

ZAWARTOŚĆ POLIFENOLI W ZIEMNIAKACH W ZALEŻNOŚCI OD ODMIANY I EFEKTYWNYCH MIKROORGANIZMÓW

ANNA WIERZBICKA¹, EWELINA HALLMANN², MAGDALENA GRUDZIŃSKA¹

¹*Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Serock*

²*Katedra Żywności Funkcjonalnej i Towaroznawstwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, ul. Nowoursynowska 159C, 02-776 Warszawa*

Synopsis. Celem badań była ocena zawartości polifenoli w tym kwasów fenolowych i flawonoidów w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym w zależności od odmiany i efektywnych mikroorganizmów glebowych. Ziemniaki uprawiane były na polu należącym do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin (mazowieckie) w latach 2009–2010. Zawartość polifenoli wykonano w Zakładzie Żywności Ekologicznej na SGGW w Warszawie, metodą chromatografii cieczowej HPLC. Głównym fenolem oznaczonym w ziemniakach jest kwas chlorogenowy, którego zawartość wahała się w zakresie 132,6–163,2 mg·100 g⁻¹ świeżej masy i stanowiła od 83 do 86% polifenoli ogółem. Pozostałe oznaczone kwasy: felurowy, galusowy i kawowy stanowiły: 11–14%, natomiast flawonoidy: 3–4% polifenoli ogółem. Zawartość związków fenolowych w ziemniaku zmieniała się istotnie w zależności od genotypu. Najwięcej tych związków zawierały bulwy ziemniaka odmiany Ursus – 191,3 i wczesnej odmiany Miłek – 191,5, a najmniej ziemniaki bardzo wczesnej odmiany Berber – 157,9 mg·100 g⁻¹ świeżej masy. Efektywne mikroorganizmy glebowe wpłynęły na wzrost zawartości polifenoli ogółem (w tym kwasów fenolowych) średnio o 10,9 mg·100 g⁻¹ świeżej masy, w stosunku do bulw z poletek bez mikroorganizmów, natomiast nie miały wpływu na zawartość flawonoidów.

Słowa kluczowe: ziemniak, polifenole, system ekologiczny, odmiana, efektywne mikroorganizmy

WSTĘP

Polifenole są to związki organiczne występujące naturalnie w różnych częściach wielu gatunków roślin: kwiatach, owocach, nasionach, liściach, korzeniach, korze i elementach drewnianych. Mają one zróżnicowaną strukturę, masę cząsteczkową, właściwości fizyczne, biologiczne i chemiczne [Perla i in. 2012, Rytel i in. 2014]. Najważniejszym źródłem polifenoli po jabłkach i pomarańczach są ziemniaki [Chun i in. 2005, Ezekiel i in. 2013, Mattila i Hellström 2007, Navarre i in. 2009, Perla i in. 2012], które zawierają średnio – 160 mg·100 g⁻¹ świeżej masy. Duże ilości tych związków występują w czosnku – 150; szpinaku – 105; fasoli – 95 i brokułach – 85, a najmniej w kapuście białej – 25 i w ogórkach – 10 mg·100 g⁻¹ świeżej masy [Navarre i in. 2009]. Według innych autorów [Dietrich i in. 2004, Gheribi 2011, Podsędek i Sosnowska 2007, Wolski i in. 2007], szczególnie wysoką zawartość polifenoli ma nać pietruszki – 13600, jej korzeń – 310, owoce aronii – 2080, czarnej porzeczki – 560, wiśni – 460 mg·100 g⁻¹ świeżej masy oraz soki ze świeżo wyciśniętych owoców pomarańczy, grejpfrutów i jabłek.

