

**KRYSTYNA ZARZYŃSKA**

**ANNA WIERZBICKA**

**MAGDALENA GRUDZIŃSKA**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy

Zakład Agronomii Ziemiaka, Jadwisin

## Ekologiczna produkcja ziemniaka gwarancją jego cech prozdrowotnych

### **Organic potato production guarantees its health features**

W pracy przedstawiono wyniki badań zarówno własnych, jak i literaturowych dotyczących jakości bulw ziemniaka pochodzącego z produkcji ekologicznej w porównaniu do innych systemów produkcji, a głównie systemu konwencjonalnego. Badania przeprowadzono w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Oddziale w Jadwisinie. Przedstawione wyniki wskazują na lepszą jakość bulw z produkcji ekologicznej wyrażającą się z jednej strony mniejszą zawartością składników niepożądanych, takich jak: pozostałości pestycydów, azotanów, azotynów i metali ciężkich i z drugiej strony większą zawartością składników korzystnych dla zdrowia, takich jak: witamina C, polifenole, karotenoidy oraz składniki mineralne. Starano się również wykazać, że te, istotne z punktu widzenia wartości odżywczej różnice składu między produktem ekologicznym i konwencjonalnym powinny mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka.

**Słowa kluczowe:** ziemniak, system ekologiczny, związki odżywcze, związki antyodżywcze

The paper presents the results of both: own research and literature survey about the quality of potato tubers from organic production compared to other production systems, mainly the conventional one. Our study was conducted at the Plant Breeding and Acclimatization Institute — NRI, Branch Jadwisin. The results show a better quality of tubers from organic production: on the one hand a lower content of undesirable components such as: residual pesticides, nitrates, nitrites and heavy metals and on the other hand a higher content of components beneficial for health, such as vitamin C, polyphenols, carotenoids and minerals. Efforts were also made to show that those differences between organic and conventional product important from the nutritional composition point of view should have an positive impact on human health.

**Key words:** chemical composition, health features, organic system, potato

## WSTĘP

Liczne badania przeprowadzone w Polsce i na świecie wskazują, że ziemiopłody pochodzące z produkcji ekologicznej są zasobne w wiele cennych dla zdrowia związków bioaktywnych o charakterze antyoksydacyjnym (Barański i in., 2014; Brown, 2005; Hamouz i in., 2008; Lundegardhi i Martenson, 2003; Prędką i Gronowska-Senger, 2009). Badania antymutagenności oraz eksperymenty na zwierzętach również potwierdzają, że produkty takie mogą mieć pozytywny wpływ na zdrowie człowieka (Bradbury i in., 2014). Uprawa ekologiczna pozwala uzyskać produkty o korzystnym składzie chemicznym na co wskazują badania, a żywność ekologiczna ma dobroczynny wpływ na zdrowie zwierząt gospodarskich i ludzi (Średnicka-Tober i in., 2015). Powstaje pytanie jakie są przyczyny różnic jakościowych między roślinami uprawianymi ekologicznie i konwencjonalnie. Wyższa zawartość związków bioaktywnych w produktach ekologicznych wynika z mniejszej dostępności dla roślin azotu mineralnego niż w uprawie konwencjonalnej. Według teorii Worhingtona (2001) gdy w glebie jest dużo łatwo przyswajanego azotu, co ma miejsce w konwencjonalnym systemie uprawy, to w pierwszej kolejności produkują one związki zawierające właśnie azot np. białka dla prawidłowego wzrostu oraz wtórne metabolity zawierające azot, jak np. alkaloidy. W ekologicznym systemie uprawy, gdy zawartość azotu w glebie jest mniejsza, procesy metaboliczne zachodzące w roślinach zmieniają się w kierunku związków zawierających węgiel, np. skrobi, celulozy i innych wtórnych metabolitów, jak polifenole i terpeny (np. karotenoidy) oraz barwniki czy witaminy (np. witamina C). Ponadto w produkcji ekologicznej następuje aktywacja naturalnych mechanizmów systemu obrony roślin dzięki wykluczeniu chemicznych środków ochrony. Rośliny uruchamiają wówczas swój naturalny system obronny przed chorobami i szkodnikami, co jest związane z większą syntezą związków polifenolowych. Związki te, włączając w to kwasy fenolowe oraz flawonoidy pełnią w roślinach funkcje obronne, ze względu na właściwości allelopatyczne (w stosunku do innych roślin), oraz mają charakter naturalnych insektycydów (w stosunku do szkodników).

