we wrześniu 2010 r.

Próbki warzyw zostały poddane mineralizacji mikrofalowej ze stężonym kwasem azotowym przeznaczonym do analizy śladowej w naczyniach teflonowych w ciśnieniowym mineralizatorze mikrofalowym Ertec Magnum I [6].

Zawartość pierwiastków metali ciężkich oznaczono przy użyciu spektrometru emisji atomowej z plazmą sprzężoną indukcyjnie ICP-OES, na aparacie Thermo Scientific ICAP 6500 [7]. Dla sprawdzenia precyzji i dokładności oznaczeń wykorzystano certyfikowany materiał roślinny o znanych stężeniach pierwiastków. Oznaczenia wykonano w dwóch powtórzeniach.

W celu obliczenia zawartości metali w próbkach warzyw sporządzono krzywe kalibracyjne wykorzystując do tego wzorce badanych metali ciężkich firmy Merck.

3. Wyniki badań i dyskusja

W tab. 2 przedstawiono zawartości arsenu, kadmu, chromu, miedzi, żelaza, niklu, ołowiu i cynku w badanych próbkach warzyw, czyli marchwi, pietruszce i ziemniaku.

We wszystkich badanych próbkach warzyw, niezależnie od metody uprawy, stwierdzono poniżej 0,09 mg/kg świeżej masy arsenu. Warzywa nie są znaczącym źródłem arsenu. Z większości badań wynika, że najwięcej arsenu do diety człowieka wnoszą ryby i ich przetwory, a także owoce morza. Według Raportu ekspertów SCOOP 3.2.11, pobranie arsenu z tą grupą produktów spożywczych wynosi 50% dziennego pobrania [8]. Bednarek i in. [9] stwierdzili przeciętną zawartość

arsenu w ziemniakach na poziomie 0,002 mg/kg św. m. Grajeta i in. [10] w warzywach pochodzących z upraw w rejonach uprzemysłowionych z okolic Złotego Stoku stwierdzili obecność arsenu w marchwi w zakresie od 0,0034 do 0,0351 mg/kg. W warzywach uprawianych w rejonie oddziaływania huty miedzi Głogów stwierdzono obecność arsenu w ziemniakach na poziomie $0,021 \pm 0,020$ mg/kg, w marchwi $0,019 \pm 0,010$ mg/kg, a w korzeniu pietruszki $0,016 \pm 0,009$ mg/kg [11]. Toksyczność arsenu zależy od formy tego pierwiastka. O wiele bardziej toksyczne są połączenia nieorganiczne As (III) i As (V). Rozporządzenie Ministra Zdrowia z 13 stycznia 2003 r. określa maksymalną pozostałość arsenu w warzywach na 0,20 mg/kg św.m. [12]. Tymczasowe Tolerowane Tygodniowe Pobranie (PTWI – *Provisional Tolerable Weekly Intake*) arsenu dla człowieka wynoszą 0,025 mg/tydzień/kg masy ciała [13]. Na podstawie przeprowadzonych badań poziom arsenu w badanych próbkach marchwi, ziemniakach i korzeniu pietruszki niezależnie od prowadzonego systemu uprawy warzyw można uznać za bezpieczny.

Zawartość kadmu w badanych próbkach warzyw była zróżnicowana. Najmniej kadmu zawierała pietruszka z uprawy działkowej (poniżej 0,005 mg/kg św.m.), a najwięcej marchew z uprawy konwencjonalnej (0,041 mg/kg św.m.) (tab. 2).

Kadm należy do bardzo toksycznych pierwiastków, kumulujących się w organizmie, działających przede wszystkim na układ nerwowy i kostny. Największy udział w pobraniu kadmu z dietą mają zboża, produkty zbożowe, warzywa i ziemniaki [14]. Na zawartość kadmu w produktach pochodzenia roślinnego w największym stopniu wpływa jego ilość w glebie i w wodzie. Kadm przedostaje się bowiem do wód głównie pod wpływem czynników antropogenicznych, w tym ścieków komunalnych. Natomiast głównym źródłem kadmu w glebach są nawozy fosforowe, które mogą niekiedy zawierać dość znaczne ilości tego pierwiastka [15].

