

Małgorzata KOWCZYK-SADOWY, Sławomir OBIDZIŃSKI, Magdalena JOKA, Jolanta PIEKUT
Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
Politechnika Białostocka

Ocena zawartości związków fenolowych i aktywności wody w wybranych warzywach poddanych suszeniu

Streszczenie

Celem pracy była analiza wpływu procesu suszenia na zawartość polifenoli oraz wartości aktywności wody w wybranych warzywach dostępnych na rynku podlaskim. Materiał do badań stanowiło siedem gatunków warzyw: ziemniak, szpinak, pomidor, marchew, korzeń selera, korzeń pietruszki oraz cebula. Wybór został podyktowany ich częstym wykorzystaniem przez konsumentów. Suszenie przeprowadzono metodą konwekcyjną w suszarce laboratoryjnej w temp. 80°C przez 2 godziny. Całkowitą zawartość związków fenolowych w świeżych i suszonych metanolowych ekstraktach, oznaczono za pomocą odczynnika Folina – Ciocalteu (F - C). W pracy oznaczono również aktywność wody zarówno w warzywach świeżych jak i poddanych procesowi suszenia, z wykorzystaniem aparatu AquaLab. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w większości zbadanych próbek, warzywa świeże posiadały większą ilość polifenoli w porównaniu do warzyw suszonych. Największą ilość polifenoli (1,939 mg GAE/g_{s.m.}) oznaczono w świeżym pomidorze, a spośród warzyw suszonych najwięcej związków fenolowych zawierał szpinak (1,472 mg GAE/g_{s.m.}). W wyniku procesu suszenia aktywność wody spadła o ok. 50% w stosunku do warzyw świeżych. Najwyższą aktywność wody wśród warzyw świeżych posiadał ziemniak (0,998), w przypadku suszonych - szpinak (0,554).

Słowa kluczowe: warzywa, polifenole, aktywność wody, suszenie

Evaluation of phenolic compounds and water activity of selected vegetables treated to the drying

Summary

The aim of the study was to analyze the impact of the drying process on the content of polyphenols and water activity values in selected vegetables available on the Podlasie market. The research material consisted seven species of vegetables: potatoes, spinach, tomatoes, carrots, celery root, parsley root and onion. Selection was dictated by their frequent use by consumers. Drying was carried out by convection in the oven temp. of 80°C for 2 hours. The total content of the polyphenols compounds in fresh and dried methanol extracts was determined by using the Folin – Ciocalteu method (F - C). This work also attempts to assess the water activity in both, the fresh vegetables and subjected to a drying process using AquaLab apparatus. Basing on the conducted study, it was found that in most of the analyzed samples fresh vegetables have more polyphenols comparing to dried vegetables. The greatest amount of polyphenols were determined in fresh tomatoes (1.939 mg GAE/g_{d.w.}) and dried spinach (1.472 mg GAE/g_{d.w.}). As a result of the drying process, the water activity decreased by approx. 50% compared to the fresh vegetables. The highest water activity in fresh vegetables have potatoes (0.998), in the case of dried - spinach (0.554).

Key words: vegetables, polyphenols, water activity, drying

Wstęp

Wraz z pokarmem do organizmu człowieka dostarczane są różne związki, m.in. związki wykazujące właściwości przeciwutleniające, tj. witaminy: A, C, E, β -karoten oraz związki należące do grupy polifenoli.

Gheribi (2013), twierdzi, że bogatym źródłem związków polifenolowych, zarówno kwasów fenolowych, jak i flawonoidów są owoce i warzywa, będące bardzo ważnymi składnikami codziennego pożywienia. Charakteryzują się one niską energiętycznością (kalorycznością), bogactwem węglowodanów, w tym włókna pokarmowego zarówno rozpuszczalnego, jak i nierozpuszczalnego, oraz składników mineralnych

i witamin, regulujących prawidłowe procesy przemiany materii zachodzące w organizmie człowieka, ale również chroniących przed stresem oksydacyjnym.