W glebie, pod wpływem nawożenia organicznego następuje równocześnie aktywacja mikroflory i fauny glebowej, co pomaga absorpcji pewnych związków metabolicznych. Dzięki temu następuje zrównoważone pobieranie jonów, a to z kolei warunkuje korzystny skład ekologicznych surowców. W roślinnej produkcji ekologicznej zakazane jest stosowanie syntetycznych pestycydów, nawozów mineralnych oraz substancji wzrostowych. Limitowane jest też stosowanie obornika do 170 kg N/ha/rok. Jeżeli wszystkie wymagania są spełnione, można oczekiwać pozytywnych rezultatów jakościowych. Lepszy skład jakościowy produktów ekologicznych wynika z jednej strony z redukcji związków niepożądanych, a z drugiej ze zwiększenia ilości składników o korzystnym działaniu dla zdrowia człowieka.

Celem pracy jest analiza wyników badań własnych, jak i literaturowych dotyczących składu chemicznego bulw ziemniaka uprawianego w dwóch systemach produkcji oraz wykazanie różnic między tymi systemami.

## MATERIAŁ I METODY

Wyniki badań własnych pochodzą doświadczeń prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, gdzie od kilkunastu lat prowadzone są eksperymenty polowe dotyczące uprawy ziemniaka w różnych systemach produkcji, w tym w systemie ekologicznym i konwencjonalnym. Badania prowadzone są na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego.

W systemie ekologicznym nawożenie stanowi obornik w dawce 28 ton·ha<sup>-1</sup> oraz nawozy zielone. Zachwaszczenie redukuje się w sposób mechaniczny, a przeciwko zarazie ziemniaka (*Phytophthora infestans*) stosuje się dozwolone preparaty miedziowe, natomiast do zwalczania stonki ziemniaczanej preparat biologiczny Novodor lub w ostatnich latach preparat Spintor.

W systemie konwencjonalnym nawożenie stanowi 40–50 dt·ha<sup>-1</sup> słomy żytniej na przyoranie z dodatkiem 1 kg azotu na 100 kg słomy oraz międzyplon ścierniskowy. Dodatkowo stosuje się nawożenie mineralne w dawkach: N: 100 kg·ha<sup>-1</sup>, P: 53·kg ha<sup>-1</sup> i K 150 kg·ha<sup>-1</sup>. Ograniczenie zachwaszczenia prowadzi się w sposób mechaniczno-chemiczny stosując obredlanie i herbicydy 2–3 razy w sezonie. Zarazę ziemniaka zwalcza się za pomocą fungicydów syntetycznych stosując je kilka razy w sezonie w zależności od nasilenia choroby. Zwalczanie stonki ziemniaczanej odbywa się przy pomocy insektycydów chemicznych (2–4 razy w sezonie w zależności od nasilenia występowania owada).

Po zbiorze oceniana jest wielkość plonu i jego jakość, w tym skład chemiczny bulw tj. zawartość suchej masy, skrobi, witaminy C, azotanów, glikoalkaloidów, składników bioaktywnych (karotenoidy, polifenole) oraz makro i mikroelementów.

Zawartość suchej masy określano poprzez dwustopniowe suszenie w temperaturze 60°C, a następnie doprowadzenie do stałej masy w temperaturze 100°C. Zawartość skrobi określano metodą Eversa przy użyciu automatycznego polarymetru typu POLAMATS, zawartość witaminy C określano jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą Tilmansa. Zawartość azotanów oznaczano metodą kolorymetryczną w oparciu o reakcję Griessa, a zawartość glikoalkaloidów metodą Bergersa. Zawartość polifenoli i karotenoidów oznaczano metodą chromatografii cieczowej HPLC. Analizę składu chemicznego wykonano w akredytowanym laboratorium Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie.