Tab. 1. Granica oznaczalności metali ciężkich [mg/dm³]
Table 1. Limit of quantitation (LOQ) of heavy metals [ppm]

| As | Cd | Cr | Cu | Fe | Ni | Pb | Zn |
|------|-------|------|------|------|------|------|-------|
| 0,09 | 0,005 | 0,02 | 0,02 | 0,66 | 0,01 | 0,06 | 0,004 |

Tab. 2. Zawartość metali ciężkich w warzywach [mg/dm³]
Table 2. The content of heavy metals in vegetables [mg/dm³]

| Rodzaj uprawy <i>Kind of cultivation</i> | | As | Cd | Cr | Cu | Fe | Ni | Pb | Zn |
|--|-----------------------------------|-------|--------|-------|------|------|-------|-------|-------|
| Uprawa konwencjonalna <i>Conventional cultivation</i> | Marchew <i>Carrot</i> | <0,09 | 0,041 | <0,02 | 0,57 | 1,56 | 0,06 | 0,07 | 1,64 |
| | Pietruszka <i>Parsley root</i> | <0,09 | 0,028 | <0,02 | 1,53 | 6,18 | 0,24 | <0,06 | 2,78 |
| | Ziemniak <i>Potato</i> | <0,09 | 0,015 | <0,02 | 0,56 | 2,36 | <0,01 | <0,06 | 2,09 |
| Uprawa ekologiczna <i>Organic cultivation</i> | Marchew <i>Carrot</i> | <0,09 | 0,010 | <0,02 | 0,21 | 1,84 | <0,01 | 0,08 | 0,894 |
| | Pietruszka <i>Parsley root</i> | <0,09 | 0,009 | <0,02 | 0,08 | 3,56 | <0,01 | 0,07 | 2,71 |
| | Ziemniak <i>Potato</i> | <0,09 | 0,010 | <0,02 | 0,27 | 3,30 | <0,01 | 0,07 | 2,24 |
| Uprawa działkowa <i>Allotment cultivation</i> | Marchew <i>Carrot</i> | <0,09 | 0,015 | <0,02 | 0,52 | 2,36 | <0,01 | <0,06 | 2,82 |
| | Pietruszka <i>Parsley root</i> | <0,09 | <0,005 | <0,02 | 0,54 | 3,46 | <0,01 | <0,06 | 2,14 |
| | Ziemniak <i>Potato</i> | - | - | - | - | - | - | - | - |

We wcześniejszych badaniach stwierdzono dwukrotnie wyższą zawartość kadmu w ziemniakach i trzykrotnie wyższą w pietruszce z upraw ekologicznych [5]. Spadek zawartości kadmu w warzywach korzeniowych uzyskano prawdopodobnie dzięki zastosowanemu w gospodarstwie ekologicznym zabiegowi wapnowania gleby. Uzyskane wyniki z badań wykazują dodatnią korelację pomiędzy zabiegiem wapnowania gleby a obniżeniem zawartości metali ciężkich w roślinach uprawnych [16].

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Komisji WE Nr 1881/2006 oraz Rozporządzenia Komisji WE Nr 629/2008 dopuszczalny poziom kadmu w warzywach korzeniowych i ziemniakach wynosi 0,1 mg/kg św.m. [17, 18]. Z danych monitoringu prowadzonego w Polsce w latach 2004-2008 wynika, że zawartość kadmu w warzywach korzeniowych wynosiła średnio 0,032 mg/kg św.m. [19]. W opinii opublikowanej przez Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności (EFSA) podano, że istnieje potrzeba obniżenia wartości tolerowanego tygodniowego pobrania (TWI) kadmu do 2,5 µg/kg masy ciała z uwagi na zagrożenie dla zdrowia kadmem zawartym w środkach spożywczych. Dotychczasowe zalecenia Komitetu Ekspertów FAO/WHO określały tymczasowe tolerowane tygodniowe pobranie (PTWI) kadmu na 7 µg/kg masy ciała [20].

