

# Przeciwutleniające i farmakologiczne właściwości kwasów fenolowych

Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska  
Dyrektor Instytutu: prof. dr hab. inż. Adam Voelkel

## ANTIOXIDANT AND PHARMACOLOGICAL PROPERTIES OF PHENOLIC ACIDS

### SUMMARY

Phenolic acids are secondary metabolites extensively spread throughout the plant kingdom. Due to their importance in plants and human health. Phenolic acids function as reducing agents, free radical scavengers, and quenchers of singlet oxygen formation. The medicinal and pharmacological properties of phenolic acids are mainly connected with their antioxidant activity. In addition, phenolic acids components play important roles in the control of cancer and other human diseases.

KEY WORDS: PHENOLIC ACIDS – ANTIOXIDANT ACTIVITY – PHARMACOLOGICAL PROPERTIES

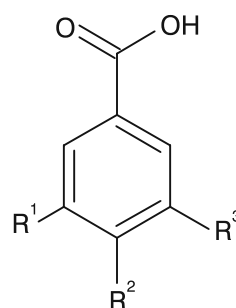
## Wprowadzenie

Wzrost zainteresowania związkami bioaktywnymi jest związany z potencjalnymi możliwościami wykorzystania ich jako środków dodawanych do żywności, chemicznych czy farmaceutycznych. Pod pojęciem substancje bioaktywne rozumiemy wszelkie komponenty, zawierające substancje lecznicze i odżywcze, które zazwyczaj występują w roślinach w małych ilościach (1). Jedną ze znanych substancji bioaktywnych są związki fenolowe, do których należą m.in. flawonoidy, kwasy fenolowe czy też taniny. Flawonoidy to jedna z ważniejszych grup polifenoli, które ze względu na zróżnicowaną strukturę chemiczną, pełnią wiele funkcji w roślinach. Drugą grupą związków fenolowych wyróżniających się bioaktywnymi właściwościami są kwasy fenolowe (2).

## Podział i występowanie kwasów fenolowych

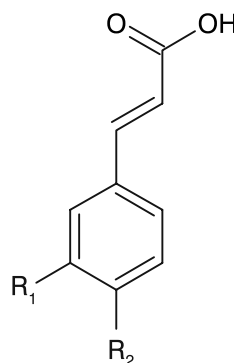
Kwasy fenolowe w swojej strukturze zawierają grupę hydroksylową i karboksylową. W świecie roślin rozpowszechnione są hydroksylowe pochodne kwasu benzoowego (ryc. 1) oraz kwasu cynamonowego (ryc. 2).

Najbardziej rozpowszechnione spośród kwasów hydroksybenzoowych są kwasy: galusowy, *p*-hydroksybenzoowy, protokatechowy, wanilinowy i syryngowy, natomiast spośród kwasów hydroksy-



$R^1=R^2=OH, R^3=H$  – kwas protokatechowy  
 $R^1=R^2=R^3=OH$  – kwas galusowy

Ryc. 1. Struktura kwasów hydroksybenzoowych.



$R^2=OH$  – kwas *p*-kumarowy  
 $R^1=R^2=OH$  – kwas kawowy  
 $R^1=OCH_3, R^2=OH$  – kwas ferulowy

Ryc. 2. Struktura kwasów hydroksycynamonowych.

cynamonowych: kawowy, ferulowy, *p*-kumarowy i synapowy (3).

W roślinach kwasy fenolowe występują przeważnie w formie związanej w postaci estrów oraz glikozydów, wchodzących w skład lignin i tanin hydrolizujących. Niektóre z kwasów hydroksycynamonowych występują w połączeniach estrowych z kwasami karboksylowymi lub z glukozą. Występują one w połączeniach estrowych z następującymi kwasami (4, 5): malonowym, winowym,  $\alpha$ -hydroksy-hydrokawowym, hydroksycynamonowym, tartronowym (HOOC-CHOH-COOH, jako kwas *p*-kumarilo-, feruloilo- i kawoilo-tartronowy), szikimowym, galaktarowym, glukarowym (jako kwas kawoiloglukarowy), glukozowym (jako kwas feruloiloglukonowy, którego głównym izomerem jest kwas 2-O-feruloiloglukonowy), 4-metoksyaldarowym (jako kwas 2-O-feruloilo-4-metoksyaldarowy).