### Metody statystyczne

Istotność wpływu badanych czynników na analizowane cechy określono przy zastosowaniu n-czynnikowych analiz wariancji, stosując test F — Fishera Snedecora dla modelu stałego przy użyciu programu Statistica. Do testowania różnic między wartościami średnimi przy poziomie istotności  $\alpha < 0,05$  wykorzystano test Tukeya, a do obliczenia najmniejszej istotnej różnicy NIR test t-Studenta

## WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

**Związki antyodżywcze**Azotany i azotyny

Dane literaturowe i wyniki badań własnych świadczą wyraźnie o większej zawartości azotanów i azotynów w konwencjonalnie produkowanych ziemiopłodach w porównaniu z produkowanymi ekologicznie. (Bourn i Prescott, 2002; Gransed i in., 1997; Maga i Wilken, 1997; Rembiałkowska, 2000; Zarzyńska, 2010, 2013). Jest to ważne, ponieważ azotany łatwo przekształcają się w azotyny, które mogą powodować niebezpieczną chorobę zwaną methemoglobinemią u noworodków, małych dzieci i ludzi starszych. Ponadto azotyny mogą reagować z aminami tworząc nitrozoaminy, substancje rakotwórcze i mutagenne, powodujące nowotwory przewodu pokarmowego i białaczki. Proces ten jest niebezpieczny nie tylko dla małych dzieci ale także dla osób dorosłych bez względu na wiek. Bazując na wielu danych porównano ich zawartość w ziemiopłodach ekologicznych i konwencjonalnych. Przyjmując zawartość azotanów w płodach konwencjonalnych jako 100%, to w surowcach ekologicznych stwierdzono się średnio 48% tej zawartości. Daje to podstawę do stwierdzenia, że metody ekologiczne pozwalają zmniejszyć pobranie azotanów i azotynów przez organizm ludzki o około 50% (Rembiałkowska, 2007).

W tabeli 1 podano dane dotyczące zawartości azotanów i glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka pochodzącego z dwóch systemów produkcji, uprawianych na glebie lekkiej w Jadwisinie. Stwierdzono istotnie większą zawartość azotanów w bulwach zebranych z uprawy konwencjonalnej w porównaniu do ekologicznej. W przypadku glikoalkaloidów odnotowano odwrotną sytuację, co potwierdza teorię Worhingtona (2001).

Tabela 1

**Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym, Jadwisin 2011–2014**  
**Nitrates and glycoalkaloids contents in potato tuber from organic and conventional production systems, Jadwisin 2011–2014**

System produkcji Production system	Azotany Nitrates (mgNO <sub>3</sub> ·kg <sup>-1</sup> św.m)	Glikoalkaloidy Glycoalkaloids (mg·kg <sup>-1</sup> św.m/ f.m.)
Ekologiczny — Organic	17,0 <sup>a</sup>	91,8 <sup>b</sup>
Konwencjonalny Conventional	64,3 <sup>b</sup>	78,2 <sup>a</sup>

a, b — wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się istotnie  
 a, b — values marked with different letters differ significantly

Pozostałości pestycydów

Zdaniem Howarda (2005) nawet małe ilości pestycydów w spożywanej żywności mogą spowodować poważne negatywne zmiany w organizmie człowieka, szczególnie dotyczy to dzieci do lat 15, w tym przede wszystkim rozwijających się w łonie matki, a także kobiet w ciąży i karmiących. Główny problem polega na tym, że najwyższa dopuszczalna pozostałość pestycydów jest zwykle ustalana poprzez testowanie poszczególnych środków (każdego z osobna) na szczurach przez stosunkowo krótki

okres. Niewiele natomiast wiadomo na temat spożywania łącznie setek różnych pestycydów w ciągu całego życia. Dlatego najlepszym sposobem jest unikanie spożywania wszelkich produktów pochodzących z surowców chronionych chemicznie. Pozostałości i pestycydów znajdujące w ekologicznych surowcach roślinnych są znacznie mniejsze niż w konwencjonalnych (tab. 2). Wyniki badań przeprowadzonych przez naukowców z Uniwersytetu Harvarda wskazują na związek pomiędzy pestycydami zawierającymi estry kwasów fosforowych (organofosforany) z objawami ADHD u dzieci, takimi jak problemy z koncentracją czy nadpobudliwość (Reuters, 2010). Z kolei inne wyniki badań opublikowane w 2009 roku świadczą o możliwym związku pomiędzy pestycydami a ostrą białaczką limfoblastyczną u dzieci (Pediatric Acute Lymphoblastic Leukemia and Exposure to Pesticides, Therapeutic Drug Monitoring 2009). Badania brytyjskie (Barański i in., 2014) wykazały, że częstotliwość występowania wykrywalnych pestycydów jest cztery razy większa w surowcach konwencjonalnych (46%) niż w ekologicznych (11%).

