

MAGDALENA JESZKA, EWA FLACZYK, JOANNA KOBUS-CISOWSKA, KRZYSZTOF DZIEDZIC

Katedra Technologii Żywienia Człowieka  
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

## ZWIĄZKI FENOLOWE – CHARAKTERYSTYKA I ZNACZENIE W TECHNOLOGII ŻYWNOŚCI

**Streszczenie.** W artykule omówiono klasyfikację i charakterystykę związków fenolowych, a także ich występowanie w surowcach żywnościowych. Przedstawiono również znaczenie polifenoli w kształtowaniu jakości i stabilności żywności oraz ich funkcję jako przeciwutleniczy.

**Słowa kluczowe:** związki fenolowe, antyoksydanty roślinne, żywność

### Wstęp

Polifenole są to wtórne metabolity roślinne o bardzo zróżnicowanej strukturze, małej cząsteczkowej i właściwościach fizycznych, biologicznych i chemicznych. Występują we wszystkich częściach roślin: kwiatach, owocach, nasionach, liściach, korzeniach, korze i częściach zdrewniałych roślin (HERMANN 1978). Związki te odgrywają istotną rolę we wzroście i reprodukcji rośliny, ale także w kształtowaniu cech sensorycznych żywności. Nadają specyficzny cierpki i gorzki smak, są odpowiedzialne za barwę, włóknistość, a także mogą powodować zmętnienia i osady w takich rodzajach żywności przetworzonej, jak soki, wina i napoje (ALASALVAR 2001). Jest to bardzo zróżnicowana pod względem chemicznym grupa składników, a jej skład zależy od gatunku rośliny, odmiany, warunków klimatycznych i agrotechnicznych uprawy.

Jedną z ważniejszych grup polifenoli są flawonoidy, które ze względu na zróżnicowaną strukturę chemiczną i różnorodność wynikającą z przyłączenia podstawników, zwłaszcza reszt cukrowych, pełnią wiele ważnych funkcji w roślinie. Biorą one udział w morfogenezie, przepływie energii, determinacji płci, fotosyntezie, oddychaniu, regulacji ekspresji genów, regulacji syntezy hormonów wzrostu (ŁUKASZEWICZ 2004, WILSKA-JESZKA 2007).

Fenolokwasy w roślinach występują głównie w formie związanej, jako składowe ligniny i taniny hydrolizujących, w postaci estrów oraz glikozydów. Kwasy hydroksycyna-

monowe występują najczęściej w połączeniach estrowych, podczas gdy kwasy hydroksybenzoesowe są obecne w roślinach głównie jako glikozydy. Ponadto w tkankach roślinnych zidentyfikowano połączenia fenolokwasów z innymi naturalnymi związkami, np. flawonoidami, kwasami tłuszczowymi, sterolami lub z polimerami ścian komórkowych (np. lignany stanowią składnik ścian komórkowych) (ŁUKASZEWICZ 2004, WILSKA-JESZKA 2007).

W liściach polifenole chronią roślinę przed promieniowaniem UV, a także aparat fotosyntetyczny przed ujemnym wpływem światła w części zakresu widzialnego. Fenolokwasy stanowią substraty w reakcjach biosyntezy (np. kwas kawowy jest prekursorem lignin), zachodzącej w celu ochrony rośliny przed szkodliwym działaniem promieniowania ultrafioletowego. Dowodem na to jest fakt, że mutanty rośliny *Arabidopsis*, niezdolne do syntezy związków fenolowych, są bardziej niż inne rośliny podatne na niszczące działanie promieni ultrafioletowych (BIEZA i LOIS 2001, LANDRY i IN. 1995).

Bardzo ważną rolę związków polifenolowych jest także transport cukrów w postaci glikozydów z liści do innych części rośliny. Flawonoidy umożliwiają regulację ciśnienia osmotycznego w roślinie w okresie suszy lub podczas działania niskiej temperatury oraz zapobiegają stresowi oksydacyjnemu związanemu ze stresem mechanicznym, cieplnym i wodnym (ŁUKASZEWICZ 2004).