Związki polifenolowe ze względu na strukturę można podzielić na: kwasy fenolowe, flawonoidy, taniny i ligniny. Zaliczamy je do związków fitochemicznych, które wcześniej

¹ Adres do korespondencji – *Corresponding address:* a.wierzbicka@ihar.edu.pl

uznane były za wtórne metabolity i nie wiązano ich występowania w roślinach z pozytywnym wpływem na organizm człowieka [Brown 2008, Perla i in. 2012]. Tymczasem, składniki fitochemiczne odgrywają ważną funkcję antyoksydacyjną (przeciwutleniającą) przyczyniając się do opóźniania starzenia, zapobiegania chorobom, w tym nowotworom [Albishi i in. 2013, Al-Saikhan i in. 1995, Brown 2005, Eryigit i in. 2014, Ezekiel i in. 2013, Friedman i Levin 2009, Mäder i in. 2009, McCay i in. 1987]. Ich właściwości antyoksydacyjne polegają na hamowaniu powstawania reaktywnych form tlenu (ROS) lub azotu (RNS) tworzących wolne rodniki, neutralizowaniu ich, chelatowaniu jonów metali Cu i Fe o charakterze utleniającym oraz obniżaniu aktywności enzymów katalizujących reakcję utleniania. Ponadto polifenole zapobiegają zakrzepom, chronią naczynia przed szkodliwym „złym” cholesterolem LDL, ograniczają wchłanianie cukrów w przewodzie pokarmowym i przyspieszają spalanie tłuszczów zgromadzonych w tkankach, działają antibakteryjne, przeciwwirusowo i przeciwgrzybiczo, odpowiadają za żółte, czerwone, zielone i niebieskie zabarwienie warzyw i owoców (flawonoidy). Związki polifenolowe także wpływają na cechy sensoryczne takie jak smak, barwa lub tekstura przetworzonej żywności pochodzenia roślinnego [Perla i in. 2012, Rytel i in. 2014].

W związku z tym, że ziemniak zawiera związki polifenolowe jest niezmiernie istotny w codziennej diecie. Niedobory żywieniowe nie są znane w krajach, w których ziemniaki są podstawą pożywienia ludności [McCay i in. 1987, Perla i in. 2012]. Rola polifenoli w naturze połączona z wymaganiami rynku wywołała intensywne badania w tym kierunku zarówno na świecie jak i w Polsce [Eryigit i in. 2014, Friedman i Levin 2009, Manach i in. 2004, Rytel i in. 2014]. Również w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR w Jadwisinie, bada się od roku 2007 zawartość polifenoli w ziemniakach.

Celem badań była ocena zawartości polifenoli w tym kwasów fenolowych i flawonoidów w bulwach ziemniaka uprawianego w systemie ekologicznym w zależności od odmiany i efektywnych mikroorganizmów glebowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły bulwy ziemniaka uprawiane na glebie lekkiej pola doświadczalnego należącego do Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie (52°29' N, 21°03' E).

Technologia uprawy ziemniaków prowadzona była według zasad obowiązujących w rolnictwie ekologicznym. W doświadczeniu zastosowano obornik – 25 t·ha⁻¹, zmianowanie 5-półowe: ziemniaki, owies, łubin żółty, żyto i facelię oraz rośliny międzyplonowe na przyoranie: peluszkę, gorczycę białą i seradelę. Na połowie kombinacji pola ekologicznego zastosowano efektywne mikroorganizmy glebowe, drugą połowę stanowiły obiekty bez efektywnych mikroorganizmów glebowych.

Analizę składników wykonano w Zakładzie Żywności Ekologicznej, SGGW w Warszawie, metodą chromatografii cieczowej HPLC. Rozdział związków wykonano pod ciśnieniem powyżej 100 atmosfer przy użyciu eluentu (metanol) o długości fali 250–370 nm. Do identyfikacji związków użyto standardów Fluka i Sigma Aldrich o czystości 99,5%.