Tabela 2

**Pozostałości pestycydów w surowcach z rolnictwa ekologicznego, integrowanego i konwencjonalnego (Rembiałkowska, 2007)**  
**Residual pesticides in raw materials from organic, integrated and conventional systems (Rembiałkowska, 2007)**

Kraj Country	% prób z pozostałościami Samples with residual		
	rolnictwo ekologiczne organic agriculture	rolnictwo integrowane integrated agriculture	rolnictwo konwencjonalne conventional agriculture
USA <sup>1</sup>	23	47	73
Szwecja <sup>2</sup> — Sweden	3	11	44
Polska <sup>3</sup> — Poland	0	50	44
Belgia <sup>4</sup> — Belgium	12	brak danych — no data	49

<sup>1</sup> USDA (Baker i in., 2002)

<sup>2</sup> Monitoring narodowy żywności pochodzenia roślinnego, 2003

<sup>3</sup> Urzędowa kontrola krajowej żywności pochodzenia roślinnego, 2005

<sup>4</sup> FSCA-FAVY, 2001, badania wielkoskalowe

Należy więc oczekiwać, że dieta oparta na produktach ekologicznych powinna skutkować niższym poziomem pestycydów w mleku kobiecym i ludzkich tkankach. Istnieją pewne dowody potwierdzające tę hipotezę. We Francji stwierdzono, że pozostałości pestycydów w mleku kobiet karmiących piersią zmniejszyły się istotnie wraz ze wzrostem udziału żywności ekologicznej w codziennej diecie karmiących kobiet z 25 do 80% (Rembiałkowska, 2007). W badaniach własnych nie określano poziomu pozostałości pestycydów w ziemniakach pochodzących z różnych systemów produkcji ale przyjęto, że niestosowanie tych substancji w systemie ekologicznym ogranicza lub całkowicie wyeliminuje pozostałości pestycydów.

#### Metale ciężkie

Wcześniejsze badania nie zawsze potwierdzały wyraźne różnice w zawartości metali ciężkich pomiędzy surowcami ekologicznymi i konwencjonalnymi. Niektóre dane wskazywały na wyższy poziom tych pierwiastków w surowcach konwencjonalnych, a

inne odwrotnie (Rembiałkowska, 2007) W ostatnich, szeroko zakrojonych badaniach brytyjskich (Barański i in., 2014) stwierdzono, że surowce ekologiczne zawierają znacznie mniejszą zawartość toksycznych metali ciężkich. Poziom kadmu, który jest obok ołowiu i rtęci jednym z trzech metali ciężkich zanieczyszczających żywność, dla których Komisja Europejska ustaliła maksymalne dopuszczalne poziomy zawartości, okazał się średnio o 48% mniejszy w surowcach ekologicznych niż konwencjonalnych. Ponieważ wiadomo, że dochodzi do kumulacji kadmu w organizmie (zwłaszcza w tkance wątroby i nerek), spadek spożycia kadmu jest pozytywny.

### **Związki odżywcze**

#### Sucha masa

Dane literaturowe wskazują na większą zawartość zarówno suchej masy, jak i skrobi w ziemniakach pochodzących z produkcji ekologicznej (Gransed i in., 1997; Schulcova i in., 2005; Rembiałkowska, 2000; Rembiałkowska i in., 2010; Rutkowska, 1998; Rytel i in., 2008; Pytlarz-Kozicka, 2009) W naszych badaniach nie zawsze wyniki te zostały potwierdzone. W wielu przypadkach na przestrzeni lat wartości tych substancji były nieco wyższe, w innych niewiele niższe. Na ogół nie były to różnice udowodnione statystycznie (Zarzyńska i Wroniak, 2007, 2008; Zarzyńska, 2010, 2013). Również Sawicka i Kuś (2000) nie stwierdzili większych zawartości tych składników w bulwach ziemniaków pochodzących z produkcji ekologicznej w stosunku do konwencjonalnej.

Tabela 3

**Zawartość suchej masy i skrobi w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym, Jadwisin, 2008–2014**  
**Dry matter, and starch contents in potato tubers from organic and conventional systems, Jadwisin 2008–2014**

Lata badań Years	System produkcji Production system	Sucha masa Dry matter (%)	Skrobia Starch (%)
2008–2010	ekologiczny — organic	21,7 <sup>b</sup>	15,0 <sup>b</sup>
	konwencjonalny — conventional	21,0 <sup>a</sup>	14,4 <sup>a</sup>
2011–2014	ekologiczny — organic	21,7 <sup>a</sup>	13,6 <sup>a</sup>
	konwencjonalny — conventional	22,3 <sup>a</sup>	13,9 <sup>a</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 1  
 Explanation as in Table 1

Ważnym składnikiem bulw ziemniaka jest białko. W literaturze nie ma jednoznacznych dowodów na zróżnicowanie tego składnika w zależności od systemu produkcji. Niektóre doniesienia mówią o większej jego zawartości w systemie ekologicznym (Gransedt i in., 1997; Rembiałkowska, 2000; Rutkowska, 1998; Pytlarz-Kozicka, 2009), inne nie potwierdzają takiej zależności (Sawicka i Kuś, 2000; Rytel i in., 2008).

