

Związki polifenolowe w owocach i warzywach

*Edyta Gheribi

Instytut Turystyki i Rekreacji, Akademia Wychowania Fizycznego, Warszawa
Dyrektor Instytutu: dr hab. prof. AWF Ludwik Mazurkiewicz

POLYPHENOLS COMPOUNDS IN FRUITS AND VEGETABLES

Summary

Vegetables and fruits supply many important components, which are necessary for the human organism to perform its basic functions. One of those components are vitamins and mineral components. Vegetables and fruits are also a source of bioactive compounds like polyphenols directly associated with disease prevention. They comprise the biggest group among bioactive compounds. Polyphenols are largely distributed over the vegetables and fruits in the human diet. Some of those compounds are higher concentrated in specific foods such as myricetin in broccoli, quercetin in onions, anthocyanins in red fruits, like cherries, strawberries and grapes and flavanones in citric fruits, like oranges and tangerines. Vegetables with the highest polyphenol concentration were parsley and parsley leaves, capers. Fruits with the highest concentrations were chokeberry, strawberry, wild strawberry, raspberry, blackberry, cranberry, bilberry.

Key words: vegetables, fruits, antioxidants, polyphenols, disease prevention

WSTĘP

Owoce i warzywa są bardzo ważnymi składnikami codziennego żywienia. Należą one do grup produktów spożywczych, które charakteryzują się niską kalorycznością, bogactwem węglowodanów, w tym włókna pokarmowego, oraz składników mineralnych i witamin, które regulują prawidłowe procesy przemiany materii zachodzące w organizmie człowieka, ale również chronią przed stresem oksydacyjnym. Owoce i warzywa są również źródłem cennych dla zdrowia związków roślinnych o cechach podobnych do witamin, które nazywane są fitaminami, ponieważ pochodzą tylko z roślin i podobnie jak witaminy nie są syntetyzowane przez organizm człowieka i muszą być dostarczane z pożywieniem. W naukach farmaceutycznych fitaminy są sklasyfikowane jako fenolowe antyoksydanty. Definicja mówi, że są one substancjami roślinnymi wspomagającymi funkcje fizjologiczne organizmu (1). Wyizolowano ponad 8000 związków fenolowych z różnych naturalnych produktów, są to między innymi flawonoidy i kwasy fenolowe. Każda grupa jest następnie dzielona na podgrupy w zależności od struktury chemicznej podstawowego szkieletu węglowego. W cząsteczkach związków polifenolowych, które są aktywne, występują dwie lub nawet kilka fenolowych grup hydroksylowych. Taki układ nadaje cząsteczce właściwości antyoksydacyjne i pozwala cząsteczce między innymi neutralizować wolny rodnik. Związki polifenolowe można podzielić pod względem struktury podstawowego szkieletu węglowego (2) na:

1. Kwasy fenolowe (pochodne kwasu benzoowego i cynamonowego);
2. Flawonoidy, które można podzielić na podklasy:
 - Flawony (apigenina, hesperydyna, luteolina);
 - Flawanony (naringenina, hesperydyna, taksifolina);
 - Flawonole (kwercetyna, kemferol, mirycetyna, rutyna);
 - Flawanole (katechina, epikatechina, epigalokatechina);
 - Izoflawony (daidzeina, genisteina, glicyteina);
 - Antocyjany (cyjanidyna, malwidyna, delfinidyna).

Związki te stanowią ważną grupę antyoksydantów występujących w żywności pochodzenia roślinnego. Zawartość związków fenolowych w produktach spożywczych jest bardzo różna i zależy od szeregu czynników. W zależności od obróbki technologicznej zawartość ich w przetworzonych produktach spożywczych będzie inna niż w świeżych. Dlatego postanowiono zaprezentować występowanie tych związków w różnych produktach.

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW POLIFENOLOWYCH W OWOCACH

Owoce są bogatym źródłem związków polifenolowych, zarówno kwasów fenolowych, jak i flawonoidów. Szczególnie bogate w te związki są owoce jagodowe, takie jak: aronia, truskawki, poziomki, maliny, jagody, borówki, jeżyny itp. (3-6). Znaczącym źródłem polifenoli są owoce aronii, które zawierają ich ok. 4210 mg w 100 g suchego

Tabela 1. Występowanie związków polifenolowych w owocach (3-5, 8).