Wielu naukowców, w swoich badaniach dowiodło, że polifenole chronią układ krążenia poprzez hamowanie utleniania lipoprotein LDL, działają przeciwzapalnie, zmniejszają poziom lipidów w osoczu, obniżają ciśnienie krwi dzięki hamowaniu agregacji płytek krwi oraz zmniejszają krzepliwość krwi (Janeczko, 2004; Urquiaga i Leighton, 2000; Ziemiański i Wartanowicz, 1999; Loke i in., 2010).

Gheribi (2013) zauważyła, iż zawartość związków fenolowych w produktach spożywczych jest bardzo różna i zależna od

szeregu czynników, m.in. sposobu uprawy, obróbki technologicznej oraz czasu przechowywania. Korzystny wpływ ekologicznego systemu upraw na zawartość związków biologicznie aktywnych w warzywach, zwłaszcza korzeniowych potwierdza również większość doniesień literaturowych (Hallmann i Rembiałkowskiej, 2007, www.inwarz.skierniewice.pl). Również obróbka wstępna, czyli obieranie, cięcie czy rozdrabnianie warzyw i owoców obniża potencjał przeciwutleniający materiału roślinnego o 20 do 60% w stosunku do surowca wyjściowego z powodu działania polifenolooksydazy (McCarthy i Mathews, 1994). Podobnie przemiał zbóż powoduje spadek aktywności przeciwutleniającej końcowego produktu (Slavin i in., 1999; Wałoch i in., 2003). Z kolei, jak podają Hunter i Fletcher (2002) oraz Nicoli i współautorzy (1999) blanszowanie warzyw i owoców wpływa na zachowanie przez nie w większym stopniu ich aktywności przeciwutleniającej w trakcie przechowywania niż w przypadku surowców nieblanszowanych. Zawartość polifenoli w bulwach ziemniaka jest warunkowana głównie przez jego genotyp. W produkcji tym najważniejszy jest kwas chlorogenowy, którego zawartość w zależności od odmiany stanowi od 83 do 86% wszystkich związków fenolowych, natomiast pozostałe kwasy fenolowe takie jak galusowy, felurowy, kawowy i flawonoidy występują w mniejszości (Wierzbicka i in., 2015). Duże ilości polifenoli również posiadają: czosnek – 150/100g świeżej masy; szpinak – 105/100g świeżej masy; fasola – 95/100g świeżej masy i brokuł – 85/100g świeżej masy, a najmniej kapusta biała – 25/100g świeżej masy i ogórki – 10 mg/100g świeżej masy (Navarre i in., 2009).

Według Lewickiego (2003), parametrem umożliwiającym powiązanie stanu termodynamicznego wody w produktach spożywczych z ich właściwościami, jakością i trwałością jest aktywność wody. Jak podaje Lewicki (2003), woda czysta charakteryzuje się aktywnością równą 1, zaś pozbawiony wody produkt ma aktywność wody równą 0.

Pałacha (2007) twierdzi, że najlepszym narzędziem do pomiaru stanu wody w żywności jest wyznaczenie izoterm sorpcji lub desorpcji wody, które wymagają znajomości aktywności wody i jej zawartości w materiale. Dysponując izotermami sorpcji wyznaczonymi w kilku wartościach temperatury można określić właściwości sorpcyjne żywności, a także wyznaczyć izotermiczne ciepło sorpcji materiału, które mówi o przemianach energetycznych zachodzących w nim podczas procesu sorpcji i pośrednio, jak twierdzi Rizvi (1995), informujące o stanie związania wody w materiale.

Aktywność wody wpływa na przebieg procesów biologicznych a szczególnie na rozwój i zdolność do podziału drobnoustrojów. Jak podaje wielu naukowców Peng i in. (2007) oraz Sinija i Mishra (2008), zawartość wody jest jednym z czynników decydujących o nasileniu zmian chemicznych, fizycznych i mikrobiologicznych, co wpływa na stabilność przechowalniczą żywności suszonej. Potwierdzają to Kędzierska i Pałacha (2011), którzy wyznaczali izotermie adsorpcji wody dla suszu pieczarek w czterech różnych wartościach temperatury 5, 15, 25 i 35°C, w zakresie aktywności wody od 0,006 do 0,910.