Zawartość chromu w badanych warzywach z upraw ekologicznych, dodano, konwencjonalnej i działkowej była niższa od 0,02 mg/kg św.m. W Polsce ukazały się nieliczne publikacje dotyczące zawartości chromu w produktach spożywczych. Kabata-Pendias i Pendias [1] podali, że zawartość chromu w ziemniakach wynosiła 0,04 mg/kg św.m., marchwi 0,05 mg/kg św.m., a korzeniu pietruszki 0,08 mg/kg św.m. Z kolei zawartość chromu w ziemniakach uprawianych na terenach przemysłowych wynosiła od 0,26 do 0,78 mg/kg s.m. [21]. Pomimo że chrom jest pierwiastkiem niezbędnym do prawidłowego funkcjonowania organizmu, gdyż bierze udział między innymi w przemianie glukozy, to uważa się, iż nadmierna zawartość chromu może być szkodliwa dla zdrowia.

W przeprowadzonych badaniach nad zawartością metali ciężkich w warzywach stwierdzono, że zawartość miedzi była zróżnicowana i zależała od sposobu uprawy (tab. 2). Najwięcej miedzi zawierały warzywa z uprawy konwencjonalnej: 0,056 i 0,57 mg/kg św.m w ziemniakach i marchwi oraz 1,53 mg/kg św.m. w pietruszce. Najniższą zawartość miedzi stwierdzono w warzywach uprawy ekologicznej i wynosiła ona 0,21 i 0,27 mg/kg św.m. w marchwi i ziemniakach oraz 0,08 mg/kg św.m. w pietruszce. Marchew i pietruszka z upraw działkowych zawierały odpowiednio 0,52 i 0,54 mg/kg św.m. Z innych danych wynika, że zawartość miedzi w roślinach jest zróżnicowana i zależy od wielu czynników [1]. Bednarek i in. [9] oznaczyli w ziemniakach miedź w zakresie od 0,363 do 0,912 mg/kg św.m., a Orzeł i in. [22] wykazali, że zawartość miedzi w warzywach uprawianych w rejonie legnicko-głogowskim wynosiła w ziemniakach $1,51 \pm 0,41$ mg/kg, w marchwi $0,51 \pm 0,19$ mg/kg św.m. oraz w korzeniu pietruszki $1,94 \pm 0,88$ mg/kg św.m. Na zawartość miedzi w roślinach wpływa odczyn gleby, a ruchliwość miedzi w glebie rośnie dopiero przy pH < 5,0. Natomiast wapnowanie gleby obniża akumulację miedzi [23]. Kucharczyk i Moryl [24] w przeprowadzonych doświadczeniach polowych, wykazali, że miedź gromadziła się głównie w korzeniach roślin.

Badania zawartości żelaza w warzywach z uprawy ekologicznej, konwencjonalnej i działkowej wykazały, że naj-

więcej tego pierwiastka zawierała marchew z uprawy działkowej (2,36 mg/kg św.m.), a z uprawy ekologicznej 1,84 mg/kg św.m., zaś marchew z uprawy konwencjonalnej – 1,56 mg/kg św.m. Największą zawartość żelaza stwierdzono w korzeniu pietruszki z uprawy konwencjonalnej, która wyniosła 6,18 mg/kg św.m. W dalszych badaniach stwierdzono, że zawartość tego pierwiastka w korzeniu pietruszki z uprawy ekologicznej i z ogródka działkowego pozostawała na zbliżonym poziomie i wynosiła odpowiednio 3,56 i 3,46 mg/kg św.m. (tab. 2). Szteke i in. [25] w ziemniakach ze zbiorów w latach 2001-2003 stwierdzili obecność żelaza na poziomie $3,77 \pm 0,87$ mg/kg, a w marchwi $3,55 \pm 1,50$ mg/kg. Petryk i Bedla oznaczyli w mięszu ziemniaka żelazo na poziomie 33,46 mg/kg s.m. [21].

