

JUSTYNA E. BOJARSKA, SYLWESTER CZAPLICKI, KATARZYNA ZARECKA,
RYSZARD ZADERNOWSKI

ZWIĄZKI FENOLOWE OWOCÓW WYBRANYCH ODMIAN TRUSKAWKI

Streszczenie

W pracy przedstawiono zawartość związków fenolowych w owocach 11 odmian truskawki (Senga Sengana, Thuriga, Polka, Camarosa, Dukat, Elsanta, Onebor, Heros, Kent, Kama, Honeoye), uprawianych na polstkach doświadczalnych założonych w 2004 r. w Jarotach k. Olsztyna. Analizie poddano owoce świeże zebrane w czerwcu 2005 roku. Związki fenolowe wyodrębniano poprzez czterokrotną macerację owoców 80% metanolem o pH=2.

W ekstraktach metanolowych oznaczono zawartości związków fenolowych ogółem, antocyjanów, tanin skondensowanych oraz określono ich zdolności do wiązania rodnika DPPH^{*}.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że największą zawartością związków fenolowych ogółem charakteryzowały się truskawki odmiany Polka i Elsanta (powyżej 8000 mg/100 g suchej masy; w przeliczeniu na kwas galusowy), najmniejszą zaś Kent i Kama (poniżej 5300 mg/100 g s.m.). Zawartość antocyjanów kształtowała się na poziomie od 29,5 mg/100 g s.m. w owocach odmiany Kent, do 79,3 mg/100 g s.m. w owocach odmiany Honeoye. Zdolność do wiązania rodnika DPPH^{*} była zróżnicowana w zależności od odmiany i wahała się od 44,8% w truskawkach odmiany Honeoye do 62,9% w owocach odmiany Senga Sengana. W większości odmian zaobserwowano dodatnią korelację pomiędzy ogólną zawartością polifenoli a zdolnością neutralizacji rodnika DPPH^{*}.

Zawartość tanin skondensowanych w badanych owocach zawierała się w przedziale od 977,2 mg/100 g s.m. w truskawkach odmiany Kent, do 2356,4 mg/100 g s.m. w owocach odmiany Honeoye. Zaobserwowano odwrotną proporcjonalność pomiędzy zawartością antocyjanów i tanin skondensowanych a aktywnością przeciwutleniającą ekstraktów badanych odmian truskawek ($r = -0,91$).

Słowa kluczowe: truskawki, polifenole ogółem, antocyjany, taniny skondensowane, aktywność przeciwutleniająca

Wprowadzenie

W ostatnich latach produkcja truskawek w Polsce wynosiła od 150 do 200 tys. t. Powyższe zbiory stanowiły około 20% truskawek produkowanych w krajach UE. W produkcji tych owoców ustępujemy jedynie Hiszpanii [12].

Spośród owoców jagodowych, truskawki wyróżnia bardzo duża zasobność w różnorodne substancje biologicznie aktywne. Np. zawierają dużą ilość kwasów fenolowych (2,4–2,5 mg/100 g ś.m.) i flawonoidów (5,2–8,2 mg/100 g ś. m.) [5, 6, 8, 18], witamin, a ponadto wykazują działanie antybakteryjne oraz przeciwdziałają powstawaniu i rozwojowi chorób cywilizacyjnych, takich jak: nowotwory, nadciśnienie, zawał serca czy nadmiar cholesterolu [3, 4, 9, 11, 14, 22]. Hannum [7] twierdzi, że zawartość związków fenolowych w owocach truskawek zmienia się wraz z odmianą, warunkami uprawy, stopniem dojrzałości i postępowaniem pozbiorczym.

Celem pracy była ocena odmian truskawek pod względem zawartości bioaktywnych składników z grupy związków fenolowych oraz ich zdolności wiązania wolnych rodników.

Materiał i metody badań

Materiał do badań stanowiły owoce 11 odmian truskawki: Senga Sengana, Thuriga, Polka, Camarosa, Dukat, Elsanta, Onebor, Heros, Kent, Kama, Honeoye. Próby do badań pobierano z poletek doświadczalnych założonych w 2004 r. w Jarotach k. Olsztyna. Plantację założono na wyrównanej glebie klasy IIIa i IIIb.