Jedną z metod przedłużenia trwałości roślinnych produktów spożywczych, jest ich odwodnienie, najczęściej metodą susze-

nia konwekcyjnego (Lentas i Witrowa-Rajchert, 2009). Niestety w wyniku działania wysokiej temperatury oraz podczas usuwania wody dochodzi do obniżenia aktywności przeciwutleniającej. Nowacka i współpracownicy (Nowacka i in., 2011) zauważyły, że podczas suszenia sublimacyjnego ilość polifenoli zmniejsza się o ok. 9%, natomiast w przypadku procesu suszenia w wysokich temperaturach, odnotowano spadek polifenoli do 29% w stosunku do zawartości w świeżym materiale.

Cel i zakres badań

Celem badań było oznaczenie zawartości związków polifenolowych oraz wartości aktywności wody w wybranych warzywach dostępnych na rynku podlaskim. W pracy podjęto również próbę oceny zawartości tych związków oraz zmian wartości aktywności wody w badanych warzywach poddanych procesowi suszenia.

Materiał i metoda

Materiał do badań stanowiły następujące warzywa: ziemniak, szpinak, pomidor, marchew, korzeń selera, korzeń pietruszki i cebula. Suszenie przeprowadzono metodą konwekcyjną w suszarce laboratoryjnej w temperaturze 80°C przez 2 godziny, gdyż po badaniach wstępnych stwierdzono, że przy tych parametrach można dla badanych warzyw uzyskać stałą masę.

Oznaczanie wilgotności surowców wykonano zgodnie z normą PN-76/R-64752 na wagosuszarce Radwag MAX 60 z dokładnością 0,001% (rys. 1.).

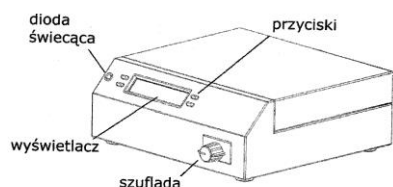


Rys. 1. Stanowisko do oznaczania wilgotności z wykorzystaniem wagosuszarki Radwag MAX 60

Fig.1. The stand for investigating the moisture content using the Radwag MAX 60 moisture analyzer

W trakcie badań każdorazowo określano wilgotność pięciu próbek. Do pomiaru pobierano próbki o masie 5 g i suszono je w temperaturze 105°C do momentu, aż wskazania wagosuszarki w trakcie trzech kolejnych odczytów w odstępach 15 s pozostaną niezmiennione. Za wynik końcowy oznaczenia wilgotności przyjmowano wartość średnią z otrzymanych oznaczeń.

Badania aktywności wody badanych odpadów przeprowadzono z wykorzystaniem aparatu AquaLab (rys. 2), który stwarza możliwość szybkich i dokładnych oznaczeń aktywności wody w próbkach materiałów biologicznych, jak również w innych sorbentach wody.



Rys. 2. Aparat AquaLab do oznaczania aktywności wody: a - schemat aparatu; b - widok aparatu

Fig. 2. Apparatus for defining the water activity: a - schema of the apparatus; b - view of the apparatus

Wyniki podawane przez aparat zapewniają dokładność do $\pm 0,003 a_w$. Próbkę o masie ok. 0,5 g umieszczano w specjalnym pojemniku badawczym w komorze pomiarowej aparatu. Po zamknięciu komory aparatu pomiar był

uruchamiany automatycznie przez oprogramowanie aparatu. Za wynik końcowy aktywności wody badanych warzyw przyjęto wartość średnią z pięciu otrzymanych oznaczeń.