Antocyjany tworzą kompleksy z metalami i w ten sposób uczestniczą w kształtowaniu gamy barw kwiatów, dzięki czemu wabią owady zapylające i zwierzęta przenoszące nasiona (MITEK i GASIK 2009).

Taniny chronią roślinę przed szkodliwym działaniem owadzych enzymów i mikroorganizmów pochodzących z otoczenia, tworząc kompleksy z ich białkami (WILSKA-JESZKA 2007).

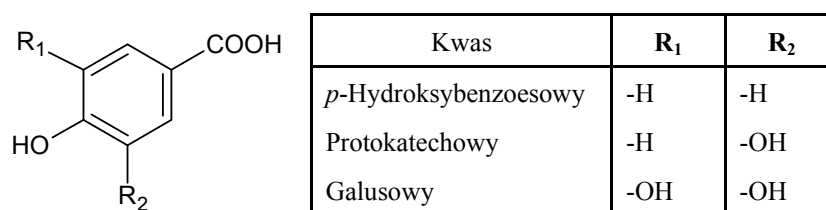
W zależności od fazy rozwoju rośliny zmienia się zawartość związków fenolowych. I tak na przykład w czasie dojrzewania pomidorów wzrasta ilość kwasów fenolowych. Podobnie w dojrzałych owocach, np. w truskawkach, występuje więcej polifenoli niż w niedojrzałych, natomiast w dojrzałych jabłkach obserwuje się obniżenie poziomu zawartości kwasów: kawowego, *p*-kumarowego oraz ferulowego nawet dziesięciokrotnie (WILSKA-JESZKA 2007). Zawartość kwasu chlorogenowego w niedojrzałym ziarnie kawy jest największa i ulega zmniejszeniu w miarę dojrzewania ziarna (CASSIDY i IN. 2000, BUDRYN i NEBESNY 2006).

Roślinne polifenole powstają na drodze dwóch podstawowych cykli przemian metabolicznych. W cyklu metabolicznym kwasu szikimowego powstają kwasy hydroksycynamonowe i kumaryny, natomiast proste fenole i chinony tworzą się w wyniku przemian kwasu octowego. Bardziej złożone strukturalnie flawonoidy powstają w wyniku połączenia tych dwóch cykli (MITEK i GASIK 2007).

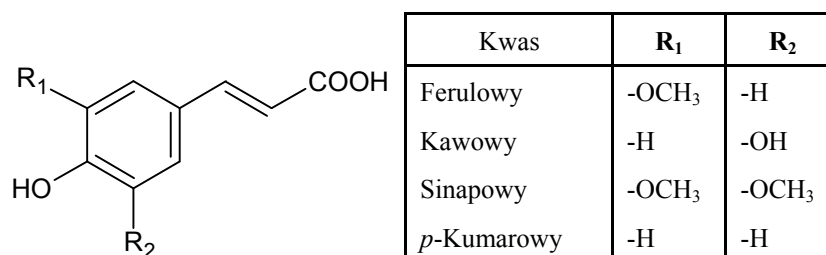
## Charakterystyka związków fenolowych i ich występowanie

Ze względu na strukturę podstawowego szkieletu węglowego wyróżniono cztery grupy związków fenolowych: fenolokwasy, flawonoidy, stilbeny i lignany (KING i YOUNG 1999, PIETTA 2000).

Tak jak wspomniano wyżej, fenolokwasy są hydroksylowymi pochodnymi kwasu benzoowego (rys. 1) lub cynamonowego (rys. 2). Te ostatnie są szczególnie rozpo-



Rys. 1. Podstawowe struktury chemiczne kwasów hydroksybenzoesowych  
Fig. 1. Basic chemical structures of hydroxybenzoic acids