Żelazo pełni ważną rolę w organizmach żywych. Znaczenie tego pierwiastka dla organizmu człowieka związana jest z jego rolą w procesie krwiotwórczym i budowaniem odporności organizmu. Niemal 2/3 ilości żelaza w organizmie znajduje się w hemoglobinie. Warzywa są źródłem żelaza w postaci niehemowej [26]. Ponadto zawartość żelaza w roślinach w czasie wegetacji w poszczególnych częściach i organach rośliny jest zmienia [1].

Zawartość niklu w badanych warzywach kształtowała się poniżej progu oznaczalności wynoszącego 0,01 mg/kg. Jedynie w marchwi z uprawy konwencjonalnej stwierdzono obecność niklu na poziomie 0,06 mg/kg, a w korzeniu pietruszki 0,24 mg/kg (tab. 2). Z kolei Bednarek i in. [9] stwierdzili w bulwach ziemniaka zawartość niklu w zakresie od 0,115 do 0,226 mg/kg św.m. Z badań Nowak i Wojtasik [27] wynika, że zawartość niklu w marchwi zależała od odczynu i składu granulometrycznego gleby. Zdania na temat roli i znaczenia niklu w organizmie człowieka są podzielone. Z niektórych doniesień wynika, że nikiel, podobnie jak kadm i ołów, należy do pierwiastków zbędnych, a ponadto niektóre połączenia niklu zostały uznane za rakotwórcze [28]. Inne opracowania wskazują na fizjologiczną rolę niklu, polegającą na aktywacji niektórych enzymów, zwiększeniu aktywności hormonalnej, stabilizacji struktur kwasów nukleinowych, a także udziale w metabolizmie lipidów. Negatywne opinie na temat niklu dotyczą alergizującego działania, częściej występującego u kobiet, związanego z dodatkiem niklu do stopów srebra i złota do wyrobu biżuterii, a także wykorzystywanego jako katalizator w reakcjach uwodornienia tłuszczów jadalnych. Całkowite wyeliminowanie niklu z diety wydaje się być niemożliwe [29]. Najszuszniejsze byłoby zapobieganie przedostawaniu się niklu jako zanieczyszczenia do wody, gleby i powietrza, co zmniejszyłoby ryzyko występowania nadwrażliwości w postaci atopowego zapalenia skóry i kontaktowej alergii u osób zawodowo narażonych na nikiel, a także rakotwórczości [30, 31].

Zawartość ołowiu w warzywach z upraw konwencjonalnych i ogródków działkowych oznaczona w przeprowadzonych badaniach kształtowała się – za wyjątkiem marchwi z uprawy konwencjonalnej – poniżej progu oznaczalności (<0,06 mg/kg). W warzywach z uprawy ekologicznej zawartość ołowiu kształtowała się w zakresie od 0,007 do 0,008 mg/kg, a w marchwi z uprawy konwencjonalnej 0,07 mg/kg (tab. 2). Bednarek i in. [9] oznaczyli ołów w bulwach ziemniaka uprawianego na Lubelszczyźnie na poziomie od 0,028 do 0,063 mg/kg. Zbliżone wyniki zawartości ołowiu wykazała Bartodziejska i in. [32] w marchwi z samodzielnej produkcji rolnej. Rozporządzenie Ministra Zdrowia [33] reguluje wymagania, jakie powinni speł-