Całkowitą zawartość związków fenolowych określono metodą spektrofotometryczną przy użyciu odczynnika Folin-Ciocalteu, wyrażając wynik jako całkowitą zawartość kwasu galusowego w przeliczeniu na suchą masę (GAE w mg/g_{s.m.}) (Djeridane i in., 2006). W tym celu odważono warzywa (ok. 2 g świeżych i ok. 1 g suszonych), które następnie ekstrahowano dwukrotnie wodnym roztworem metanolu o stężeniu 70% v/v. Po zakończeniu ekstrakcji, wydatki przesączono. Z ekstraktu pobrano 0,25 cm³ roztworu, dodano 1,25 cm³ odczynnika Folin-Ciocalteu i wymieszano. Następnie dodano 1 cm³ roztworu Na₂CO₃, wymieszano i inkubowano w temperaturze pokojowej przez 2 godziny. Po upływie tego czasu zmierzono absorbancję przy długości fali 760 nm. Zawartość związków fenolowych odczytano z krzywej wzorcowej ($y=0,064x+0,010$, $R^2=0,996$) kwasu galusowego. Analizy wykonano w pięciu powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

W tabelach 1 i 2 oraz na rysunkach 3 i 4 przedstawiono wyniki badań średniej zawartości polifenoli i aktywności wody w warzywach świeżych i suszonych.

Tab. 1. Zawartość polifenoli i aktywności wody w warzywach świeżych

Tab. 1. The content of polyphenols and water activity in fresh vegetables

Lp. No.	Rodzaj warzywa; Type of vegetable	Masa próbki [g]; Sample weight [g]	Zawartość wody [%]; Water content [%]	Zawartość suchej masy [g _{s.m.}]; Dry matter [g _{s.m.}];	Średnia zawartość polifenoli [mg GAE/g _{s.m.}]; The average polyphenols content [mg GAE/g _{d.w.}]	Aktywność wody [a _w]; Water activity [a _w]
1	Szpinak; Spinach	2,191	61,365	0,847	0,539	0,988
2	Pomidor; Tomato	2,288	96,195	0,088	1,939	0,989
3	Ziemniak; Potato	2,234	80,829	0,428	0,535	0,998
4	Marchew; Carrot	2,233	89,468	0,235	0,998	0,990
5	Korzeń selera; Celery root	2,023	87,336	0,256	0,869	0,987
6	Korzeń pietruszki; Parsley root	2,310	73,304	0,617	0,277	0,984
7	Cebula; Onion	2,068	91,855	0,168	1,075	0,989

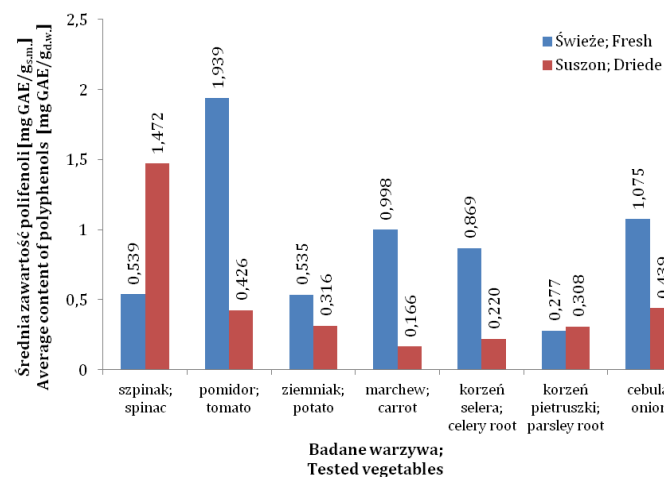
Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zawartość polifenoli w badanych warzywach była zróżnicowana.