W latach 2009–2010 badano odmiany: Agnes, Berber, Fianna, Miłek, Owacja, Tajfun, Ursus i Vitara. W skład mikroorganizmów wchodziły bakterie kwasu mlekowego, promieniowce, drożdże i grzyby fermentujące. Efektywne mikroorganizmy stosowano w jednym roku w formie oprysku na glebę roztworem preparatu EM Farming, a w następnym roku w formie preparatu proszkowego Humobak, który wysiewano w dawce według zaleceń producenta, a następnie mieszano z glebą za pomocą kultywatora z broną. Uzyskane wyniki poddano obliczeniom

statystycznym metodą analizy wariancji w programie Anova. W celu wykazania istotnych różnic między próbkami zastosowano test Tukeya ($\alpha=0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie wykonanej analizy wariancji wyników badań wykazano, że wpływ czynnika odmianowego na zawartość polifenoli ogółem, kwasów fenolowych i flawonoidów był istotny, natomiast efektywne mikroorganizmy wpływały istotnie na zawartość polifenoli ogółem i kwasów fenolowych (tab. 1).

Tabela 1. Wyniki analizy wariancji polifenoli ogółem, kwasów fenolowych i flawonoidów w bulwach ziemniaka w $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ świeżej masy

Table 1. The results for variance analysis of total poliphenols, phenolic acid and flavonoids in potato tubers in $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ of FW

Czynniki Factors	Polifenole ogółem Total poliphenols	Kwasy fenolowe Phenolic acid	Flawonoidy Flavonoids
1. Odmiana – Cultivar	xx	xx	x
2. EM ¹ /bez – no EM	xx	xx	
1 x 2	x	x	

EM¹ – efektywne mikroorganizmy – effective microorganisms; bez EM – bez efektywnych mikroorganizmów – no effective microorganisms

istotny przy $\alpha=0,05$ – x; 0,01 – xx – significant at $\alpha=0,05$ – x, 0,01 – xx

Zawartość polifenoli w bulwach była różnicowana głównie przez genotyp (tab. 2). Najwięcej polifenoli ogółem zawierały bulwy średnio późnej odmiany Ursus (191,3) i wczesnej odmiany Miłek (191,5), a najmniej ziemniaki bardzo wczesnej odmiany Berber (157,9 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ świeżej masy). Odmianowy charakter zróżnicowania zawartości polifenoli uwarunkowany kolorem miąższu, pochodzeniem odmiany i dojrzałością bulw udowodniło wielu autorów [Albishi i in. 2013, Al-Saikhan i in. 1995, Brown 2008, Ezekiel i in. 2013, Friedman i Levin 2009, Mäder i in. 2009, Navarre i in. 2011, Rytel i in. 2014]. Według Al-Saikhan i in. [1995] zawartość polifenoli w ziemniakach jest bardzo zróżnicowana i mieści się w granicach od 53 do 177 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ świeżej masy, a według Navarre i in. [2009, 2011] zawartość tych związków była największa w ziemniakach w porównaniu do innych warzyw (pomidory, sałata czosnek i brokuły) i wynosiła średnio 160 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$ świeżej masy. W prowadzonych badaniach średnia zawartość polifenoli ogółem wynosiła 175,9 (tab. 2) i była najbardziej zbliżona do badań wykazanych przez amerykańskich naukowców [Al-Saikhan i in. 1995, Navarre i in. 2009, 2011]. Mniejszy zakres zmienności (8–52) przedstawili badacze z Finlandii [Mattila i Hellström 2007], którzy badali ziemniaki i warzywa zakupione w supermarketach i na straganach w Helsinkach. Podali oni, że ziemniaki gotowane bez skórki odmiany Van Gogh zawierają tyle samo związków fenolowych co sałata – 52 $\text{mg}\cdot 100\text{ g}^{-1}$, a pozostałe warzywa: czerwona kapusta, marchew, oberżyna, topinambur, brokuły, szpinak, rzodkiewka i czerwone buraki zawierają ich mniej. Jak dotąd nie określono norm dla zawartości polifenoli w ziemniakach, ale w badaniach amerykańskich i kanadyjskich [Burlingame i in. 2009, Xiuhong i in. 2012] określono, że ziemniaki mogą zawierać

Tabela 2. Zawartość polifenoli w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany i mikroorganizmów glebowych

Table 2. Content of polyphenols in potato tubers depending on the variety and soil microorganisms