Flawonole Kwercetyna Kempferol	Ciemne winogrona, jabłka, bez czarny, dzika róża, czereśnie, porzeczka czarna, truskawka, żurawina, aronia, czarna jagoda, malina
Flawony Luteolina Apigenina	Jabłka, wiśnie, winogrona, cytryny
Flawanony Hesperydyna Naringenina	Pomarańcze Grejfruty
Flawanole Katechina Epikatechina Epigalokatechina Proantocyjanidyny	Jabłka, brzoskwinie, czerwone winogrona
Antocyjany Cyjanidyna Delfinidyna	Aronia, czarna porzeczka, truskawka, winogrona, wiśnie, bez czarny, borówka czernica, jeżyny, malina, poziomka, owoc granatu, żurawina
Fenolokwasy Kwas kawowy Kwas chlorogenowy Kwas elagowy	Białe winogrona Jabłka, wiśnie, brzoskwinie, gruszki, borówka czernica, truskawka, winogrona, jabłka, jeżyny, żurawina, aronia, czarna porzeczka, malina, owoce granatu

ekstraktu z owoców (7). Występowanie związków polifenolowych w owocach przedstawiono w tabeli 1.

Najwyższą zawartość związków polifenolowych odnotowano w owocach aronii (2080 mg/100 g) (7). Mniejsze zawartości odnaleziono w owocach czarnej porzeczki (560 mg/100 g) i wiśni (460 mg/100 g) (6). W tabeli 2 przedstawiono średnią zawartość flawonoidów i kwasów fenolowych w wybranych owocach na podstawie danych USDA.

Związki fenolowe również zawarte są w sokach owocowych i winach owocowych. Niestety konieczny w technologii soków zagęszczonych zabieg klarowania usuwa część biologicznie aktywnych antyoksydantów związanych z tkanką owocową surowca. Dlatego największą zawartość posiadają soki ze świeżych owoców. Na przykład sok ze świeżych winogron może zawierać około 1700 mg związków fenolowych w litrze, w tym najwięcej flawonoidów, około 1100 mg/l. Soki przetwarzane i produkowane z soków zagęszczanych będą zawierały znacznie mniejsze ilości tych składników niż soki ze świeżych owoców, nie tylko ze względu na proces klarowania, ale również ze względu na duży czas przechowywania, podczas którego polifenole ulegają degradacyjnym przemianom (11, 12). Zawartość związków polifenolowych ogółem w soku pomarańczowym wynosi 370-7100 mg/l, a w jabłkowym 23-250 mg/l. Szklanka (250 ml) soku z pomarańczy może dostarczyć od 100 mg do 1,8 g polifenoli ogółem (13). Najbogatszym źródłem kwasów fenolowych i antocyjanów w przeprowadzonych badaniach charakteryzowały się napoje aroniowe, a najmniejszym napoje jabłkowe (12). Zawartość związków polifenolowych w sokach owocowych przedstawiono w tabeli 3.

ZAWARTOŚĆ ZWIĄZKÓW POLIFENOLOWYCH W WARZYWACH

Warzywa zawierają nieco mniejsze ilości związków polifenolowych niż owoce (3). Podział ze względu na całkowitą zawartość związków polifenolowych wskazuje, że najlepszymi źródłami w warzywach są (9):

- Warzywa kapustne (kapusta czerwona, brokuły);
- Warzywa cebulowe (cebula, czosnek);
- Warzywa psiankowe (buraki ćwikłowe);
- Warzywa psiankowe (czerwona papryka).

Szczególnie wysoką zawartość polifenoli posiadają: nać pietruszki (ok. 13 600 mg/100 g), kapary (ok. 310 mg/100 g), pietruszka korzeń (ok. 310 mg/100 g) (10). Średnią zawartość flawonoidów w wybranych warzywach przedstawiono w tabeli 4.