niać rolnicy, którzy chcą sprzedawać własne wyroby. Badania Marksa [34] wykazały, że ziemniaki czterech odmian kumulowały ołów w zakresie od 0,04 do 0,15 mg/kg św.m. Rembiałkowska [35] stwierdziła, że ziemniaki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej zawierały zbliżoną zawartość ołowiu wynoszącą 0,013±0,004 i 0,013±0,003 mg/kg św.m. Natomiast badana marchew z uprawy ekologicznej zakupiona w sklepie zawierała 0,015±0,009 mg/kg św.m., a z uprawy konwencjonalnej – 0,025±0,011 mg/kg św.m. Śmiechowska [5] stwierdziła w warzywach pochodzących z upraw ekologicznych i konwencjonalnych odpowiednio: w marchwi 0,011±0,009 i 0,006±0,001 mg/kg św.m., ziemniakach 0,024±0,045 i 0,046±0,060 mg/kg św.m. oraz w korzeniu pietruszki 0,033±0,020 i 0,048±0,005 mg/kg św.m. Zawartość ołowiu w czterech odmianach ziemniaków z regionu województwa lubelskiego wyniosła od 0,023±0,005 mg/kg do 0,032±0,008 mg/kg [36]. W ziemniakach z regionu legnicko-głogowskiego oznaczono ołów na poziomie od 0,004 do 0,007 mg/kg, w marchwi 0,046±0,027 mg/kg, a w korzeniu pietruszki 0,097±0,066 mg/kg [37]. W warzywach z upraw ekologicznych z Grecji stwierdzono w ziemniakach 11,8±2,8, a w marchwi 27,9±10,3 mg/kg s.m. Z kolei warzywa z upraw konwencjonalnych z rynku greckiego zawierały w ziemniakach 15,6±2,7, a marchew 29,3±5,9 mg/kg s.m. [38]. Dotychczasowe badania nie wykazały, aby ołów pełnił jakiegokolwiek niezbędne funkcje w organizmach żywych. Przeciwnie, ołów działając synergistycznie z kadmem powoduje szereg schorzeń i jest szczególnie toksyczny dla małych dzieci. W związku z działaniami zmierzającymi do zmniejszenia zawartości ołowiu w środowisku należy sądzić, że zawartość ołowiu w warzywach również powoli będzie się obniżać. Rozporządzenie Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. oraz Rozporządzenie Komisji (WE) nr 629/2008 z dnia 2 lipca 2008 r., ustala najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych. Rozporządzenie to ustala maksymalny poziom zanieczyszczeń ołowiem dla warzyw korzeniowych na 0,10 mg/kg św.m. Natomiast Europejski Komitet Ekspertów FAO/WHO ds. Żywności określa wartość tolerowanego tygodniowego pobrania (PTWI) ołowiu na nie więcej niż 0,025 mg ołowiu/ kg masy ciała [13, 17]. W badaniach nad zawartością metali ciężkich w wybranych warzywach z uprawy konwencjonalnej, ekologicznej i działkowej można wnioskować, że poziom ołowiu w badanych próbkach marchwi, bulwach ziemniaków i korzeni pietruszki jest bezpieczny dla konsumenta, niezależnie od charakteru uprawy.

W badaniach przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy stwierdzono, że zawartość cynku w warzywach z upraw ekologicznych, konwencjonalnych i ogródków działkowych była na zbliżonym poziomie od 2,09 do 2,82 mg/kg (tab. 2). Jedynie marchew z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej zawierała mniej cynku i było to odpowiednio: 1,64 i 0,894 mg Zn/kg. We wcześniejszych badaniach oznaczono zawartość cynku w marchwi z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej odpowiednio 2,75±0,71 i 0,54±0,174 mg/kg, w ziemniakach 2,32±0,65 i 0,81±0,045 mg/kg oraz w korzeniu pietruszki 3,82±1,06 i 8,85±0,78 mg/kg [5]. Petryk i Bedla [21] oznaczyli w bulwach ziemniaka cynk na poziomie średnio 31, 56 mg/kg s.m. Bednarek i in. [9] stwierdzili obecność cynku w ziemniakach w zakresie od 3,114 do 3,914 mg/kg. Również Kucharczyk i Moryl [24] w ziemniakach z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego wykazali zawartość cynku w zakresie od 13,943±3,595 do 19,823±1,781 mg/kg s.m. Kabata-Pendias i Pendias [1] cytują za Błoniarz i Bulińskim, że zawartość