Czynnik Factor	Kwas chlorogenowy Chlorogenic acid	Kwas galusowy Gallic acid	Kwas felurowy Felic acid	Kwasy kawowy Caffeic acid	Kwasy fenolowe ogółem Total phenolic acid	Flawonoidy Flavonoids	Polifenole ogółem Total polyphenols
	mg·100 g ⁻¹ świeżej masy – mg·100 g ⁻¹ fresh matter						
Odmiana – Variety							
Agnes	157,6	8,6	10,7	0,7	177,6	5,8	183,4
Berber	132,6	7,3	12,2	0,6	152,7	5,2	157,9
Fianna	153,7	5,6	12,3	0,8	172,4	6,1	178,5
Milek	163,2	9,2	13,0	0,8	186,2	5,3	191,5
Owacja	137,0	9,2	12,8	0,8	159,8	5,5	165,3
Tajfun	146,3	6,7	11,9	0,7	165,6	6,6	172,2
Ursus	163,0	8,2	12,6	0,8	184,6	6,7	191,3
Vitara	142,7	7,5	11,1	0,8	162,1	5,3	167,4
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	11,8	2,1	3,4	r.n.	12,3	1,5	12,7
Efektywne mikroorganizmy – Effective microorganisms							
Bez – No EM	145,7	7,7	10,6	0,7	164,8	5,6	170,4
EM	153,3	7,8	13,6	0,8	175,4	6,0	181,3
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}	3,8	r.n.	1,1	r.n.	3,9	r.n.	4,0
Średnio – Mean	149,5	7,8	12,1	0,7	170,1	5,8	175,9

nawet do 580 mg·100 g⁻¹ świeżej masy. Głównym kwasem fenolowym oznaczonym w ziemniaku jest kwas chlorogenowy, którego zawartość wahała się w zakresie 132,6–163,2 mg·100 g⁻¹. Stanowił on w zależności od odmiany od 86 do 89% sumy kwasów fenolowych i 83–86% polifenoli ogółem. Oprócz kwasu chlorogenowego w ziemniaku oznaczono: kwas galusowy, felurowy i kawowy oraz flawonoidy o zawartości w zakresie odpowiednio: 5,6–9,2; 10,7–13,0; 0,6–0,8; 5,2–6,7 mg·100 g⁻¹ (tab. 2). Według innych badaczy [Ezekiel i in. 2013, Gawlik-Dziki 2004, Rytel i in. 2014] kwas chlorogenowy i jego izomery (krypto-, neo- i isochlorogenowy) przeważają w ilości kwasów fenolowych w ziemniaku i wynoszą około 90% całkowitej zawartości fenoli w bulwach, a pozostałe kwasy: kawowy, kumarynowy, ferulowy i kwas synapinyowy występują w małych ilościach. Navarre i in. [2011] podali różne zawartości kwasu chlorogenowego dla białych, żółtych, biało-czerwonych i czerwono-fioletowych ziemniaków, które