W środowisku kwaśnym, po podgrzaniu, związki te mogą ulegać hydrolizie, pod wpływem której dochodzi do zerwania wiązań estrowych i glikozydowych, co w konsekwencji prowadzi do wzrostu liczby wolnych fenolokwasów (6).

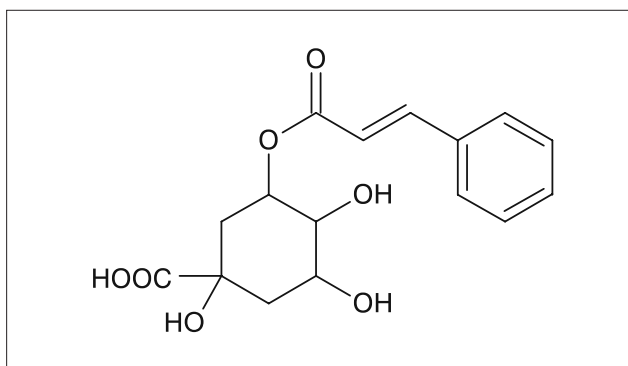
Natomiast kwasy hydroksybenzoesowe są przeważnie obecne jako glikozydy. W tkankach roślinnych zdefiniowano również inne połączenia fenolokwasów, np. z flawonoidami, kwasami tłuszczowymi, sterolami oraz polimerami ścian komórkowych. Kwasy fenolowe mogą być również komponentami antocyjanów lub flawonów (6-9).

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe występowanie niektórych kwasów fenolowych w roślinach.

Wśród roślin szczególnie rozpowszechnione są pochodne kwasu cynamonowego. Występują zarówno

**Tabela 1.** Występowanie kwasów fenolowych w roślinach.

Grupa kwasów fenolowych	Nazwa kwasu	Występowanie	Piśmiennictwo
Kwasy hydroksybenzoesowe	protokatechowy	czarna porzeczka, czerwone owoce (truskawki, maliny), jeżyny, czerwona cebula, rzodkiewka, winogrona	(7)
	<i>p</i> -hydroksybenzoesowy		
	galusowy	herbata, truskawki, maliny, jeżyny, winogrona, cebula	(7)
Kwasy hydroksycynamonowe	kawowy	jabłka, gruszki, śliwki, liście <i>Ginkgo biloba</i> i <i>Morus alba</i> , liście tytoniu, kawa, ziemniaki, szpinak, sałata, kapusta, oliwa z oliwek, wino	(10, 11)
	ferulowy	nasiona pszenicy, jęczmienia, żyta i owsa	(12, 13)
	<i>p</i> -kumarowy	jabłka, czarna porzeczka, zboża, otręby zbóż	(12, 13)
	synapowy	warzywa z rodziny <i>Brassica</i> (brokuły, jarmuż), soki cytrusowe	(12, 13)



Ryc. 3. Struktura kwasu chlorogenowego (kwas 5'-kawoilochinowy).

w postaci wolnej, jak i depsydów oraz jako glikozydy. W owocach kwasy hydroksycynamonowe występują głównie jako estry glukozy lub kwasu chinowego, natomiast w ziarnach zbóż kwasy ferulowe i *p*-kumarowy są związane z arabinoksyfanami.

Wśród roślin kwiatowych i porostów (kwasy porostowe) występują depsydy, których przykładem jest kwas chlorogenowy (ryc. 3). Kwas chlorogenowy powstaje w wyniku połączenia grupy karboksylowej kwasu kawowego z grupą fenolową kwasu chinowego. Występuje on w dość dużych ilościach w kawie (*Coffea robusta*), nasionach kakaowca, owocach aronii i czarnej jagody, owocach i liściach morwy oraz w przyprawach ziołowych (7-13).

Kwasy fenolowe są odpowiedzialne za kwaśny i gorzki smak niektórych produktów spożywczych pochodzenia roślinnego, nadają im także właściwości ściągające. Stwierdzono, że charakterystyczny smak produktów z mąki otrzymanej z zarodków kukurydzy jest wynikiem obecności kwasów: ferulowego oraz *o*- i *p*-kumarowego (4, 8).