Wyniki badań wskazują, iż sposób uprawy może mieć wpływ na zawartość związków fenolowych. Na przykład badania laboratoryjne wskazują, że cebula z uprawy ekologicznej zawierała istotnie więcej flawonoidów niż z uprawy konwencjonalnej (15). Badania prowadzone w 2008 r. przez Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach na rzecz rolnictwa ekologicznego wskazują, że papryka czerwona z upraw ekologicznych posiadała wyższe zawartości flawonoidów niż z upraw konwencjonalnych (Instytut Warzywnictwa w Skierniewicach – badania z 2008 r.). Średnia zawartość polifenoli w papryce czerwonej dla upraw ekologicznych wynosiła 15,01 mg/100 g, a dla upraw konwencjonalnych 13,17 mg/100 g. Analizując zawartość flawonoidów w trzech odmianach pomidorów, stwierdzono, że zawartość tych związków zależała również od odmiany i systemu uprawy. Owoce badanych odmian pomidora z uprawy ekologicznej miały wyższą zawartość flawonoidów o 7%, w porównaniu do

zawartości tych składników w owocach z upraw konwencjonalnych (16). W innym badaniu zaobserwowano, że zawartość kwercetyny w pomidorach miniaturowych wynosiła ok. 30 mg/kg, a w pomidorach normalnego rozmiaru około 5 mg/kg (17).

Oprócz flawonoidów niektóre warzywa są cennym źródłem związków azotowych, takich jak glukozynolany. Są one charakterystyczne dla roślin z rodziny krzyżowych. Glukozynolany są związkami o niewielkiej

aktywności biologicznej, natomiast wysoką aktywnością charakteryzują się produkty enzymatycznej hydrolizy. Pod wpływem enzymu mirozynazy, uruchamianej w trakcie uszkodzeń tkanek roślin, glukozynolany są hydrolizowane do wolnej glukozy i niestabilnego aglikonu (jonu tiohydroksymo-O-sulfonowego), degradowanego następnie do jonu siarczanowego oraz wielu biologicznie czynnych produktów, głównie izotiocyjanianów, nityli i tiocyjanianów. Obecnie poznano ponad 100 różnych

Tabela 2. Zawartość flawonoidów i kwasów fenolowych w wybranych owocach (*7, 10).

Produkt	Podgrupa	Flawonoid	Średnia zawartość w mg/100 g produktu
Aronia mitschurini Viking*	Antocyjanidyny	Cyjanidyny	1041
	Flawanole	-	79
	Kwasy fenolowe	Kwasy hydroksycynamonowe	422
Bez czarny – jagody	Antocyjanidyny	Cyjanidyna	749,24
	Flawanole	Kwercetyna	42
Borówka czarna	Antocyjanidyny	Cyjanidyna	15,02
	Flawanole	Malwidyna	49,21
	Flawanole	Epikatechina	1,11
	Flawanole	Kwercetyna	3,11
Grejfrut świeży	Flawanole	Kempferol	0,40
	Flawonony	Kwercetyna	0,50
	Flawonony	Hesperydyna	1,50
	Flawonony	Neryngenina	53,00
Jabłko świeże ze skórką	Flawanole	Epikatechina	8,14
	Flawanole	Katechina	0,95
	Flawanole	Kwercetyna	4,42
Jabłkowy sok	Flawanole	Epikatechina	0,62
	Flawanole	Katechina	0,12
	Flawanole	Kwercetyna	0,34
Jeżyna	Flawanole	Epikatechina	18,08
	Flawanole	Katechina	0,66
	Flawanole	Kwercetyna	1,03
Morela świeża	Flawanole	Epikatechina	6,06
	Flawanole	Katechina	4,95
	Flawanole	Kwercetyna	2,55
Pomarańcza świeża	Flawanony	Hesperydyna	32,73
	Flawanony	Naryngenina	11,15
Porzeczka czarna świeża	Flawanole	Mirycetyna	7,81
	Flawanole	Kwercetyna	5,69
Truskawki	Flawanole	Katechina	4,47
	Flawanole	Kempferol	0,79
	Flawanole	Kwercetyna	0,65
Winogrona ciemne	Flawanole	Katechina	8,94
	Flawanole	Epikatechina	8,64
	Flawanole	Kwercetyna	2,54
Wiśnia świeża	Antocyjanidyny	Cyjanidyna	111,43
	Flawanole	Epikatechina	9,53
	Flawanole	Katechina	2,17
	Flawanole	Kwercetyna	1,25
Żurawina świeża	Flawanole	Epikatechina	4,20
	Flawanole	Kwercetyna	14,02

Tabela 3. Zawartość związków polifenolowych w wybranych sokach owocowych (13).