wynosiły odpowiednio: 31–170; 23–211; 21–231; 80–473 mg·100 g⁻¹ suchej. masy. Wielu autorów [Brown 2008, Lewis i in. 1998, Navarre i in. 2011, Perla i in. 2012, Rytel i in. 2014] badających ziemniaki o różnych kolorach skórki i miąższu wykazało, że odmiany o białym i żółtym miąższu zawierają od dwóch do trzech razy mniej kwasów fenolowych i flawonoidów niż odmiany o biało-czerwonym i czerwono-fioletowym miąższu. Według Mulinacci i in. [2008] zawartość składników fenolowych w fioletowym i czerwonym miąższu ziemniaków była zbliżona i wynosiła średnio 101,8 mg·100 g⁻¹ świeżej masy, a w ziemniakach o białym miąższu była prawie dziesięciokrotnie mniejsza – 12,1 mg·100 g⁻¹. Niektórzy badacze [Brown 2008, Lewis i in. 1998, Navarre 2009, Rytel i in. 2014] wykazali również, że w skórce bulw ziemniaka jest więcej związków fenolowych niż w miąższu, a Lewis i in. [1998] określił, że zawartość antocyjanów w skórce czerwonej i purpurowej może wynosić nawet 700 mg·100 g⁻¹ świeżej masy. W latach 2009–2010 na połowie pola ekologicznego zastosowano preparaty z efektywnymi mikroorganizmami nazywane „użyźniaczami glebowymi”, które dzięki zawartym w nich mikroorganizmom przekształcają niedostępne formy składników w formy przyswajalne. Wcześniej prace udowodniły [Trawczyński i Bogdanowicz 2007, Wierzbicka i Trawczyński 2011], że zaszczerpienie gleby mikroorganizmami poprawia jej żyzność, plonowanie roślin i skład chemiczny bulw. W prowadzonych badaniach wykazano, że bulwy zebrane z obiektów z mikroorganizmami zawierały więcej kwasów fenolowych od bulw z poletek bez mikroorganizmów. Zastosowanie efektywnych mikroorganizmów przyczyniło się do zwiększenia zawartości kwasu chlorogenowego i kwasu felurowego w bulwach o 7,6 i 3,0 mg·100 g⁻¹ (tab. 2), natomiast nie miało wpływu na zawartość kwasów występujących w mniejszości tj. galusowego i kawowego oraz flawonoidów.

Z flawonoidów występujących w ziemniaku oznaczono: kempferol o średniej zawartości – 4,3; myricetynę – 1,0; kwercetynę – 0,3 i luteolinę – 0,2 mg·100 g⁻¹ świeżej masy (tab. 3). Trzy pierwsze należą do grupy flawonoli – barwników żółtych lub kremowych, a ostatni do flawonów o barwie żółtej. Zawartość flawonoidów stanowiła od 3 do 4% polifenoli. Lewis i in. [1998] podali, że ilość flawonoidów w ziemniaku mieści się w zakresie 2–3 mg·100 g⁻¹ świeżej

Tabela 3. Zawartość flawonoidów w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany
Table 3. Content of flavonoids in potato tubers depending on the variety

Odmiana Variety	Kempferol Kaempferol	Myricetyna Myricetin	Kwercetyna Quercetin	Luteolina Luteolin	Suma Total
	mg·100 g ⁻¹ świeżej masy – mg·100 g ⁻¹ fresh matter				
Agnes	4,29	0,98	0,36	0,21	5,84
Berber	3,77	0,94	0,30	0,20	5,21
Fianna	4,47	1,03	0,37	0,20	6,07
Milek	3,69	1,04	0,33	0,20	5,26
Owacja	4,04	0,93	0,32	0,21	5,50
Tajfun	4,99	1,10	0,35	0,20	6,64
Ursus	5,06	1,07	0,35	0,21	6,69
Vitara	3,95	0,87	0,32	0,18	5,32
Średnio – Mean	4,28	1,00	0,34	0,20	5,82

masy, a najważniejsze flawonoidy to: katechina, kempferol i naringenina. Antocyjany są ważną podgrupą flawonoidów decydującą o barwie czerwonej, niebieskiej i fioletowej czyli nie występują w ziemniakach o miąższu białym, kremowym i żółtym. Duże zróżnicowanie zawartości fenoli zaobserwowano u odmian jadalnych słodkiego ziemniaka (*Ipomea batata* L.), który jest daleko spokrewniony z ziemniakiem (*Solanum tuberosum* L.) i nie należy do rodziny psiankowatych (*Solanaceae*) tylko powojowatych (*Convolvulaceae*) [Teow i in. 2007].

WNIOSKI

1. Zawartość polifenoli w bulwach ziemniaka była warunkowana głównie przez genotyp. Najwięcej tych związków zawierała wczesna odmiana Miłek – 191,5, a najmniej bardzo wczesna odmiana Berber – 157,9 mg·100 g⁻¹ świeżej masy.
2. Z polifenoli występujących w ziemniaku najważniejszy jest kwas chlorogenowy, którego zawartość w zależności od odmiany stanowiła od 83 do 86% wszystkich związków fenolowych, a pozostałe kwasy fenolowe (galusowy, felurowy i kawowy) i flawonoidy występują w mniejszości.
3. Efektywne mikroorganizmy wpłynęły istotnie na zwiększenie zawartości kwasu chlorogenowego i kwasu felurowego, natomiast nie miały wpływu na zawartość kwasu galusowego i kawowego oraz flawonoidów.