#### Witaminy, karotenoidy, polifenole

Wartość odżywcza żywności zależy przede wszystkim od odpowiedniej zawartości związków niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu. Aktualnie w nauce o żywności zawartość fitozwiązków w produktach roślinnych jest przedmiotem bardzo

dużego zainteresowania. Rośnie ilość dowodów na to, że wtórne metabolity roślinne odgrywają zasadniczą rolę dla zdrowia człowieka i mogą być ważne pod względem odżywczym (Brandt i Molgaard, 2001; Ludegardh i Martensson, 2003; Prędką i Gronowska-Senger, 2009; Wierzbicka i Hallmann, 2013, 2015).

Podsumowanie danych pochodzących z bardzo wielu badań dotyczących zawartości wybranych witamin, fitozwiązków i minerałów ekologicznie i konwencjonalnie produkowanych ziemniokach przedstawia się następująco: (średnia różnica na korzyść systemu ekologicznego): witamina C — 28,9%, związki fenolowe — 119,3%, żelazo — 21,1%, magnez — 29,3%, fosfor — 13,6% (Rembiałkowska, 2007).

Warzywa, w tym ziemniaki odgrywają bardzo ważną rolę w żywieniu człowieka ze względu na zawartość witamin, składników mineralnych, kwasów organicznych, błonnika pokarmowego oraz antyoksydantów (m.in. witamina C, beta-karotenu, związków fenolowych), które składają się na ogólny potencjał przeciwutleniający. Im większy potencjał przeciwutleniający, tym więcej związków biologicznie aktywnych zawiera warzywo, a tym samym większa jest jego wartość żywieniowa. Antyoksydanty zawarte w warzywach mają zdolność zmiatania wolnych rodników, które nagromadzone w dużych ilościach w organizmie przyczyniają się do powstawania stresu oksydacyjnego, będącego przyczyną wielu chorób, takich jak: nowotwory, zawały, udary, oraz przyspieszają procesy starzenia się. Wg Światowej Organizacji Zdrowia niskie spożycie warzyw i owoców odpowiada za 31% zawałów, serca i 11% udarów na świecie. W warunkach polskich, na liście spożywanych produktów ziemniak zajmuje drugie miejsce po przetworach zbożowych, warto więc przyrzeć się różnicom w składzie zawartości substancji bioaktywnych bulw ziemniaka pochodzącego z różnych systemów produkcji.

Podstawowym związkiem o działaniu antyoksydacyjnym w ziemniaku jest witamina C. Zawartość jej waha się w granicach od 140 do 250 mg·kg<sup>-1</sup> św.m. Pełni ona w organizmie ludzkim podstawową rolę dla kilku metabolicznych funkcji, a głównie zapewnia prawidłowe funkcjonowanie systemu odpornościowego oraz hamuje powstawanie rakotwórczych nitrozoamin, zmniejszając negatywny wpływ azotanów na organizm ludzki. Ziemniaki pochodzące z produkcji ekologicznej mają na ogół większą zawartość witaminy C niż ziemniaki uprawiane w innych systemach produkcji. Potwierdzają to badania własne, chociaż nie zawsze udowodniano w nich istotność zróżnicowania tych różnic (tab. 4).

Tabela 4

**Zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym, Jadwisin, 2008–2013**  
**Vitamin C content in potato tubers from organic and conventional systems, Jadwisin 2008–2013**

Lata badań Years	System produkcji Production system	Witamina C (mg·kg <sup>-1</sup> św.m) Vitamin C (mg·kg <sup>-1</sup> f. w)
2008–2010	ekologiczny — organic	203 <sup>a</sup>
	konwencjonalny — conventional	188 <sup>b</sup>
2011–2003	ekologiczny — organic	199 <sup>a</sup>
	konwencjonalny — conventional	188 <sup>a</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 1  
Explanation as in Table 1