Sok	Zawartość polifenoli (mg/l)					
	Kwasy fenolowe		Flawonoidy			
	Pochodne kwasu benzoowego	Pochodne kwasy cynamonowego	Antocyjany	Flawonole	Flawanole	Flawonony
Pomarańczowy		15-20				215-685
Jabłkowy				6-52	8	
Grejfrutowy		15-24				100-650
Cytrynowy						50-300
Z czerwonych winogron	79					
Z białych winogron	110					
Wiśniowy		124				
Porzeczkowy (czarna porzeczka)			130-400			

Tabela 4. Zawartość flawonoidów w wybranych warzywach (10).

Produkt	Podgrupa	Flawonoid	Średnia zawartość w mg/100 g produktu
Brokuły świeże	Flawonole	Kempferol Kwercetyna	6,16 3,21
Brokuły gotowane	Flawonole	Kempferol Kwercetyna	1,38 1,38
Cebula żółta	Flawonole	Kwercetyna	13,27
Cebula czerwona	Flawonole Antocyjanidyny	Kwercetyna Cyjanidyna	19,93 13,14
Fasola zielona świeża	Flawonole	Kwercetyna	2,73
Gryka	Flawonole	Kwercetyna	23,09
Kapary w zalewie	Flawonole	Kempferol Kwercetyna	135,56 180,77
Pietruszka korzeń	Flawony Flawonole	Apigenina Mirycetyna	302,00 8,08
Pietruszka nać	Flawony	Apigenina Luteolina	13506,2 19,75
Pomidor czerwony świeży	Flawonole	Kwercetyna	4,12
Seler korzeń	Flawony Flawonole	Apigenina Luteolina Kwercetyna	4,61 1,31 3,50
Seler naciowy	Flawony	Apigenina Luteolina	19,10 3,50
Szpinak świeży	Flakony Flawonole	Luteolina Kwercetyna	1,11 4,86

glukozynolanów. Najwyższe wartości glukozynolanów znajdują się w rzeżusze (658 mg/100 g) oraz w chrzanie japońskim Wasabi (165-281 mg/100 g), a najniższe w kapuście pekińskiej (19 mg/100 g) (18, 19). Cennym źródłem tych składników są również brokuły i kiełki brokuła.

Zabiegi technologiczne, takie jak gotowanie, smażenie, mrożenie wpływają negatywnie na średnią zawartość glukozynolanów. Na przykład pod wpływem gotowania straty glukozynolanów wynoszą około 70%.

PODSUMOWANIE

Owoce i warzywa są bardzo istotnymi produktami w diecie człowieka. Zawierają wiele cennych witamin i składników mineralnych, ale również są źródłem innych cennych substancji o podobnym charakterze jak witaminy. Należą do nich związki polifenolowe, które najszerszą reprezentację mają przez flawonoidy. Związki te występują w różnych ilościach w owocach i warzywach i każda z grup jest charakterystyczna dla innych grup owoców i warzyw. Przetwory owocowe również zawierają związki polifenolowe, ale w znacznie mniejszych ilościach niż świeże owoce i warzywa. Na przykład soki owoce świeże będą zawierały znacznie więcej tych związków niż soki klarowane. Wyniki wielu badań wskazują, że związki polifenolowe z owoców i warzyw mają istotne znaczenie w profilaktyce wielu schorzeń. Związane jest to z silnymi właściwościami antyoksydacyjnymi tych związków. Aby zapewnić prawidłową ochronę przed stresem oksydacyjnym i zmniejszyć ryzyko wystąpienia schorzeń zwanych cywilizacyjnymi, zasadnym wydaje się włączenie do diety większych ilości owoców i warzyw w postaci surowej, nie tylko z uwagi na źródło związków polifenolowych, ale również witamin, składników mineralnych oraz włókna pokarmowego. Jak dotąd nie określono zalecanych norm spożycia tych składników, ale nie ma dowodów na to, że nadmiar może być szkodliwy dla organizmu. Substancje te nie kumulują się w organizmie i dlatego codziennie należy dostarczać pewną ich ilość w diecie. □