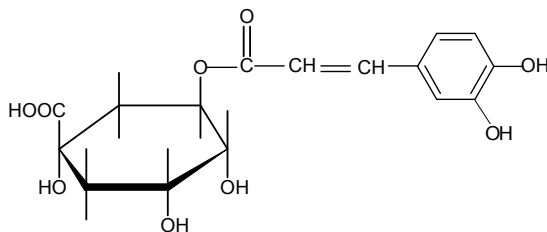
Rys. 2. Podstawowe struktury chemiczne kwasów hydroksycynamonowych  
Fig. 2. Basic chemical structures of hydroxycinnamic acids

wszechnione wśród roślin i różnią się miejscem podstawienia grup hydroksylowych i metoksyliowych w szkielecie podstawowym. Występują zwykle w połączeniach z innymi związkami, ale w środowisku kwaśnym po podgrzaniu może zachodzić hydroliza wiązań estrowych i glikozydowych, co powoduje wzrost ilości wolnych fenolokwasów. Zdolność grupy karboksylowej do odbierania elektronu ma niekorzystny wpływ na właściwości donorowe hydroksybenzoesanu, dlatego też pochodne kwasu cynamonowego są bardziej efektywnymi przeciwutleniaczami niż pochodne kwasu benzoesowego (MITEK i GASIK 2007).

Najpopularniejszymi kwasami hydroksybenzoesowymi są: kwas protokatechowy i *p*-hydroksybenzoesowy, które występują w czarnej porzeczce oraz czerwonych owocach, w truskawkach, malinach i jeżynach, także w czerwonej cebuli i rzodkiewkach. Do kwasów hydroksybenzoesowych należy również silny przeciwutleniacz – kwas galusowy, zawierający dodatkowo dwie grupy hydroksylowe, którego bogatym źródłem są: herbata, truskawki, maliny, jeżyny i cebula (WILSKA-JESZKA 2007).

Popularnym przedstawicielem kwasów hydroksycynamonowych jest kwas kawowy, o bardzo dużej aktywności przeciwutleniającej. Występuje m.in. w jabłkach, gruszkach, śliwkach, liściach, np. *Ginkgo biloba*, *Morus alba*, liściach tytoniu, kawie, ziemniakach, szpinaku, sałacie, kapuście, oliwie z oliwek czy też w winie (JESZKA i KOBUS 2008, KOBUS i IN. 2009). Kolejny z tej grupy kwasów fenolowych – kwas ferulowy – występuje w nasionach pszenicy, jęczmienia, żyta i owsa. Kwas *p*-kumarowy występuje w owocach, m.in. w jabłkach, czarnej porzeczce i w zbożach, w tym w otrębach zbóż, natomiast źródłem kwasu sinapowego są warzywa z rodziny *Brassica*, np. brokuły, jarmuż, a także soki cytrusowe (CLIFFORD 2000, KING i YOUNG 1999).

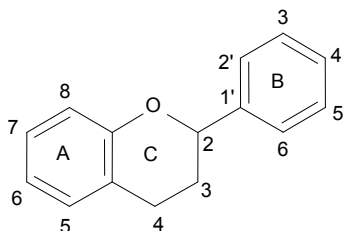
Z połączenia grupy karboksylowej kwasu kawowego z grupą fenolową kwasu chinowego powstają estry, czyli grupa kwasów chlorogenowych (rys. 3), których znaczne ilości obecne są w kawie (*Coffea robusta*), nasionach kakaowca, owocach aronii i czarnej jagody, owocach i liściach morwy oraz w przyprawach ziołowych (CLIFFORD 2000, GAWLIK-DZIKI 2004, JESZKA i FLACZYK 2008, KING i YOUNG 1999, WILSKA-JESZKA 2007).



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

Fig. 3. Chemical structure of chlorogenic acid (5-O-caffeoylquinic acid)

Największą i najbardziej zróżnicowaną grupę związków fenolowych znajdujących się w roślinach stanowią flawonoidy (rys. 4). Odgrywają one istotną rolę w kształtowaniu smaku i barwy warzyw, owoców i produktów spożywczych otrzymywanych w wyniku ich przetwarzania np. wina, herbaty i czekolady. Występują nie tylko jako wolne cząsteczki, czyli aglikony, lecz także – i to znacznie częściej – w formie związków z cukrami, czyli jako glikozydy.