Badaniom poddano owoce świeże, które zebrano w roku 2005, w stadium dojrzałości konsumpcyjnej, w trzech terminach, tak aby uzyskane wyniki jak najlepiej odzwierciedlały zasób analizowanych związków. Oznaczenia wykonywano w trzech równoległych powtórzeniach z każdej z zebranych partii owoców.

Związki fenolowe wyodrębniano poprzez czterokrotną macerację owoców 80% metanolem zakwaszonym do $\text{pH} = 2$.

W ekstraktach oznaczano: zawartość związków fenolowych ogółem stosując do wywołania barwy reagent Folina-Ciocalteu'a, zawartość antocyjanów metodą opracowaną przez Wrolstada [20], zawartość tanin skondensowanych metodą z zastosowaniem odczynnika wanilinowego. Podczas oznaczania wyżej wymienionych związków fenolowych kierowano się zaleceniami opisanymi w normach AOAC [1]. Aktywność przeciwutleniającą określano stosując test wiązania rodnika DPPH• opisany przez Moure i wsp. [10], a suchą masę oznaczano metodą wagową zgodnie z PN-90/A-75101/03 [13].

Wyniki i dyskusja

Poszczególne odmiany owoców truskawek różniły się zawartością suchej masy. Najwięcej suchej masy stwierdzono w owocach odmiany Kent (11,53%), Senga Sengana (11,51%) i Thuriga (11,30%), a najmniej w truskawkach odmiany Elsanta (9,64%) i Onebor (9,73%). W pozostałych badanych owocach zawartość suchej masy mieściła się w zakresie od 9,86 do 10,89%. W celu zobiektywizowania poziomu badanych związków otrzymane wyniki podano w przeliczeniu na masę owoców świeżych i w przeliczeniu na suchą masę (tab. 1).

Zawartość związków fenolowych uzyskaną w świeżej masie i w przeliczeniu na suchą masę badanych owoców przedstawiono w tab. 1. i 2.

Tabela 1

Zawartość poszczególnych grup związków fenolowych w świeżej masie owoców truskawki.
Content of particular groups of phenolic compounds in fresh mass of strawberry fruit.

Odmiana Cultivar	Sucha masa Dry mass	Polifenole ogółem Total polyphenols	Antocyjany Anthocyanins	Taniny skondensowane Condensed tannins
	[%]	[mg/100 g ś.m.] / [mg/100 g f.m.]		
Senga Sengana	11,51 ± 1,20	651,01 ± 62,78	3,89 ± 0,74	127,84 ± 6,49
Thuriga	11,30 ± 1,22	646,70 ± 140,01	4,55 ± 1,46	156,20 ± 33,17
Polka	10,56 ± 0,95	787,94 ± 65,69	4,34 ± 1,95	149,84 ± 40,42
Camarosa	10,08 ± 0,80	724,46 ± 37,26	4,51 ± 0,87	138,71 ± 5,87
Dukat	10,18 ± 1,32	640,76 ± 19,45	7,13 ± 0,40	198,05 ± 11,50
Elsanta	9,64 ± 0,86	724,25 ± 48,64	4,88 ± 1,47	153,89 ± 33,83
Onebor	9,73 ± 0,90	661,26 ± 52,11	5,32 ± 0,99	166,56 ± 20,53
Heros	9,86 ± 0,69	561,49 ± 15,40	6,74 ± 2,78	195,40 ± 58,96
Kent	11,53 ± 1,00	498,18 ± 11,07	2,98 ± 0,43	99,21 ± 9,12
Kama	10,89 ± 1,11	497,20 ± 34,61	5,23 ± 1,58	192,99 ± 76,73
Honeoye	9,99 ± 0,89	566,84 ± 15,10	7,55 ± 1,28	224,93 ± 30,68