### Właściwości przeciwutleniające kwasów fenolowych

Aktywność przeciwutleniająca związków fenolowych polega na różnorodnych mechanizmach ich działania, między innymi wykazują one charakter (14, 15):

- związków o właściwościach redukujących – mogą oddać elektron lub atom wodoru;
- związków wiążących wolne rodniki – mogą stabilizować lub delokalizować niesparowany elektron;
- czynników chelatujących jony metali enzymów katalizujących reakcje utleniania;
- inhibitorów oksydaz;
- terminatorów przerywających łańcuchowe reakcje rodnikowe;

- stabilizatorów wolnych rodników powstających w reakcjach oksydacyjnych poprzez ich uwodornianie lub kompleksowanie.

W licznych badaniach dotyczących właściwości przeciwutleniających kwasów fenolowych naukowcy wykazali zależność tych właściwości od struktury chemicznej, a dokładniej są one związane z liczbą grup hydroksylowych w cząsteczce oraz stopniem ich zestryfikowane. W związkach z jedną grupą hydroksylową, aktywność przeciwutleniająca zwiększa dodatkowo obecność jednej lub dwu grup metoksylowych w pierścieniu. Wprowadzenie w pozycji *orto*- grupy z donorami elektronów, alkilowej lub metoksylowej, zwiększa stabilność właściwości przeciwutleniających kwasów fenolowych (16, 17). Kwas synapinowy z dwiema grupami metoksyloowymi jest bardziej aktywny niż kwas ferulowy mający jedną grupę metoksylową, a ten z kolei jest aktywniejszy od kwasu kumarowego (zawierającego jedną grupę hydroksylową). Wysoką aktywność przeciwutleniającą wykazuje kwas chlorogenowy. Kwasy *orto*- i *para*- monohydroksybenzoesowe nie wykazują właściwości przeciwutleniających w stosunku do wolnych rodników generowanych w fazie wodnej, natomiast pochodne *meta*- wykazują taką aktywność. Kwasy monohydroksybenzoesowe są efektywnymi zmiataczami rodników hydroksylowych (18).

Wykazano, że pochodne kwasu cynamonowego mogą działać przeciwutleniająco przede wszystkim jako zmiatacze wolnych rodników. Właściwości te związane są z ich zdolnością do oddawania protonu i tworzenia stabilnego i mało reaktywnego rodnika fenoksylowego (19). Chen i Ho (20) stwierdzili, iż kwas chlorogenowy wykazywał niższą aktywność przeciwutleniającą w porównaniu z kwasem kawowym zawartym w oleju kukurydzianym. Również Medina i wsp. (21) stwierdzili, iż kwas kawowy wyłapywał znacznie lepiej wolne rodniki alkoksylowe powstałe w wyniku rozpadu estrów metylowych kwasu linolowego w oleju słonecznikowym, w porównaniu z kwasem chlorogenowym. Natomiast Sroka i Lisowski (22) sugerują, iż addycja kwasu chinowego do kwasu kawowego powoduje wzrost aktywności przeciwutleniającej, ale także zmniejszenie zdolności zmiatania rodników DPPH w porównaniu z samym kwasem kawowym. Natomiast Marinova i wsp. (23) wykazali, iż aktywność przeciwutleniająca obu kwasów podczas utleniania triacylogliceroli w oleju słonecznikowym wyraźnie zależna jest od stężenia obu przeciwutleniaczy. Autorzy przeprowadzili badania z zastosowaniem kwasu kawowego oraz chlorogenowego o różnych stężeniach. Stwierdzono, iż oba kwasy zastosowane w stężeniach  $2,8 \times 10^{-4}$  mol/l wykazywały

podobną aktywność przeciwutleniającą, natomiast zastosowanie kwasów o stężeniach powyżej  $10 \times 10^{-4}$  mol/l ujawniło, iż kwas kawowy jest efektywniejszym inhibitorem reakcji niż kwas chlorogenowy. Przyczyną takich zachowań mogą być interakcje między kwasem i wodoronadtlenkami, lecz również możliwość udziału wolnorodnikowych pochodnych kwasu chlorogenowego w reakcjach propagacji (więcej niż jednej), natomiast wolnorodnikowe pochodne kwasu kawowego uczestniczą tylko w jednej reakcji tego typu (23).