PIŚMIENNICTWO

- Albishi T., John J.A., Al-Khalifa A.S., Shahidi F. 2013. Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *J. Funct. Foods* 5: 590–600.
- Al-Saikhan M.S., Howard L.R., Miller J.C. 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). *J. Food Sci.* 60: 341–343.
- Brown C.R. 2005. Antioxidants in potato. *Am. J. Pot. Res.* 62: 163–172.
- Brown C.R. 2008. Breeding for phytonutrient enhancement of potato. *Am. J. Pot. Res.* 85: 298–307.
- Brown C.R., Culley D., Bonierbale M., Amorós W. 2007. Anthocyanin, carotenoid content and antioxidant values in native South American potato cultivars. *Hort. Sci.* 42: 1733–1736.
- Burlingame B., Mouille B., Charrondier B. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *J. Food Compos. Anal.* 22: 494–502.
- Chun O.K., Kim D.O., Smith N., Schroeder D., Han J.T., Lee C.Y. 2005. Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the American diet. *J. Sci. Food Agric.* 85: 1715–1724.
- Dietrich H., Rechner C.D., Patz C.D. 2004. Bioactive compounds in fruit and juice. *Fruit Proc.* 1: 50–55.
- Eryigit T., Kumlay A., M., Yildirim B. 2014. Potato antioxidants: effect of environmental conditions and agronomical practices. 19th Triennial Conference of the European Association for Potato Research EAPR, Brussels 6 to 11 July 2014, Abstracts Book (appendix): 288.
- Ezekiel R., Singh N., Sharma S., Kaur A. 2013. Beneficial phytochemicals in potato – a review. *Food Res. Int.* 50: 487–496.
- Friedman M., Levin C.E. 2009. Analysis and biological activities of potato glycoalkaloids, calystegine alkaloids, phenolic compounds, and anthocyanins, Singh J., Kaur L. (Ed.) *Advances in potato chemistry and technology*, Elsevier-Academic Press, USA: 127–161.
- Gawlik-Dziki U. 2004. Phenolic acids as bioactive compounds in food products. *ZNTJ* 4. 41: 29–40.
- Gheribi E. 2011. Związki polifenolowe w owocach i warzywach. *Medycyna Rodzinna* 4: 111–115.
- Lewis C.E., Walker J.R.L., Lancaster J.E., Sutton K.H. 1998. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. I: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum* L. *J. Sci. Food Agric.* 77: 45–57.