Ustalono, że zawartość polifenoli ogółem wahała się od 497,20 mg/100 g ś.m., w przeliczeniu na kwas galusowy, do 787,94 mg/100 g ś.m. (tab. 1). Przeliczając powyższe dane na suchą masę koncentracja polifenoli stanowiła od 4864,1 do 8329,2 mg/100 g. Najwięcej polifenoli ogółem w suchej masie miała odmiana Polka (8329,2 mg kwasu galusowego w 100 g s.m. owoców), a najmniej Kent (4864,1 mg/100 g s.m.). W pozostałych badanych odmianach wartości kształtowały się na poziomie od 5230,9 do 8161,5 mg/100 g s.m. w przeliczeniu na kwas galusowy (tab. 2).

Wielkości te były o 12,3 do 105,2% wyższe od wartości poszczególnych odmian przedstawionych przez Skupień i Oszmiańskiego [17] oraz kilkukrotnie wyższe od wyników uzyskanych przez innych autorów [5, 7]. Występujące różnice między

poszczególnymi badaniami mogą wynikać z niedoskonałości zastosowanej metody Folina-Ciocalteu'a. Na przykład Shahidi i Naczk [16] podają, że metoda ta nie daje dokładnej oceny zawartości polifenoli, ponieważ zastosowane w niej reagenty mogą tworzyć reakcję barwną pod wpływem innych związków redukujących, np. witaminy C lub niektórych aminokwasów. Stąd też na wielkość otrzymanych wyników mogą wpływać także inne substancje biologicznie aktywne o właściwościach przeciwutleniających rozpuszczalnych w metanolu.

Tabela 2

Zawartość poszczególnych grup związków fenolowych w suchej masie owoców truskawki
Content of particular groups of phenolic compounds in dry mass of strawberry fruit

Odmiana Cultivar	Polifenole ogółem Total polyphenols	Antocyjany Anthocyanins	Taniny skondensowane Condensed tannins
	[mg/100 g s.m.] / [mg/100 g d.m.]		
Senga Sengana	5726,83 ± 1022,15	33,52 ± 3,64	1113,62 ± 50,04
Thuriga	5765,26 ± 832,73	41,93 ± 16,30	1380,38 ± 361,82
Polka	8329,23 ± 1141,21	44,73 ± 17,96	1558,38 ± 337,72
Camarosa	7701,56 ± 478,92	48,04 ± 9,83	1474,47 ± 77,36
Dukat	6948,62 ± 278,94	77,52 ± 7,34	2151,98 ± 201,71
Elsanta	8161,47 ± 539,27	54,93 ± 16,51	1733,84 ± 379,05
Onebor	7284,28 ± 398,00	58,91 ± 12,53	1843,04 ± 277,31
Heros	6084,78 ± 72,24	73,66 ± 31,81	2131,06 ± 688,86
Kent	4864,08 ± 402,84	29,47 ± 7,16	977,21 ± 184,51
Kama	5230,91 ± 337,35	55,11 ± 16,98	2034,96 ± 819,88
Honeoye	5870,86 ± 441,32	79,34 ± 20,47	2356,41 ± 528,58

Zawartość antocyjanów w świeżej masie badanych owoców truskawki wynosiła od 2,98 do 7,55 mg/100 g, a w przeliczeniu na suchą masę od 29,47 do 79,34 mg/100 g (tab. 1 i 2). Najwięcej antocyjanów zawierały truskawki odmiany Honeoye (79,34 mg/100 g) i Dukat (77,52 mg/100 g), a najmniej Kent (29,47 mg/100 g) i Senga Sengana (33,52 mg/100 g). W pozostałych odmianach wartości kształtowały się na poziomie od 41,93 do 73,66 mg/100 g.

Otrzymane wyniki były od dwóch do dziesięciu razy niższe od wartości literaturowych [7, 8, 17, 19]. O rozbieżnościach w wynikach mogły decydować warunki pogodowe w jakich dojrzewały owoce oraz sposób ich uprawy. W literaturze przedmiotu występują informacje, że na biosyntezę antocyjanów poważny wpływ wywierają promienie słoneczne oraz niedobór azotu przy jednoczesnym nadmiarze węglowodanów [14].