Aktywność przeciwutleniająca pochodnych kwasów chlorogenowych, do których należą estry kwasów *trans* cynamonowych oraz kwasu chinowego, związana jest przede wszystkim z ich właściwościami zmiatania wolnych rodników oraz kompleksowania jonów metali przejściowych. Mogą one również zmniejszać absorpcję glukozy oraz modulować ekspresję genów enzymów przeciwutleniających (24, 25).

Gugliucci i wsp. (26) w swoich badaniach dowiedli, iż kwasy te są przyswajalne przez organizm ludzki, i tak po konsumpcji kawy, w surowicy krwi człowieka zidentyfikowano osiem izomerów kwasu chlorogenowego. Autorzy zwracają uwagę na to, iż herbata maté zawiera wysokie stężenie kwasu chlorogenowego ( $6 \mu\text{mol/l}$ ) i wykazuje właściwości przeciwutleniające *in vitro* i *in vivo*.

### Właściwości farmakologiczne kwasów fenolowych

Organizm człowieka narażony jest na szkodliwe działanie wolnych rodników nadtlenkowych wytwarzanych zarówno endogennie, jak i egzogennie. Wolne rodniki wykazują działanie utleniające, co może prowadzić do różnych chorób, takich jak choroba Alzheimera, astma oskrzelowa, cukrzyca, miażdżyca, choroba Parkinsona oraz zakażenia wirusowe. Substancje przeciwutleniające, neutralizując szkodliwy wpływ wolnych rodników, odgrywają znaczącą rolę w organizmie człowieka (27). Właściwości prozdrowotne kwasów fenolowych są związane przede wszystkim z ich właściwościami przeciwutleniającymi. Kwasy kawowy, chlorogenowy, ferulowy, elagowy i galusowy mają zdolność blokowania związków nowotworogennych powstających na drodze metabolicznych przemian niektórych substancji rakotwórczych, np. 4-nitrochinolino-1-tlenków (28).

Kwasy hydroksycynamonowe chronią frakcję LDL przed oksydacyjną modyfikacją i skutkiem tego hamują aterosclerozę. Wykazują one również zdolność hamowania rozwoju nowotworów i tworzenia się związków mutagennych, np. nitrozoamin. Kwasy ferulowy i kawowy są określane jako inhibito-

ry chorób nowotworowych (29). Kwas diferulowy hamuje peroksydację lipidów *in vitro* i wykazuje właściwości przeciwutleniające w stosunku do rodników generowanych w fazie wodnej. Jest on również efektywniejszy od kwasu ferulowego, zarówno w fazie wodnej, jak i w fazie lipidowej. Stwierdzono, iż 8,5-dihydrobenzenofurany (pochodne kwasów ferulowego i kawowego) wykazują właściwości cytotoksyczne w stosunku do komórek białaczki, raka okrężnicy i sutka. Kurkumina (pochodna kwasu diferulowego) oraz kwas rozmarynowy, stanowią czynniki przeciwzapalne, przeciwnowotworowe, a także wykazują właściwości przeciwutleniające (6, 30).

Duże znaczenie w chemioprewencji chorób nowotworowych ma kwas chlorogenowy. Przedstawione wyniki doświadczeń, przeprowadzonych na zwierzętach, wskazują na wysoką skuteczność kwasu chlorogenowego jako środka ochronnego komórek wątroby przeciwko zatruciu tetrachlorkiem węgla oraz izotopami kobaltu i kadmu (28). Kwas chlorogenowy jest również środkiem przeciwzapalnym, wykazuje właściwości żółciopędne, hamuje przemianę kwasu  $\gamma$ -aminomasłowego (GABA) w ośrodkowym układzie nerwowym.

Kwas kawowy przeciwdziała oksydacji lipoprotein i recyrkulacji  $\alpha$ -tokoferolu do formy aktywnej, chroni także komórki endotelium przed uszkodzeniami wywołanymi przez utlenioną frakcję LDL.

Kwasy fenolowe wykazują określone właściwości farmakologiczne, takie jak:

- żółciopędne (kwasy: kawowy, ferulowy, chlorogenowy, syringowy, 3,4-dimetoksykynamonowy);
- przeciwbakteryjne (kwasy: kawowy, wanilinowy, *p*-kumarowy, *p*-hydroksybenzoesowy);
- antyseptyczne, ściągające oraz przeciwpotne (kwas galusowy);
- hemostatyczne (kwas elagowy).