cynku w marchwi kształtowała się w zakresie od 1,8 do 4,0 mg/kg św.m., a w bulwach ziemniaka 3,0-4,5 mg/kg św.m. Cynk należy do najbardziej ruchliwych pierwiastków w glebie. Jego aktywność rośnie przy pH 5,5-5,0 [15]. Z badań nad zawartością metali ciężkich w warzywach i owocach uprawianych w rejonie Huty Miedzi „Głogów” wynika, że ziemniaki zawierały 3,10±0,59 Zn, a marchew 2,51±1,03 mg Zn/kg [39]. Z badań Popka i Filip [40] wynika, że stan środowiska wpływał na zawartość cynku w warzywach. Autorzy przeprowadzili badania zawartości cynku w warzywach zakupionych na rynku, a jako próby kontrolne wykorzystali warzywa pochodzące z ekologicznie czystych rejonów. Stwierdzili oni wyższą zawartość cynku w warzywach zakupionych na rynku, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.

Cynk jest niezwykle aktywnym składnikiem wielu enzymów i bierze udział w metabolizmie białek i sacharydów. Jest stosunkowo mało toksyczny dla ludzi i zwierząt. Zatrucia cynkiem występują najczęściej po spożyciu warzyw lub owoców opryskiwanych preparatami cynkowymi [1].

4. Podsumowanie

Metale ciężkie należą do zagrożeń chemicznych obecnych w żywności, których poziom w dużym stopniu zależy od stanu środowiska. Badania miały na celu określenie wpływu systemu uprawy na zawartość metali ciężkich w wybranych warzywach. Próbkę marchwi, ziemniaków i pietruszki z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej oraz marchwi i pietruszki z uprawy działkowej zbadano na obecność metali ciężkich takich jak: arsen, kadm, chrom, miedź, żelazo, nikiel, ołów i cynk.

Wyniki badań wskazują, że zawartość kadmu i ołowiu mieściła się na poziomie określonym Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. oraz Rozporządzeniem Komisji (WE) nr 629/2008 z dnia 2 lipca 2008 r. Zawartość pozostałych pierwiastków odpowiadała wymaganiom stawianym przez nieobowiązujące już Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo, na powierzchni żywności (Dz.U. Nr 37, poz. 326). Zalecenia FAO/WHO określają dopuszczalne pobranie pierwiastków z diety. Rozporządzenia Unii Europejskiej spowodowały, że nie określa się pozostałości metali ciężkich za wyjątkiem kadmu, ołowiu i rtęci, jednak należałoby monitorować stopień zanieczyszczenia żywności takimi metalami ciężkimi jak arsen, chrom, miedź czy cynk, zwłaszcza w rejonach przemysłowych lub o nasilonym ruchu drogowym albo upraw na terenach zagrożonych ściekami hodowlanymi.

Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że sposób uprawy nie miał wpływu na zawartość metali ciężkich w badanych próbkach warzyw. Niski poziom metali ciężkich w warzywach, pochodzących z uprawy konwencjonalnej i z ogródków działkowych, mógł wynikać z braku sąsiedztwa z zakładami przemysłowymi, ruchliwych dróg i rejonów o dużej aktywności hodowlanej, stwarzających potencjalne zagrożenie skażenia gleby gnojownicą.