Zawartość tanin skondensowanych w owocach badanych odmian kształtowała się na poziomie od 99,21 do 224,93 mg/100 g ś.m., co odpowiadało wartościom od 977,21 do 2356,41 mg/100 g s.m. Najwięcej tanin skondensowanych było w odmianach Honeoye (2356,41 mg/100 g s.m.), Dukat (2151,98 mg/100 g s.m.) i Heros (2131,06 mg/100 g s.m.), a najmniej w odmianie Kent (977,21 mg/100 g s.m.). W pozostałych odmianach truskawek wartości były na poziomie od 1113,62 do 2034,96 mg/100 g s.m. (tab. 1, 2).

Wartości te były zgodne z przedstawionymi w literaturze, tj. 97,0-183,0 mg/100 g ś.m. [21] i 145,0 mg/100 g ś.m. [2], chociaż okazały się wyższe niż podane przez Santos-Buelga i Scalbert [15] - 2-50 mg/100 g ś.m. Różnice te mogą częściowo wynikać z zastosowania innej metody ich oznaczania.

W trakcie prowadzonych badań ustalono, że zdolność poszczególnych wyciągów do wiązania rodnika DPPH[•] kształtowała się na poziomie od 44,8 do 62,9% (tab. 3). Najwyższą aktywnością charakteryzowały się owoce odmiany Senga Sengana (62,9%), a najmniejszą Honeoye (44,8%). W pozostałych odmianach truskawek wartości mieściły się w zakresie od 48,2 do 61,9%. Otrzymane wyniki były zbliżone do wartości przedstawionych w pracy Cordenunsi i wsp. [5].

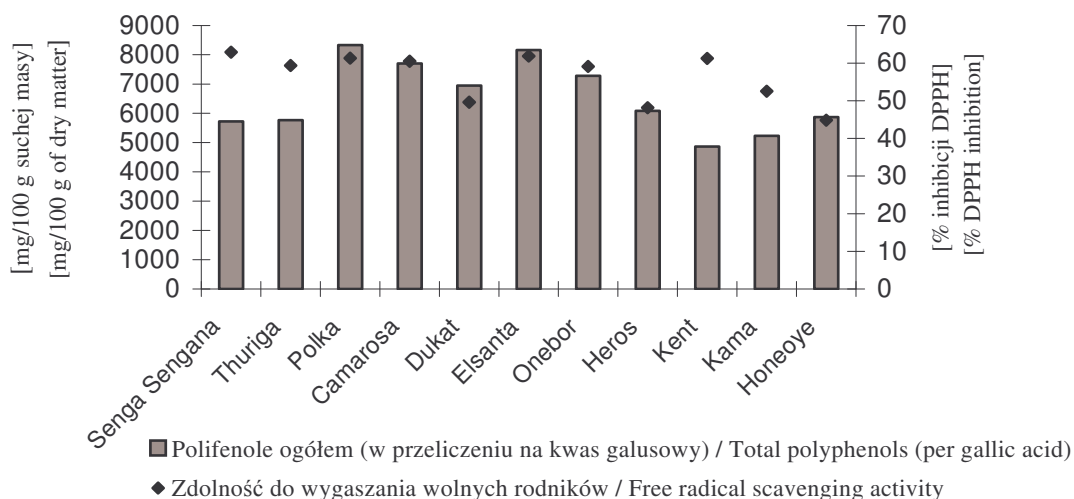
Tabela 3

Zdolność metanowych ekstraktów owoców truskawki do wygaszania rodnika DPPH[•].
DPPH[•] radical scavenging activity of methanol extracts of strawberry fruit.