Piśmiennictwo

1. Hasik J: Usprawnienia dietetyczne procesów metabolicznych. Co to są fitaminy? *Postępy Fitoterapii* 2001; 6 (2-3): 9-11.
2. Duda-Chodak A, Wojdyło A: Charakterystyka chemiczna związków polifenolowych. [W:] *Przeciwutleniające w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*, red. Grajek W., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2007, 141-151.
3. Szajdek A, Borowska J: Właściwości przeciwutleniające żywności pochodzenia roślinnego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2004; 4 (41): 5-28.
4. Cieślak E, Sikora E: Występowanie przeciwutleniaczy w owocach jagodowych. [W:] *Przeciwutleniające w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*, red. Grajek W., Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2007, 201-209.
5. Olędzka R: Antyoksydacyjna wartość produktów prozdrowotnych w naszym jadłospisie. *Roczniki Warszawskiej Szkoły Zdrowia*, red. Celejowa I, Stowarzyszenie Warszawska Szkoła Zdrowia 2007, 105-113.
6. Wolski T, Kalisz O, Prasał M, Rolski A: Aronia czarno owocowa – zasobne źródło antyoksydantów. *Postępy Fitoterapii* 2007; 3, 145-154.
7. Wawer I: Aronia polski paradoks. Wydawnictwo Agropharm 2006.
8. Makowska-Wąs J, Janeczko Z: Biodostępność polifenoli roślinnych. *Postępy Fitoterapii* 2004; 3: 128.
9. Podśedek A, Sosnowska D: Występowanie związków polifenolowych w warzywach. *Przeciwutleniające w żywności: aspekty zdrowotne, technologiczne, molekularne i analityczne*, red. Grajek W, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2007, 151-157, www.usda.gov.
10. Dietrich H, Rechner CD, Patz CD: Bioactive compounds in fruit and juice. *Fruit Proc* 2004; (1): 50-55.
11. Żukiewicz-Sobczak W, Michalak-Majewska M, Kalbarczyk J: Pojemność antyoksydacyjna wybranych napojów owocowych. *Bromat Chem Toksykol* 2009; 3, 910-915.
12. Lecerf JM: Les antioxydants et les autres elements protecteurs dans les jus de fruits et legumes. Institut Pasteur de Lille 1999.
13. Podśedek A, Sosnowska D, Łoś J: Ocena efektywności przeciwrodnikowej polifenoli wybranych warzyw. [W:] *Materiały Konferencyjne „Flawonoidy i ich zastosowanie”*, red. Kopacz S, Oficyna Wydawnicza PR 2004; 266-276.
14. Hallmann E, Rembiakowska E: Zawartość wybranych składników odżywczych w czerwonych odmianach cebuli z uprawy ekologicznej i konwencjonalnej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 2007; 2 (51): 105-111, <http://www.inwarz.skierniewice.pl>.
15. Duthie GG, Duthie SJ, Kyle JA: Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. *Nutrition Research Reviews* 2000; 13 (1): 79-106.
16. McNaughton SA, Marks GC: Development of a food composition database for the estimation of dietary intakes of glucosinolates, the biologically active constituents of cruciferous vegetables. *British Journal of Nutrition* 2003; 90: 687-697.
17. Sultana T, Savage GP, Mc Neil DL et al.: Comparison of flavor compounds in wasabi and horseradish. *Food Agric Environ* 2003; 1: 117.

nadesłano: 04.07.2011
zaakceptowano do druku: 29.08.2011

Adres do korespondencji:
*Edyta Gheribi
ul. Wojska Polskiego 190/9, 91-726 Łódź
e-mail: edyta_kwiatkowska@interia.eu