5. Literatura

- [1] Kabata-Pendias A., Pendias H.: Biogeochemia pierwiastków śladowych. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999.
- [2] Vogtmann H., Temperli A.T., Kuensch V., Eichenberger H., Ott P.: Accumulation of nitrates in leafy vegetables grown under contrasting agricultural systems. *Biol. Agric. Hortic.*, 1984, 2(1), 51-68.
- [3] Siebeneicher G.E.: Podręcznik rolnictwa ekologicznego. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1997.
- [4] Śmiechowska M., Newerli-Guz J.: The content of heavy metals (cadmium and lead) in vegetables from ecological cultivation. W: *Quality for the XXIst century, Proc. 12th IGWT Symposium*, Poznań University of Economics Gdynia Maritime Academy, Poznań-Gdynia, 633-638.
- [5] Śmiechowska M.: Studia nad produkcją, jakością i konsumpcją żywności ekologicznej. *Prace Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni*, Gdynia, 2002.
- [6] EN-13805 z marca 2002: Artykuły żywnościowe - oznaczanie pierwiastków śladowych. Roztworzenie ciśnieniowe (Mineralizacja ciśnieniowa).
- [7] PN-EN 14084:2004: Artykuły żywnościowe, Oznaczanie pierwiastków śladowych. Oznaczanie zawartości ołowiu, kadmu, cynku, miedzi i żelaza metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej (AAS) po mineralizacji mikrofalowej.
- [8] The project, Scientific Co-operation (SCOOP) Task 3.2.11: Assessment of the dietary exposure to arsenic, cadmium, lead and mercury of the population of the EU Member. March 2004. http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/scoop_3-2-11/haevy
- [9] Bednarek W., Tkaczyk P., Dresler S.: Zawartość metali ciężkich jako kryterium oceny jakości bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Sec. E*, 2006, 61, 121-131.
- [10] Grajeta H.: Zawartość arsenu w warzywach pochodzących z okolic niektórych zakładów przemysłowych. *Roczn. PZH* 1987, 38(4-5), 340-343.
- [11] Bronkowska M., Figurska-Ciura D., Orzeł D., Styczyńska M., Wyka J., Łoźna K., Żechałko-Czajkowska A., Biernat J.: Evaluation of plant products from the Legnicko-Głogowski region for their contamination with arsenic. *Food Chemistry*, 2008, 109, 4-7.
- [12] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 stycznia 2003 r. w sprawie maksymalnych poziomów zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych, które mogą znajdować się w żywności, składnikach żywności, dozwolonych substancjach dodatkowych, substancjach pomagających w przetwarzaniu albo, na powierzchni żywności (Dz.U. Nr 37, poz. 326).
- [13] Technical Report WHO, series 837, 1993 Geneva.
- [14] Wojciechowska-Mazurek M., Starska K., Brulińska-Ostrowska E., Plewa M., Biernat U., Karłowski K.: Monitoring zanieczyszczenia żywności pierwiastkami szkodliwymi dla zdrowia. *Cz. I. Roczniki PZH*, 2008, 59, 251-266; *cz. II. Roczniki PZH*, 2010, 61, 27-36.
- [15] Sady W., Smoleń S.: Wpływ czynników glebowo-nawozowych na akumulację metali ciężkich w roślinach. W: *Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych*, Wyd. Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2004, 269-277.
- [16] Kaniuczak J.: Wpływ wapnowania i nawożenia mineralnego na zawartość kadmu w bulwach ziemniaków uprawianych w zmianowaniu. *Annales UMCS, Sec. E*, 2004, 59, 3, 1355-1361.
- [17] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 1881/2006 z dnia 19 grudnia 2006 r. ustalające dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. WE. L. 364 z 20.12.2006).
- [18] Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 629/2008 z dnia 2 lipca 2008 r. zmieniające rozporządzenie (WE) Nr 1881/2006 ustalające najwyższe dopuszczalne poziomy niektórych zanieczyszczeń w środkach spożywczych (Dz. WE. L. 173, 3.7.2008).
- [19] Wojciechowska-Mazurek M., Mania M., Starska K., Opoka M.: Kadm w środkach spożywczych – celowość obniżenia limitów. *Przemysł Spożywczy*, 2010, 64, 45-48.
- [20] Scientific Opinion of the Panel Contaminants on a request from the European Commission on cadmium in food. *The EFSA Journal*, 2009, 980, 1-139.