Największą ilość związków fenolowych oznaczono w pomidorze. W świeżym materiale stanowiła ona 1,939 mg GAE/g_{s.m.} produktu, a w suszonym 0,426 mg GAE/g_{s.m.} produktu. W pozostałych warzywach było ich o ponad 50 %

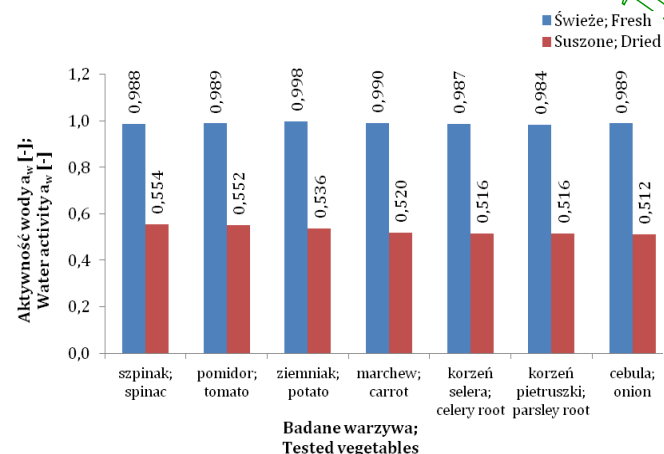
mniej. Spośród badanych warzyw, świeży korzeń pietruszki wykazywał najniższą zawartość polifenoli, (0,277 mg GAE/g_{s.m.} produktu), jednak po procesie suszenia wartość ta wzrosła do 0,308 mg GAE/g_{s.m.} produktu. Wśród wysuszonych warzyw najmniej polifenoli oznaczono w marchwi (0,166 mg GAE/g_{s.m.}), a najwięcej w szpinaku (1,472 mg GAE/g_{s.m.}) – rysunek 3.

Tab. 2. Zawartość polifenoli i aktywności wody w warzywach suszonych
 Tab. 2. The content of polyphenols and water activity in dried vegetables

Lp. No.	Rodzaj warzywa Type of vegetable	Masa próbki [g]; Sample weight [g]	Średnia zawartość polifenoli [mg GAE/g _{s.m.}]; The average polyphenols content [mg GAE/g _{s.m.}]	Aktywność wody [a _w]; Water activity [a _w]
1	Szpinak; Spinac	1,029	1,472	0,554
2	Pomidor; Tomato	1,028	0,426	0,552
3	Ziemiak; Potato	1,044	0,316	0,536
4	Marchew; Carrot	1,073	0,166	0,520
5	Korzeń selera; Celery root	1,016	0,220	0,516
6	Korzeń pietruszki; Parsley root	1,027	0,308	0,516
7	Cebula; Onion	1,073	0,439	0,512



Rys. 3. Zawartość związków fenolowych w warzywach świeżych i suszonych
 Fig. 3. The content of phenolic compounds in fresh and dried vegetables



Rys. 4. Wartość aktywności wody dla warzywach świeżych i suszonych
 Fig. 4. Value of the water activity for fresh and dried vegetables

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zawartość polifenoli w warzywach suszonych jest zależna od rodzaju badanego warzywa.

Według Gheribi (2013), warzywa zawierają nieco mniejsze ilości polifenoli niż owoce. Są to głównie kwercetyna, kempferol i luteolina. Najważniejszym źródłem związków fenolowych 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; www.usda.gov), które zawierają śred-

nio – 160 mg_{polifenoli} na 100 g świeżej masy. Według innych autorów (Dietrich i in., 2004; Gheribi, 2011; Podsek i Sosnowska, 2007; Wolski i in., 2007), szczególnie wysoką zawartość polifenoli ma nac pietruszki – 13600/100 g_{produktu}, jej korzeń – 310/100 g_{produktu}, natomiast owoce aronii – 2080/100 g_{produktu}, czarnej porzeczki – 560/100 g_{produktu}, wiśni – 460 mg/100 g_{produktu}.

Przeprowadzone badania wykazały, że warzywa świeże mają dużą wartość aktywności wody (a_w) (w zakresie od 0,984 do 0,998) i są narażone na działanie pleśni, drożdży i bakterii. Najwyższą wartość aktywności wody (0,998) posiada ziemniak, a najniższą (0,984) korzeń pietruszki. Jak podaje Pałacha (2007), powszechnie przyjmuje się, że drobnoustroje nie mogą rozwijać się w żywności o $a_w < 0,6$. Wartość aktywności badanych warzyw suszonych waha się w przedziale 0,512-0,554, co pozwala stwierdzić, iż suszenie konwekcyjne może być jedną z metod przedłużania trwałości produktów spożywczych (Lentas i Witrowa-Rajchert, 2009).