Kwasy fenolowe wyizolowane ze *Scrophularia frutescens* – ferulowy, kawowy, izowanilinowy, *p*-hydroksycynamonowy, syringowy, gentyzowy i protokatechowy, wykazują właściwości przeciwbakteryjne, w szczególności przeciwko bakteriom Gram-dodatnim (*Bacillus* sp.). Surowiec ten jest wykorzystywany w medycynie tradycyjnej jako środek przeciwzapalny i zwalczający różne dermatozy (np. świerzb, martwicę tkanek oraz nowotwory skóry) (31).

Wyizolowane związki fenolowe z jeżówki (*Echinacea* sp.) – kwas chlorogenowy, chikorowy, kawowy i cynaryna, stosowane są jako środki przeciwko uszkodzeniom skóry spowodowanym przez promieniowanie UV-A i UV-B, co jest wynikiem działania zapobiegającego degradacji kolagenu (8).

Herbaty, zarówno zielona jak i czarna, są bogate w związki fenolowe, w tym także w kwasy fenolowe

(m.in. galusowy, kawowy, *p*-kumarowy). Obecność związków fenolowych w herbatach wzbudziła zainteresowanie naukowców, którzy przeprowadzili badania mające na celu określenie wpływu herbat na rozwój różnych chorób, dla przykładu choroby niedokrwiennej jelit oraz miażdżycy. Abdeen i wsp. (32) wykazali, iż podawanie zielonej herbaty chroni błonę śluzową jelita przed jej uszkodzeniem. Wyniki te potwierdzają jedną z teorii mechanizmów reperfuzji, która opiera się na wytwarzaniu wolnych rodników tlenowych i prozapalnych cytokinaz, co z kolei powoduje uszkodzenie komórek błony śluzowej jelit (33). Do obrony przeciwko działaniu wolnych rodników predestynowane są enzymy wykazujące właściwości przeciwutleniające (dysmutaza ponadtlenkowa – SOD, katalaza – CAT). Enzymy te stanowią biologiczną obronę makrocząsteczek w organizmie (m.in. DNA, białek, lipidów) przed działaniem wolnych rodników. Natomiast związki fenolowe zawarte w zielonej herbacie wspomagają pracę tych enzymów.

Rouanet i wsp. (34) przeprowadzili badania wpływu soków: malinowego, truskawkowego oraz borówkowego, a także zielonej i czarnej herbaty na wczesną miażdżycę u chomików. Naukowcy wykazali, iż umiarkowane spożywanie soków owocowych z rodziny jagodowych oraz herbat, we wczesnym etapie choroby, może przyczynić się do osłabienia jej dalszego rozwoju. Autorzy sugerują możliwość działania synergistycznego wszystkich fenoli obecnych w sokach i herbatach.

Chung i wsp. (35) przeprowadzili badania określające przeciw cukrzycowe działanie ekstraktów fenolowych otrzymanych z trzech wybranych odmian sorgo (*Hwanggeumchal sorghum*, *Chal sorghum*, *Heuin sorghum*) u szczurów zdrowych oraz ze sztucznie wywołaną cukrzycą. Analiza HPLC wykazała, iż w skład ekstraktów wchodziło wiele kwasów fenolowych, m.in. kwas galusowy, protokatechowy, gentyzynowy, chlorogenowy, *p*-hydroksybenzoesowy, wanilinowy, kawowy, syryngowy, *p*-kumarowy, ferulowy, *m*-kumarowy, *o*-kumarowy, *t*-cynamonowy oraz  $\beta$ -rezorcyłowy. Po 14-dniowej kuracji zaobserwowano znaczącą aktywność hipoglikemiczną ekstraktów fenolowych. Zaobserwowano m.in. spadek zawartości glukozy, cholesterolu, triglicerydów, kwasu moczowego, kreatyniny, podczas gdy poziom insuliny wzrastał. Natomiast u zdrowych szczurów nie zaobserwowano zmian.