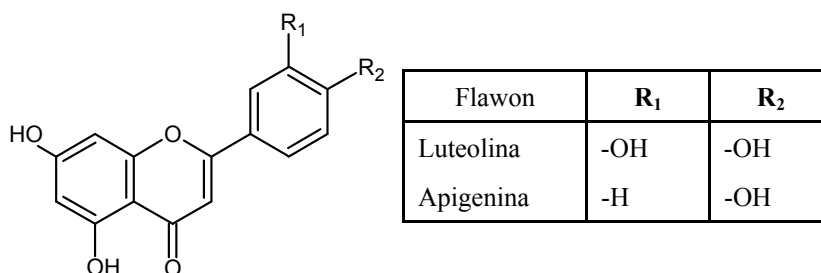
Rys. 4. Podstawowa struktura chemiczna flawonoidów: A – pierścień benzenowy, B – pierścień fenylny, C – pierścień piranowy

Fig. 4. Basic chemical structure of flavonoids: A – benzene ring, B – phenyl ring, C – pyran ring

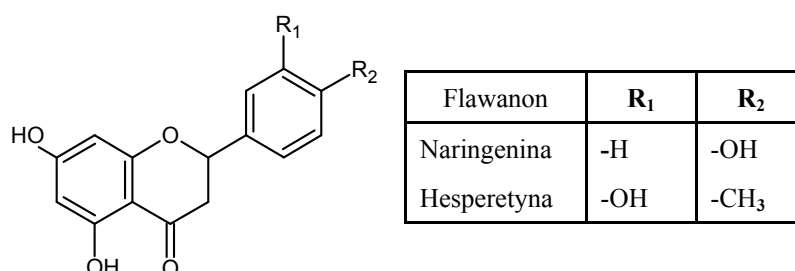
W zależności od położenia pierścienia fenolowego i stopnia utlenienia pierścienia piranowego flawonoidy podzielono na następujące klasy: flawony, flawanony, flawonole, flawanole (katechiny i proantocyjanidyny), izoflawony, antocyjany oraz chalkony (CZECZOT 2000, KING i YOUNG 1999, RICE-EVANS 2004, WILSKA-JESZKA 2007).

Flawony występują głównie jako glikozydy luteoliny i apigeniny (rys. 5). Znajdują się w warzywach, kwiatach, zbożach, przyprawach i ziołach, m.in. w pietruszce, seletrze, prosie, pszenicy, dzikiej róży, bzie, mięcie, tymianku i podbiale (KING i YOUNG 1999, YAO i IN. 2004).

Flawanony (rys. 6) w największej ilości występują w pomidorach, mięcie, czarnuszcze i owocach cytrusowych. W grejpfrutach występuje naringina, będąca neohesperozydem



Rys. 5. Podstawowe struktury chemiczne flawonów  
Fig. 5. Basic chemical structures of flavons



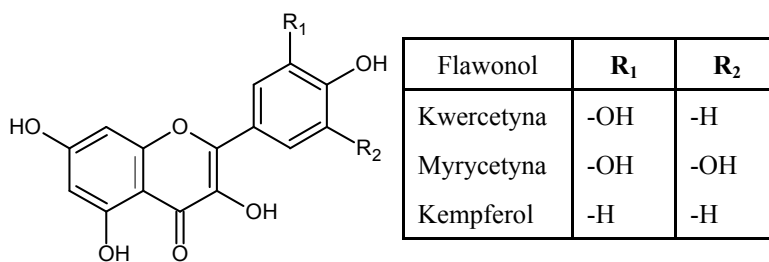
Rys. 6. Podstawowe struktury chemiczne flawanonów  
Fig. 6. Basic chemical structures of flavanons

naringeniny, a w cytrynach – narirutyna, czyli rutynozyd naringeniny (WILSKA-JESZKA 2007, YAO i IN. 2004). Kolejnym przedstawicielem tej grupy związków jest hesperydyna obecna w pomarańczach, czyli glikozyd, którego część cukrową stanowi disacharyd L-ramnozylo-D-glukoza i hesperetyna. Znajduje się ona w albedo i skórkach owoców, tak jak inne flawanony, tak więc całe owoce są kilkakrotnie bogatsze w te związki niż soki pozyskane z ich miąższu (WILSKA-JESZKA 2007).