Ziemniaki zawierają w swoim składzie również inne związki bioaktywne, a głównie karotenoidy. Karotenoidy to grupa związków organicznych, do których zaliczane są karoteny i ksantofile. Podobnie jak witaminy pełnią one funkcję przeciwutleniaczy przez co chronią komórki przed szkodliwym działaniem reaktywnych form tlenu. W ziemniaku występują: beta karoten i luteina. Inną grupę antyoksydantów obecną w bulwach stanowią polifenole, które odpowiadają za barwę, smak i zapach oraz podobnie jak glikoalkaloidy chronią rośliny przed atakiem ze strony owadów i grzybów. Z polifenoli w ziemniaku oznaczono kwasy fenolowe oraz flawonoidy. Zawartość tych związków jest wprawdzie znacznie mniejsza w ziemniakach niż w innych warzywach, ale ze względu na ich częste spożywanie stają się istotnym źródłem tych składników. W prowadzonych badaniach zawartość zarówno karotenoidów, jak i polifenoli była zawsze większa w ziemniakach pochodzących z produkcji ekologicznej niż konwencjonalnej i były to różnice statystycznie istotne (tab. 5).

Tabela 5

**Zawartość karotenoidów i polifenoli w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym, Jadwisin, 2011–2013**  
**Carotenoids and polyphenols contents in potato tubers from organic and conventional systems, Jadwisin 2011–2013**

System produkcji Production system	Karotenoidy Carotenoids ( $\mu\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ św. m/d.m.)		Polifenole Polyphenols ( $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ św.m/d.m)		
	beta karoten beta carotene	luteina lutein	kwasy fenolowe phenolic acids		flawonoidy (suma) flavonoids (sum)
			kwasy fenolowe (suma) phenolic acids (sum)	kwasy chloro genowy chlorogenic acid	
Ekologiczny — Organic	26,1 <sup>a</sup>	136,1 <sup>a</sup>	163,8 <sup>a</sup>	132,9 <sup>a</sup>	14,0 <sup>a</sup>
Konwencjonalny — Conventional	21,7 <sup>b</sup>	118,6 <sup>b</sup>	130,6 <sup>b</sup>	110,2 <sup>b</sup>	10,4 <sup>b</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 1

Explanation as in Table 1

Potencjał przeciwutleniający ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym wynosił wg Prędkiej 0,48  $\mu\text{mol TE } 1\text{g}^{-1}$  a w systemie konwencjonalnym 0,40 i były to różnice istotne statystycznie. (Prędką i Gronowska-Senger, 2009) a zdaniem Grudzińskiej (2016) odpowiednio: 0,36 i 0,30.

#### Związki mineralne

O wartości żywieniowej bulw ziemniaka decyduje również zawartość składników mineralnych, które po strawieniu i wchłonięciu do krwi wykorzystywane są przez organizm jako budulec lub czynnik regulujący procesy życiowe. Aby organizm człowieka mógł prawidłowo funkcjonować, musi otrzymać z zewnątrz wszystkie niezbędne składniki odżywcze w tym składniki mineralne. Z badań wynika, że system produkcji ma wpływ na zawartość zarówno makro, jak i mikroelementów. W systemie ekologicznym ilość większości pierwiastków jest na ogół wyższa niż w systemie konwencjonalnym z wyjątkiem azotu (tab. 6). Z danych wynika, że największe różnice na korzyść systemu ekologicznego dotyczą zawartości fosforu, potasu, magnezu oraz miedzi, żelaza i cynku.



**Zawartość makroelementów i mikroelementów w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i konwencjonalnym, Jadwisin, 2011–2013**  
**Macro and microelements contents in potato tubers from organic and conventional systems, Jadwisin, 2011–2013**

System produkcji Production system	Makroelementy Macroelements (g·kg <sup>-1</sup> s. m /d.m)				
	Azot Nitrogen	Fosfor Phosphorus	Potas Potassium	Magnez Magnesium	Wapń Calcium
Ekologiczny — Organic	1,13 <sup>a</sup>	0,32 <sup>b</sup>	2,06 <sup>b</sup>	0,13 <sup>b</sup>	0,05 <sup>a</sup>
Konwencjonalny — Conventional	1,19 <sup>b</sup>	0,26 <sup>a</sup>	1,69 <sup>a</sup>	0,11 <sup>a</sup>	0,05 <sup>a</sup>
	Mikroelementy Microelements (mg·kg <sup>-1</sup> s.m/ d.m)				
	Miedź Copper	Żelazo Iron	Mangan Manganese	Cynk Zinc	Bor Boron
Ekologiczny — Organic	5,5 <sup>b</sup>	47,4 <sup>b</sup>	6,6 <sup>a</sup>	14,1 <sup>b</sup>	5,2 <sup>a</sup>
Konwencjonalny — Conventional	4,3 <sup>a</sup>	40,7 <sup>a</sup>	6,6 <sup>a</sup>	13,5 <sup>a</sup>	5,2 <sup>a</sup>

Objaśnienia takie jak w tabeli 1  
 Explanation as in Table 1.