O zdrowotnym działaniu propolisu na organizm człowieka wiadomo od dawna. Propolis w swoim składzie zawiera takie kwasy fenolowe, jak cynamonowy, kawowy, *p*-kumarowy. To właśnie dzięki zawartym w nim kwasom fenolowym i flawonoidom propolis

odznacza się silnymi właściwościami przeciwdrobnoustrojowymi (36, 37).

## Podsumowanie

Kwasy fenolowe to grupa związków szeroko rozpowszechniona w świecie roślin. Należą one do metabolitów wtórnych wykazujących pozytywny wpływ na ludzkie zdrowie. Wyróżniają się aktywnością antyoksydacyjną, dlatego też wraz z karotenoidami, tokoferolami i witaminą C zaliczane są do naturalnych składników żywnościowych o charakterze przeciwutleniających (38). Właściwości antyoksydacyjne tych związków polegają na eliminowaniu reaktywnych form tlenu, blokowaniu wolnych rodników, inhibicji enzymów z grupy oksydaz, a także wspomaganie enzymów wykazujących właściwości przeciwutleniające oraz chelatowaniu jonów metali (żelaza, miedzi). W ten sposób organizm człowieka jest chroniony przed stresem oksydacyjnym, a co za tym idzie, przed rozwojem takich chorób, jak miażdżycza naczyń i zmiany nowotworowe (38-40).

## Piśmiennictwo

1. Kris-Etherton PM, Hecker KD, Bonanome A i wsp. Bioactive compounds in food: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am J Med* 2002; 113:71S-88S.
2. Harborne JB, Baxter H, Moss GP. *Phytochemical dictionary: handbook of bioactive compounds from plant*, Second ed. Taylor and Francis, London 1999.
3. Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary, sources, metabolism and nutritional significance. *Nutr Rev* 1998; 56:317-33.
4. Huang CJ, Zayas JF. Phenolic acids contribution to taste characteristic of corn germ protein flour products. *J Food Sci* 1991; 56(5):1308-10.
5. Herrmann K. Occurrence and content of hydroxycinnamic acid and hydroxybenzoic acid compounds in foods. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1989; 28:315-47.
6. Jeszka M, Flaczek E, Kobus-Cisowska J i wsp. Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyr Technol* 2010; 4(2): 1-13.
7. Wilska-Jaszka J. Polifenole, glukozylnolany i inne związki prozdrowotne i antyżywnościowe. [W:] *Chemia żywności. T. I. Składniki żywności*. Red. ZE Sikorski. WN-T, Warszawa 2007; 206-26.
8. Gawlik-Dziki U. Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywn Nauka Technol Jakość* 2004; 41(4):29-40.
9. Kączkowski J. *Biochemia roślin*. T. 1. PWN, Warszawa 1992.
10. Jeszka M, Kobus J, Flaczek E. Określenie potencjału antyoksydacyjnego ekstraktu z liści morwy białej. *Bromatol Chem Toksykol* 2009; 42(3):885-89a L.
11. Kobus J, Flaczek E, Siger A i wsp. Phenolic compounds and antioxidant activity of extract of *Ginkgo* leaves. *Eur J Lipid Sci Technol* 2009; 111:1140-50.
12. Clifford MN. Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence, dietary burden, adsorption and metabolism. *J Sci Food Agric* 2000; 80:1033-42.
13. King A, Young G. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *J Am Diet Assoc* 1999; 99(2):213-8.
14. Panczenko-Kresowska B. Wolne rodniki a żywienie. *Wiad Ziel* 1997; 10:17-18.
15. Rice-Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* 1997; 2(4):152-9.
16. Cuvelier ME, Richard H, Berset C. Antioxidative activity and phenolic composition of pilot-plant and commercial extracts of sage and rosemary. *J Am Oil Chem Soc* 1996; 73(5):645-52.
17. Shahidi F, Wanasundara JPD. Phenolic antioxidant. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1992; 32:67-103.
18. Rice-