Odmiana Cultivar	Zdolność do wygaszania rodnika DPPH [•] DPPH [•] radical scavenging activity [%]
Senga Sengana	62,92 ± 2,45
Thuriga	59,36 ± 7,27
Polka	61,33 ± 8,24
Camarosa	60,50 ± 1,89
Dukat	49,61 ± 6,73
Elsanta	61,87 ± 2,62
Onebor	59,11 ± 4,97
Heros	48,15 ± 13,83
Kent	61,26 ± 3,38
Kama	52,56 ± 9,19
Honeoye	44,84 ± 8,74

Na podstawie otrzymanych wyników wyliczono zależność pomiędzy zawartością antocyjanów i tanin skondensowanych a zdolnością badanych związków do wiązania rodnika DPPH[•]. Analiza statystyczna wykazała w tym przypadku odwrotną

proporcjonalność ($r = -0,91$) uzyskanych wyników. Natomiast zaobserwowano dodatnią korelację pomiędzy ogólną zawartością polifenoli w poszczególnych odmianach truskawek a zdolnością przeciwrodnikową (rys. 1).



Rys. 1. Ogólna zawartość związków polifenolowych w ekstraktach z owoców truskawki oraz ich zdolność do wygaszania rodnika DPPH[•].

Fig. 1. Total content of polyphenol compounds in extracts of strawberry fruit and their DPPH[•] radical scavenging activity.

Wnioski

1. Największą zawartością związków fenolowych ogółem charakteryzowały się truskawki odmiany Polka i Elsanta (powyżej 8000 mg/100 g s.m. w przeliczeniu na kwas galusowy), najmniejszą zaś Kent i Kama (poniżej 5300 mg/100 g s.m.).
2. Zawartość antocyjanów kształtowała się na poziomie od 29,5 mg/100 g s.m. w owocach odmiany Kent, do 79,3 mg/100 g s.m. w truskawkach odmiany Honeoye.
3. Zawartość tanin skondensowanych wyniosła od 977,2 mg/100 g s.m. w truskawkach odmiany Kent do 2356,4 mg/100 g s.m. w owocach odmiany Honeoye.
4. Zdolność do wiązania rodników DPPH[•] była zróżnicowana w zależności od odmiany i wahała się od 44,8% - truskawki odmiany Honeoye do 62,9% - owoce odmiany Senga Sengana.
5. W większości odmian truskawek stwierdzono dodatnie korelacje pomiędzy ogólną zawartością polifenoli a zdolnością wiązania rodników DPPH[•].
6. Pomiędzy zawartością antocyjanów i tanin skondensowanych a aktywnością przeciwutleniającą ekstraktów badanych odmian truskawek stwierdzono wysoką, lecz ujemną korelację ($r = -0,91$).