#### PODSUMOWANIE

Podsumowując wyniki, zarówno badań literaturowych jak i własnych, należy podkreślić, że istnieją istotne różnice w składzie chemicznym między surowcami z produkcji ekologicznej i konwencjonalnej, w tym bulw ziemniaka. Należą do nich: większe stężenie przeciwutleniaczy, mniejszy poziom kadmu, azotanów i azotynów, mniejsza ilość pozostałości pestycydów. Lepszy skład chemiczny bulw pochodzących z uprawy ekologicznej powinien mieć pozytywny wpływ na zdrowie ludzi, którzy je spożywają.

#### LITERATURA

- Barański M., Średnicka-Tober D., Volakakis N., Seal C., Sanderson R., Stewatd G. B., Benbrook C., Bivati B., Markellou E., Giotis C., Gromadzka – Ostrowska J., Rembiałkowska E., Skwarło-Sońta K., Tahvonen R., Janovska D., Niggli U, Nicot P., Leifert C. 2014. Higher antioxidant concentrations and less cadmium and pesticide residues in organically-grown crops: a systematic literature review and meta-analyses. *British Journal of Nutrition* 112 (5): 794 — 811.
- Bergers W. W. A. 1980. A rapid quantitative assay for solanidine glycoalkaloids in potatoes and industrial potato protein. *Potato Res.* 23: 105 — 110.
- Bourn D., Prescott J. 2002. Comparison of nutritional value, sensory qualities, and food safety of organically and conventionally produced foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 42, 1: 1 — 34.
- Bradbury K. E., Balkwill A., Spencer A. E., Roddam A. W., Reeves G. K., Green J., Key T. J., Beral V., Pirie K. 2014. Organic food consumption and the incidence of cancer in large prospective study of woman in the United Kingdom. *Br. J. Cancer* 110, (9): 2321 — 2326.
- Brandt K., Molgaard J. P. 2001. Organic agriculture: does it enhance or reduce the nutritional value of plant foods? *J. Sci. Food Agric.* 81: 924 — 931.
- Brown C. R. 2005. Antioxidants in potato. *Amer. J. Potato Res.* 82 : 163 — 172.
- Gransedt A. Kjellenberg L., Roinila P. 1997. Long term field experiment in Sweden : Effects of organic and inorganic fertilizers on soil fertility and crop quality. In : *Proc. of the Conf. on Agric. Production and Nutrition.* Boston, MA, USA, March 1997: 79 — 90.