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań zawartości związków polifenolowych oraz aktywności wody w wybranych warzywach dostępnych na rynku podlaskim sformułowano następujące wnioski:

1. Największą ilość polifenoli (1,939 mg GAE/g_{s.m.}) oznaczono w świeżym pomidorze.
2. Spośród warzyw suszonych najwięcej związków fenolowych zawierał szpinak (1,472 mg GAE/g_{s.m.}).
3. Świeży korzeń pietruszki wykazał najmniejszą zawartość fenolozwiązków (0,277 mg GAE/g_{s.m.}).
4. Po procesie suszenia największy spadek zawartości związków fenolowych odnotowano w suszonym pomidorze.
5. W większości zbadanych próbek warzywa świeże posiadały większą ilość polifenoli w porównaniu do warzyw suszonych. Wyjątek stanowił suszony szpinak, w którym po procesie suszenia stwierdzono wzrost zawartości związków fenolowych.
6. Najwyższą aktywność wody wśród warzyw świeżych posiadał ziemniak (0,998), w przypadku suszonych był to szpinak (0,554).
7. W wyniku procesu suszenia wartość aktywności wody spadła o ok. 50% w stosunku do warzyw świeżych.

Bibliografia

- 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. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85, 1715–1724. [doi:10.1002/jsfa.2176](https://doi.org/10.1002/jsfa.2176).
- Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds, *Food Chemistry*, 97, 654–660. [doi:10.1016/j.foodchem.2005.04.028](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.028).
- Dietrich, H., Rechner, C.D., Patz, C.D. (2004). Bioactive compounds in fruit and juice. *Fruit Process*, 1, 50–55.
- Ezekiel, R., Singh, N., Sharma, S., Kaur, A. (2013). Beneficial phytochemicals in potato – a review. *Food Research International*, 50, 487–496. [doi:10.1016/j.foodres.2011.04.025](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.04.025).