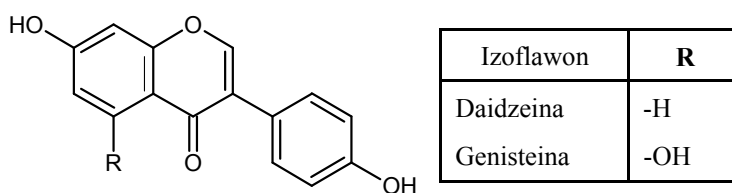
Głównymi przedstawicielami flawonoli (rys. 7) są pochodne glikozydowe kwercetyny, np. 3-O-ramnoglukozyd kwercetyny (rutyna) oraz kempferolu. Są gromadzone w zewnętrznych partiach tkanek liści i skórce owoców, ponieważ synteza flawonoli zachodzi z udziałem światła. Do roślin bogatych w te związki należą: cebula, żurawina, szczypiorek, owoce jagodowe, jarmuż, papryka, skórka jabłek, brokuły, liście *Ginkgo biloba*, herbata, kapusta włoska, liście *Morus alba* (AHERNE i O'BRIEN 2002, JESZKA 2006, JESZKA i FLACZYK 2008, KING i YOUNG 1999, KOBUS i IN. 2009).

Izoflawony (rys. 8) to kolejna grupa związków należących do flawonoidów, często zwana fitoestrogenami. Soja i rośliny strączkowe, takie jak: różne gatunki fasoli, soczewica, fasolka szparagowa, bób czy groch są bogate w β-D-glikozydowe formy izoflawonów, np. genisteinę i daidzeinę. Inne źródła izoflawonów to: pszenica i jej kielki, żyto, ryż, otręby, chmiel (CASSIDY i IN. 2000, RICE-EVANS 2004, WILSKA-JESZKA 2007).

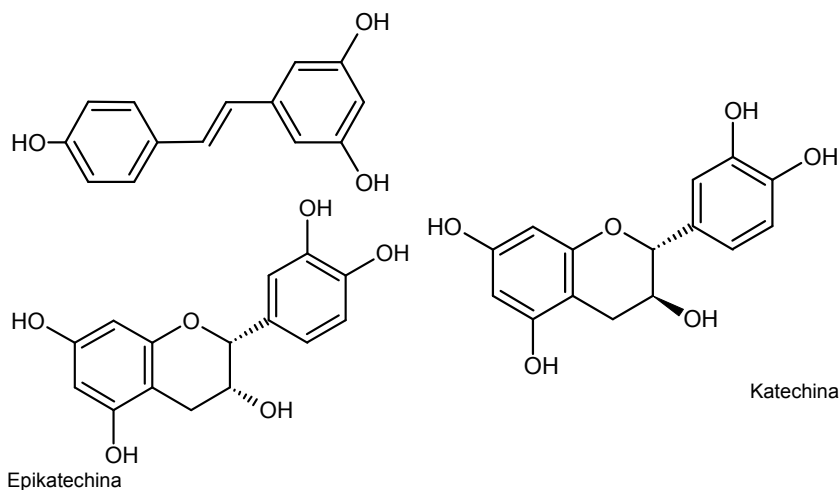
Flawanole występują jako aglikony w formach monomerycznej i spolimeryzowanej. W formie monomerycznej flawanole są nazywane katechinami (rys. 9) i znajdują się



Rys. 7. Podstawowe struktury chemiczne flawonoli  
Fig. 7. Basic chemical structures of flavonols



Rys. 8. Podstawowe struktury chemiczne izoflawonów  
Fig. 8. Basic chemical structures of isoflavons