- Grudzińska M., Czerko Z., Zarzyńska K., Borowska-Komenda M. 2016. Bioactive Compounds in Potato Tubers: Effects of Farming System, Cooking Method, and Flesh Color. *PLoS ONE* 11 (5): e0153980. doi:10.1371/journal.pone.0153980.
- Hamouz K., Lachman J., Dvorak P., Hejtmanek K., Cepl J. 2008. Antioxidant activity in yellow and purple-fleshed potatoes cultivated in different climatic conditions. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 530: 24 — 247.
- Howard V. 2005. *Pesticides and Health : International Congress: Organic Farming, Food quality and Human Health*, Newcastle, UK.
- Lundegardh B., Martenson A. 2003. Organically produced plant foods- evidence of health benefits. *Acta Agric. Scand., Sect B, Soil and Plant Sci.* 3: 3 — 15.
- Maga J., Wilken K. 1997. Comparison of selected nutrients in organic vs conventionally grown potatoes under controlled conditions. In : *Proc. of the Int. Conf. on Agric. Production and Nutrition*: 19 — 21.
- PN-EN ISO 10520:2002. Skrobia naturalna — Oznaczanie zawartości skrobi — Metoda polarymetryczna Eversa.
- PN-A-04019. 1998. Produkty spożywcze — Oznaczanie zawartości witaminy C metoda Tilmansa.
- PN-92/A-75112. Owoce, warzywa i ich przetwory — oznaczania azotanów — metoda Griessa.
- Prędką A., Gronowska-Senger A. 2009. Właściwości przeciwutleniające wybranych warzyw z upraw ekologicznych i konwencjonalnych w redukcji stresu oksydacyjnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość.* 4 (65): 9 — 18.
- Pytlarz-Kozicka M. 2009. Wpływ systemu uprawy na plon i jakość bulw trzech odmian ziemniaka. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia, tom 6. *PIMR*: 33 — 40.
- Rembiałkowska E. 2000. Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków i wybranych warzyw z uprawy ekologicznej SGGW, Warszawa: 116 ss.
- Rembiałkowska E., Zarzyńska K., Goliszewski W., Świetlikowska K., Kazimierczak R., Wasiak-Zys G. 2006. Porównanie wartości sensorycznej wybranych odmian ziemniaków jadalnych pochodzących z produkcji ekologicznej, konwencjonalnej i integrowanej. W : *wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia* , tom 4, Poznań, *PIMR*: 148 — 159.
- Rembiałkowska E. 2007. Review quality of plant products from organic agriculture. *J. Sci. Food Agri.* 87: 2757 — 2762.
- Rembiałkowska E., Kazimierczak R., Zarzyńska K., Hallmann E., Świetlikowska K. 2010. Evaluation of quality features of three potato cultivars from conventional, Organic and integrated crop production systems. . Booklet of abstracts: *The impact of organic production methods on the vegetable product quality*, ed. by Rembiałkowska E, Warsaw: 263.
- Reuters, 2010. Pesticides tied to ADHD in children in U.S. study *Pediatric Acute Lymphoblastic Leukemia and Exposure to Pesticides. Therapeutic Drug Monitoring*, 2009, t. 31, nr 4: 495 — 501.
- Rutkowska B. 1998. Porównanie wartości odżywczej, sensorycznej przechowalniczej ziemniaków uprawianych w gospodarstwach ekologicznych i konwencjonalnych. Praca doktorska wykonana w Zakładzie Dietetyki SGGW, Warszawa.
- Rytel E., Lisińska G., Kozicka-Pytlarz M. 2008. Wpływ sposobu uprawy na jakość konsumpcyjną ziemniaków. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 530 : 259 — 271.
- Sawicka B., Kuś J. 2000. Plon i jakość ziemniaka w zależności od system produkcji. *Pamiętnik Puławski – Materiały Konf. Zeszyt* 120 : 379 — 389.
- Schulcova V., Slanina P., Janne K., Hellenas K., Anderson Ch. 2005. Quality of organically and conventionally grown potatoes : Four-year study of nutrients, metals, secondary metabolites, enzymatic browning and organoleptic properties. *Food Additives and Contaminants*, 22, 6: 514 — 534.
- Średnicka-Tober D., Kazimierczak R., Rembiałkowska E. 2015. Organic food and human health — a review. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 60 (4): 102 — 108.
- Wierzbicka A. 2011. Wybrane cechy jakości bulw ziemniaków w uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od nawadniania. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 56 (4): 203 — 208.

- Wierzbicka A. 2012. Zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym, ich wartość żywieniowa i wzajemne relacje. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 57 (4) : 188 — 193.
- Wierzbicka A., Hallmann E. 2013. Zawartość karotenoidów w bulwach ziemniaka uprawianego systemem ekologicznym *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 58 (4) : 223 — 228.
- Wierzbicka A. , Hallmann E. 2015. Występowanie polifenoli w ziemniakach w zależności od odmiany i efektywnych mikroorganizmów glebowych. Abstrakt VI Konferencji Naukowej PTA, Kraków , 94
- Worthington V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables and grains. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 7/2: 161 — 173.
- Zarzyńska K., Wroniak J. 2007. Różnice w jakości plonu bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering* 52 (4): 108 — 114.
- Zarzyńska K., Wroniak J. 2008 Różnice w składzie chemicznym bulw ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym i integrowanym w zróżnicowanych warunkach klimatyczno-glebowych. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 249 — 257.
- Zarzyńska K. 2010. Influence of some agronomical and environmental factors on tuber yield and quality of potato grown under organic production system. Abstract of EAPR Section Meeting AgroPhysiology, Nevsehir, Turkey, 20–24 September 2010. *Potato Research* 53 (4): 394.
- Zarzyńska K. 2013. Chemical composition of potato tubers in relation to crop production system and environmental conditions. *Journal of Agriculture Science and Technology B*, vol. 3/10: 689 — 695.