- Gheribi, E. (2011). Związki polifenolowe w owocach i warzywach. *Medycyna Rodzinna*, 4/2011, 111–115.
- Gheribi, E. (2013). Znaczenie związków polifenolowych z owoców i warzyw w dietoterapii miażdżycy. *Medycyna Rodzinna*, 4, 149–153.
- Hallmann, E., Rembiałkowska, E. (2007). Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(51), 105–111.
- Hunter, K.J., Fletcher, J.M. (2002): The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3, 399–406. doi:10.1016/S1466-8564(02)00048-6.
- Janeczko, Z. (2004). Polifenole roślinne w terapii schorzeń układu krążenia. *Panacea*, 3(8), 22–26.
- Kędzińska K., Pałacha Z., (2011). Wpływ temperatury na właściwości sorpcyjne suszu pieczarek. *Acta Agrophysica*; 17(1), 77–88.
- Lentas, K., Witrowa-Rajchert, D. (2009). Wpływ parametrów blanszowania na właściwości mechaniczne i barwę suszu korzeni selera. *Acta Agrophysica*, 13(1), 165–174.
- Lewicki, P. (2003). Woda jako składnik żywności. *Przemysł Spożywczy* 5/2003, 9–50.
- Loke, W.M., Proudfoot, J.M., Hodgson, J.M. (2010). Specific Dietary Polyphenols Attenuate Atherosclerosis in Apolipoprotein E-Knockout Mice by Alleviating Inflammation and Endothelial Dysfunction. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 30, 749–757. doi: 10.1161/ATVBAHA.109.199687.
- McCarthy, M.A., Mathews, R.H. (1994). *Nutritional quality of fruits and vegetables subjected to minimal process*. In: *Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables* (Ed. by R. C. Wiley), New York 1994. ISBN: 978-1-4615-2393-2.
- Mattila, P., Hellström, J. (2007). Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 152–160. doi: 10.1016/j.jfca.2006.05.007.
- Navarre, D.A., Goyer, A., Shakya, R. (2009). Nutritional value of potatoes: phytonutrient and mineral content, pp. 395–424. In: Singh, J. and L. Kaur (eds.). *Advances in Potato chemistry and technology*. Academic Press, New York. doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00014-3.
- Nicoli, M.C., Anese, M., Parpinel M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3) 94–100. doi:10.1016/S0924-2244(99)00023-0.
- Nowacka, M., Witrowa-Rajchert, D., Ruła, J. (2011). Wpływ procesów technologicznych na aktywność przeciwutleniającą i zawartość polifenoli w tkance jabłka. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2, 12–14.
- Pałacha, Z. (2007). *Badanie stanu wody w matrycy modelowej i uzyskanej z jabłek z wykorzystaniem metody opartej na izotermach sorpcji oraz kalorymetrycznej*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, ISBN:83-7244-814-0.
- Peng, G., Chen, X., Wu, W., Jiang, X. (2007). Modeling of water sorption isotherm for corn starch. *Journal of Food Engineering*, 70, 562–567. doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.063.
- Perla, V., Holm, D.G., Jayanty, S.S. (2012). Effect of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *Food Science and Technology*, 45, 161–171. ISBN: 978-80-905791-1-8.
- Podsędek, A., Sosnowska, D. (2007). Występowanie związków polifenolowych w warzywach. *Przeciwutleniacze w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*. Grajek W. (red.). Wyd. Nauk.-Techn. ISBN: 9788320432770.
- Rizvi, S.S.H. (1995). Thermodynamic properties of food in dehydration. In: *Engineering Properties of Foods*. (eds.) M.A. Rao, S.S.H. Rizvi. Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, Hong Kong, ISBN-13: 978-0-8247-5328-3.
- Robak, J., Gryglewski, R.J. (1996). Bioactivity of flavonoids. *Polish Journal of Pharmacology*, 48, 555–564.
- Slavin, J.L., Martini, M.C., Jacobs, D.R., Marquart, L. (1999). Plausible mechanism of protectiveness of whole grains. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 459S–463S.
- Sinija, V.R., Mishra, H.N. (2008). Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. *Journal of Food Engineering*, 86, 494–500. doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.10.026.
- Szajdek, A., Borowska, E.J. (2004). Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność*, 41, 1–24.
- Urquiaga, I, Leighton, F. (2000). Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*, 33, 125–133. doi.org/10.4067/S0716-97602000000200004.
- Wierzbicka, A., Hallmann, E., Grudzińska, M. (2015). Zawartość polifenoli w ziemniakach w zależności od odmiany i efektywnych mikroorganizmów. *Fragmenta. Agronomica*, 32(4), 81–88.
- Wolski, T., Kalisz, O., Prasał, M., Rolski, A. (2007). Aronia czarno owocowa – zasobne źródło antyoksydantów. *Postępy Fitoterapii*, 3, 145–154.
- Wołoch, R., Pisulewski, P. (2003). Wpływ procesów technologicznych na właściwości antyoksydacyjne ziarna nieoplewionych i oplewionych form jęczmienia i owsa. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2(35), 42–49.
- Ziemlański, Ś., Wartanowicz, M. (1999). Rola antyoksydantów żywieniowych w stanie zdrowia i choroby. *Pediatrica współczesna. Gastroenterologia, hepatologia i żywienie dziecka*, 1, 97–105.

www.usda.gov. data dostępu: 10 maj 2013.

www.inwarz.skierniewice.pl data dostępu: 10 maj 2013.

Sławomir Obidziński

Zakład Inżynierii Rolno-Spożywczej i Leśnej
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45E, 15-345 Białystok
e-mail: s.obidzinski@pb.edu.pl