- Mäder J., Rawel H., Kroh L.W. 2009. Composition of phenolic compounds and glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine during commercial potato processing. *J. Agric. Food. Chem.* 57: 6292–6297.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy C., Jimenez, L. 2004. Polyphenols: Food sources and bio-availability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79: 727–747.
- Mattila P., Hellström J. 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *J food compose anal.* 20/3–4: 152–160.
- McCay, C.M., McCay, J.B., Smith O. 1987. The nutritive value of potatoes. In W. F. Talburt, & O. Smith (Eds.), *Potato Proc.* 287–332.
- Mulinacci N., Ieri F., Giaccherini C., Innocenti M., Andrenelli L., Canova G., Saracchi M., Casiraghi M.C. 2008. Effect of cooking on the anthocyanins, phenolic acids, glycoalkaloids, and resistant starch content in two pigmented cultivars of *Solanum tuberosum* L. *J. Agric. Food. Chem.* 56: 11830–11837.
- Navarre D.A., Goyer A., Shakya R. 2009. Chapter 14 – Nutritional value of potatoes: vitamin C, phytonutrient and mineral content. *Advances in Potato Chemistry and Technology*: 395–424.
- Navarre D.A., Pillai S.S., Shakya R., Holden M.J. 2011. HPLC profiling of phenolics in diverse potato genotypes. *Food Chem.* 127: 34–41.
- Perla V., Holm D.G., Jayanty S.S., 2012. Effect of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *Food Sci. Technol.* 45: 161–171.
- Podsędek A., Sosnowska D. 2007. Występowanie związków polifenolowych w warzywach. W: *Przeciwoxidacyjne w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Grajek W. (red.). *Wyd. Nauk.-Techn.*: 151-157.
- Rytel E., Tajner-Czopek A., Kita A., Aniołowska M., Kucharska A.Z., Sokół-Lętowska A., Hamouz K. 2014. Content of polyphenols in coloured and yellow fleshed potatoes during dices processing. *Food Chem.* 161: 224–229.
- Teow C., Truong R., McFeeters R., Thomson R., Pecota K. 2007. Antioxidant activities, phenolic and beta-carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food Chem.* 103: 829–838.
- Trawczyński T., Bogdanowicz P. 2007. Wykorzystanie użytkownika glebowego w aspekcie ekologicznej uprawy ziemniaka. *J. Res. App. Agr. Eng.* 52(4): 94–97.
- Wierzbička A., Trawczyński C. 2011. Wpływ nawadniania i mikroorganizmów glebowych na zawartość makro i mikroelementów w bulwach ziemniaków ekologicznych. *Fragm. Agron.* 28(4): 139–148.
- Wolski T., Kalisz O., Prasał M., Rolski A. 2007. Aronia czarno owocowa – zasobne źródło antyoksydantów. *Post. Fitoterapii* 3: 145–154.
- Xiuhong Ji., Rivers L., Zielinski Z., Xu M., MacDougall E., Stephen J., Zhang S., Wang Y., Chapman R.G., Keddy P., Robertson G.S., Kirby C.W., Embleton J., Worrall K., Murphy A., Koeber D., De, Tai H., Yu L., Charter E., Zhang J. 2012. Quantitative analysis of phenolic components and glycoalkaloids from 20 potato clones and in vitro evaluation of antioxidant, cholesterol uptake and neuroprotective activities *Food Chem.* 133: 1177–1187.

A. WIERZBIČKA, E. HALLMANN, M. GRUDZIŃSKA

POLYPHENOL CONTENT OF POTATOES DEPENDING ON THE VARIETY AND EFFECTIVE MICROORGANISMS

Summary

The aim of this study was to evaluate the content of polyphenols including phenolic acids and flavonoids in potato tubers grown in the organic system depending on the variety and effective soil microorganisms. Potatoes were grown on a field belonging to the Plant Breeding and Acclimatization Institute in the years 2009–2010. Polyphenol content was carried out in the Department of Organic Food, Agricultural University in Warsaw by liquid chromatography HPLC. The dominant polyphenols of potatoes is chlorogenic acid, which content for organic tubers ranged from 132.6–163.2 mg:100 g⁻¹ fresh weight. Chloro-

genic acid was from 83 to 86% of all phenolic compounds. The remaining quantities of phenolics were represented by ferulic, gallic and caffeic acid which were from 11 to 14% polyphenols and flavonoids which were 3–4%. The content of phenolic compounds varied significantly depending on the genotype. Most of these compounds contain an average of late variety Ursus – 191.3 and early variety Milek – 191.5 and the least very early variety Berber – 157.9 mg·100 g⁻¹ fresh weight. Effective soil microorganisms resulted in increase in the content of total polyphenols (including phenolic acids) on average 10.9 mg·100 g⁻¹ fresh weight, relative to tubers from plots without microorganisms, but does not affect the content of flavonoids.

Key words: potato, polyphenols, organic system, variety, effective soil microorganisms

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 24.09.2015

Do cytowania – *For citation*:

Wierzbicka A., Hallmann E., Grudzińska M. 2015. Zawartość polifenoli w ziemniakach w zależności od odmiany i efektywnych mikroorganizmów. *Fragm. Agron.* 32(4): 81–88.