- [21] Petryk A., Bedla D.: Ocena zawartości Pb, Zn, Cr, Fe w bulwach ziemniaka oraz w glebie na terenie gminy Trzebinia. *Inżynieria Ekologiczna*, 2010, 22, 18-24.
- [22] Orzeł D., Bronkowska M., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Wyka J., Żechałko-Czajkowska A., Biernat J.: Ocena zanieczyszczenia cynkiem i miedzią produktów roślinnych z rejonu legnicko-głogowskiego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2009, 42(4), 1144-1147.
- [23] Gębski M.: Czynniki glebowe oraz nawozowe wpływające na przyswajanie metali ciężkich przez rośliny. *Postępy Nauk Rolniczych*, 1998, 5, 3-16.
- [24] Kucharczyk E., Moryl A.: Zawartość metali w roślinach uprawnych pochodzących z rejonu zgorzelecko-bogatyńskiego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2010, 43, 7-16.
- [25] Szteke B., Jędrzejczak R., Ręczajska W.: Zawartość żelaza i manganu w wybranych roślinach jadalnych. *Roczniki PZH*, 2004, 55, Suplement, 21-27.
- [26] Jędrzejczak R.: Żelazo i mangan w żywności. *Roczniki PZH*, 2004, 55, Suplement, 13-20.
- [27] Nowak W., Wojtasik A.: Zawartość kadmu i niklu w marchwi uprawianej na dwóch typach gleb przy zastosowaniu różnych nawozów wieloskładnikowych. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*, 1997, 448a, 269-272.
- [28] Marzec Z., Łukasiewicz M.: Kadm, ołów i nikiel w całodobowych racjach pokarmowych z placówek zbiorowego żywienia. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2010, 43(3), 281-286.
- [29] Wojciechowska M., Kołodziejczyk J., Gocki J., Bartuzi Z.: Nadwrażliwość na nikiel. *Alergia. Astma. Immunologia*, 2008, 13(3), 136-140.
- [30] Denkhaus E., Salmikow K.: Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 2002, 42, 35-56.
- [31] Rojas E., Herrera L.A., Poirier L.A., Ostrosky-Wegman P.: Are metals dietary carcinogens? *Mutation Research*, 1999, 443, 157-181.
- [32] Bartodziejska B., Gajewska M., Czajkowska A.: Oznaczanie poziomu zanieczyszczeń metalami ciężkimi żywności pochodzącej z samodzielnej produkcji rolnej techniką spektrometrii absorpcji atomowej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2010, 43, 38-44.
- [33] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 6 czerwca 2007 r. w sprawie dostaw bezpośrednich środków spożywczych (Dz.U. Nr 112, poz. 774).
- [34] Marks N.: Zawartość azotanów, azotynów i metali ciężkich w bulwach ziemniaka w zależności od długości okresu przechowywania. *Inżynieria Rolnicza*, 2009, 1(11), 183-186.
- [35] Rembiałkowska E.: Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków oraz wybranych warzyw z gospodarstw ekologicznych. Warszawa: Wyd. Fundacja Rozwój SGGW, 2000.
- [36] Kot A., Zareba S., Wyszogrodzka-Koma L.: Ocena skażenia ołowiem zbóż, przetworów zbożowych i ziemniaków z regionu lubelskiego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, 4(65), 86-91.
- [37] Orzeł D., Bronkowska M., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Wyka J., Żechałko-Czajkowska A., Biernat J.: Ocena zanieczyszczenia ołowiem produktów roślinnych z rejonu legnicko-głogowskiego. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna*, 2010, 43(1), 79-85.
- [38] Karavoltos S., Sakellari A., Dassenakis M., Scoullou M.: Cadmium and lead in organically produced foodstuffs from the Greek market. *Food Chemistry*, 2008, 106, 843-851.
- [39] Orzeł D., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Bronkowska M., Żechałko-Czajkowska A.: Ocena zanieczyszczenia metalami ciężkimi produktów żywnościowych z rejonu oddziaływania Huty Miedzi "Głogów". *Cz. II. Ziemniaki, warzywa i owoce*.
- [40] Popek S., Filip A.: Wpływ zanieczyszczenia środowiska na zawartość cynku w wybranych warzywach z Polski Południowo-Wschodniej. W: *Polska Akademia Nauk, Komitet przy Prezydium PAN "Człowiek i Środowisko", Zeszyty Naukowe 33 "Czynk w środowisku. Problemy ekologiczne metodyczne"*, 429-432.