- Evans CA, Miller NJ, Paganga G. Structure-antioxidant activity relationship of flavonoids and phenolic acids. *Free Rad Biol Med* 1996; 20(7):933-6. **19.** Siquet C, Pavia-Martins F, Lima JFLC i wsp. Antioxidant profile of dihydroxy- and trihydroxyphenolic acids – a structure – activity relationship study. *Free Radic Res* 2006; 40(4):433-42. **20.** Chen JH, Ho CT. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *J Agric Food Chem* 1997; 45(7):2374-8. **21.** Medina I, Gallardo JM, Gonzalez MJ i wsp. Effect of molecular structure of phenolic families as hydroxycinnamic acids and catechins on their antioxidant effectiveness in minced fish muscle. *J Agric Food Chem* 2007; 55(10):3889-95. **22.** Sroka Z, Cisowski W. Hydrogen peroxide scavenging, antioxidant and anti-radical activity of some phenolic acids. *Food Chem Toxicol* 2003; 41(3):753-8. **23.** Marinova EM, Toneva A, Yanishlieva N. Comparison of the antioxidative properties of caffeic and chlorogenic acids. *Food Chem* 2009; 114:1498-1502. **24.** Clifford MN. Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence and dietary burden. *J Sci Food Agric* 1999; 79:362. **25.** Olthof MR, Hollman PC, Katan MB. Chlorogenic acid and caffeic acid are absorbed in humans. *J Nutr* 2001; 131:66. **26.** Gugliucci A, Markowicz-Bastos DH. Chlorogenic acid protects paraoxonase 1 activity in high density lipoprotein from inactivation caused by physiological concentrations of hypochlorite. *Fitoterapia* 2009; 80:138-142. **27.** Halliwell B. Antioxidant and human disease: a general introduction. *Nutr Rev* 1997; 55:L552-4. **28.** Lamer-Zarawska E, Oszmiański J. Rola niektórych substancji roślinnych w profilaktyce przeciwnowotworowej. *Wiad Ziel* 1998; 5:1-4. **29.** Slavin J, Marquart L, Jakoby DI. Consumption of whole-grain food and decreased risk of cancer: proposed mechanisms. *Cereal Foods World* 2000; 2:54-58. **30.** Tada H, Ikeda Y, Omoto T i wsp. Rosmarinic acid and related phenolic in adventitious root cultures of *Ocimum basilicum* L. *Plant Tissue Cult Lett* 1996; 13(1):69-71. **31.** Fernández MA, García MD, Sáenz MT. Antibacterial activity of the phenolic acids fraction of *Scrophularia frutescens* and *Scrophularia sambucifolia*. *J Ethnopharmacol* 1996; 53:11-4. **32.** Abeen SM, Mathew TC, Path C i wsp. Protective of green tea on intestinal ischemia-reperfusion injury. *Nutr* 2011; 27:598-603. **33.** Garden DL, Granger DN. Pathophysiology of ischemia-reperfusion injury. *J Patol* 2000; 190:255-66. **34.** Rouanet JM, Decorde K, Del Rio D i wsp. Berry juice, teas, antioxidants and the prevention of atherosclerotic in hamster. *Food Chem* 2010; 118:266-71. **35.** Chung IM, Kim EH, Yeo MA i wsp. Antidiabetic effects of three Korean sorghum phenolic extracts in normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Food Res Internat* 2011; 44:127-32. **36.** Krol W, Scheller S, Shani J. Synergistic effect of ethanolic extract of propolis and antibiotics on the growth of *Staphylococcus aureus*. *Arzneim Forsch* 1993; 43:607-69. **37.** Schnitzler P, Neuner A, Nolkemper S i wsp. Antiviral activity and mode of action of propolis extracts and selected compounds. *Phytother Res* 2010; 24:20-8. **38.** Makarska E, Michalak M. Aktywność przeciwwutleniająca kwasów fenolowych jęczmienia jarego. *Annales UMCS, Sect E*, 2005; 60:263-9. **39.** Rosicka-Kaczmarek J. Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przegl Piek Cukier* 2004; 6:12-16. **40.** Ghasemzadeh A, Ghasemzadeh N. Flavonoids and phenolic acids: Role and biological activity in plants and human. *J Med Plants Res* 2011; 31(5):6697-703.

otrzymano/received: 19.11.2012  
zaakceptowano/accepted: 28.11.2012

Adres/address:  
\*dr inż. Anna Parus  
Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej  
Politechnika Poznańska  
Pl. M. Skłodowskiej-Curie 2, 60-965 Poznań  
tel./fax: +48 (61) 665-36-49  
e-mail: anna.parus@put.poznan.pl