Literatura

- [1] AOAC. 1974. Official Methods of Analysis. 12th ed.. Washington DC, **9**, 110.
- [2] Beattie J., Crozier A., Duthie G.G.: Potential health benefits of berries. *Curr. Nutr. Food Sci.*, 2005, **1**, 71-86.
- [3] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (1). *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2003, **5**, 11-12.
- [4] Borowska J.: Owoce i warzywa jako źródło naturalnych przeciwutleniaczy (2). *Przem. Ferm. Owoc. Warz.*, 2003, **6**, 29-30.
- [5] Cordenunsi B.R., Genovese M.I., do Nascimento J.R.O., Hassimotto N.M.A., dos Santos R.J., Lajolo F.M.: Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars. *Food Chem.*, 2005, **91**, 113-121.
- [6] Häkkinen S., Heinonen M., Kärenlampi S., Mykkänen H., Ruuskanen J., Törrönen R.: Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Res. Int.*, 1999, **32**, 345-353.
- [7] Hannum S.M.: Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 2004, **44**, 1-17.
- [8] Mättä-Riihinen K.R., Kamal-Eldin A., Törrönen A.R.: Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* Sp. (Family *Rosaceae*). *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, 6178-6187.
- [9] Moszczyński P.: Rola polifenoli roślinnych we współczesnym żywieniu. *Zdrowa Żywność – Zdrowy Styl Życia*, 1997, **2 (36)**, 8-11.
- [10] Moure A., Franco D., Sineiro J., Dominguez H., Núñez M.J., Lema J.M.: Antioxidant activity of extracts from *Gevuina avellana* and *Rosa rubiginosa* defatted seeds. *Food Res. Int.*, 2001, **34**, 103-109.
- [11] Naumann R.: Nie tylko witaminy... Bioaktywne jedzenie od A do Z. Wydawnictwo Sic. s.c., Warszawa 1998.
- [12] Nosecka B., Klimek G.: Rynek truskawek w Polsce. *Mat. Ogólnopol. Konf. Truskawkowej ISiK, Skierniewice 2005*, s. 5-18.
- [13] PN-90/A-75101/03. Oznaczanie zawartości suchej masy metodą wagową.
- [14] Rosicka-Kaczmarek J.: Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przeg. Piek. Cuk.*, 2004, **6**, 12-16.
- [15] Santos-Buelga C., Scalbert A.: Review Proanthocyanidins and tannin-like compounds – nature, occurrence, dietary intake and effects on nutrition and health. *J. Sci. Food Agric.*, 2000, **80**, 1094-1117.
- [16] Shahidi F., Naczk M.: *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press LLC, 2004.
- [17] Skupień K., Oszmiański J.: Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland. *Eur. Food Res. Technol.*, 2004, **219**, 66-70.
- [18] Törrönen R., Häkkinen S., Kärenlampi S., Mykkänen H.: Flavonoids and phenolic acids in selected berries. *Canc. Lett.*, 1997, **114**, 191-192.
- [19] Wicklund T., Rosenfeld H.J., Martinsen B.K., Sundfør M.W., Lea P., Bruun T., Blomhoff R., Haffner K.: Antioxidant capacity and colour of strawberry jam as influenced by cultivar and storage conditions. *LWT*, 2005, **38**, 387-391.
- [20] Wrolstad R.E.: color and pigment analyses in fruit products. Agricultural Experiment Station, Oregon State University, Station Bulletin 624, Reprinted May 1993.
- [21] www.lpi.oregonstate.edu
- [22] Ziemiański Ś.: Normy żywienia człowieka. Fizjologiczne podstawy. Rozdział 8. Rola antyoksydantów żywieniowych w stanie zdrowia i choroby. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa 2001.

PHENOLIC COMPOUNDS IN FRUIT OF SELECTED VARIETIES OF STRAWBERRY**S u m m a r y**

This study presents the content of basic phenolic compounds in the fruit of 11 cultivars of strawberries (Senga Sengana, Thuriga, Polka, Camarosa, Dukat, Elsanta, Onebor, Heros, Kent, Kama and Honeoye), cultivated on experimental plots established in 2004 in Jaroty, near Olsztyn. The analysis included fresh fruit harvested in June 2005. Phenolic compounds were isolated by macerating the fruit four times with 80% methanol.

Methanol extracts were analysed to determine the content of general phenolic compounds, anthocyanins, and condensed tannins. Additionally, their DPPH[•] radical scavenging activity was determined.

On the basis of the results obtained, it was established that the Polka and Elsanta cultivars of strawberry had the highest total content of phenolic compounds (over 8,000 mg/100 g of dry mass; per gallic acid), while Kent and Kama varieties showed the lowest value (below 5,300 mg/100 g of dry mass). Anthocyanin content ranged from 29.5 mg/100 g d. m. in fruit of Kent variety, to 79.3 mg/100 g d. m. for Honeoye variety. DPPH[•] radical scavenging activity varied depending on the cultivar and ranged from 44.8% for strawberries of Honeoye variety to 62.9% for Senga Sengana variety of fruit. For most varieties, there was a positive correlation between the content of general polyphenols and DPPH[•] radical scavenging activity.

Condensed tannins content in the analysed fruit ranged from 977.2 mg/100 g d.m. in the Kent variety of strawberries to 2356.4 mg/100 g d. m. in fruit of the Honeoye variety. There was an inverse proportion between the content of anthocyanins and condensed tannins and the antioxidant activity of the examined varieties of strawberries ($r = -0.91$).

Key words: strawberries, general polyphenols, anthocyanins, condensed tannins, antioxidant activity ☒