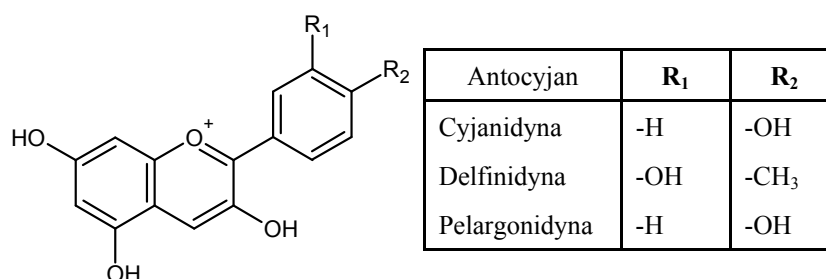


Rys. 9. Przykładowe struktury chemiczne flawanoli  
Fig. 9. Examples of chemical structures of flavanols

w morelach (epikatechyna), niektórych odmianach jabłek, orzechach, kakao, w owocach pigwowca (epikatechyna) i winogronach, a więc także w winie. Cztery podstawowe typy katechin dominujące w liściach zielonej herbaty to epikatechyna, epigallokatechyna, galusan epikatechiny oraz galusan epigallokatechiny (GRAMZA i KORCZAK 2005, SHAHIDI i NACZK 2004, WILSKA-JESZKA 2007).

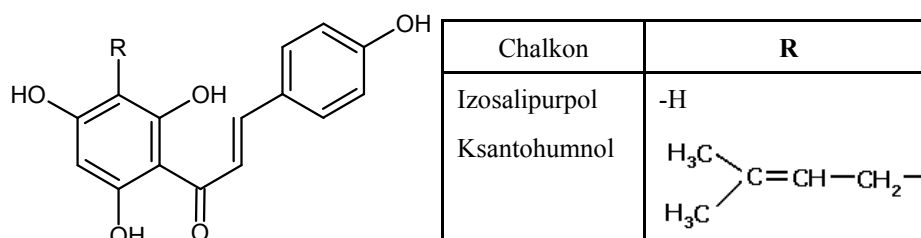
W formie spolimeryzowanej flawanole występują jako taniny, które można podzielić na taniny niehydrolizujące i taniny hydrolizujące. Taniny niehydrolizujące, czyli proantocyjanidyny i procyanidyny (zbudowane z jednostek epikatechiny lub katechiny), występują w niedojrzałych owocach, pestkach winogron, a także w warzywach strączkowych, nasionach roślin oleistych i ziarnach zbóż, natomiast taniny hydrolizujące są to estry kwasu galusowego lub elaginowego z monosacharydami lub niearomatycznymi poliolami, najczęściej glukozą, będące w zdrewniałych częściach roślin, np. w korze dębu (KING i YOUNG 1999, WILSKA-JESZKA 2007).

Kolejną klasą flawonoidów są antocyjany (rys. 10), czyli barwniki roślin. Występują one najczęściej jako acetylowane pochodne cyjanidyny w warzywach, takich jak: buraki, czerwona kapusta, czerwona cebula, rzodkiewka, czerwone sałaty i w prawie wszystkich owocach, głównie jagodowych – w skórce i miąższu. Przykładem może być także pelargonidyna występująca w skórce rzodkiewki i ziemniaków lub pochodne delfinidyny znajdujące w skórce oherzyny (WILSKA-JESZKA 2007).



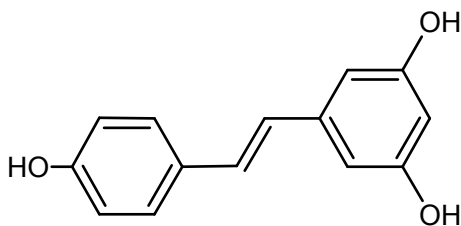
Rys. 10. Podstawowe struktury chemiczne antocyjanów  
Fig. 10. Basic chemical structures of anthocyanins

Do flawonoidów roślinnych należą również nietrwałe chalkony będące prekursorami flawonoidów (rys. 11). Należą do nich: ksantohumhol oznaczany w chmielu oraz izosalipurpol i jego glikozyd – izosalipurpozyd występujące w kwiatostanach kocanek. Dihydrochalkon – aspalatyna znajduje się w liściach niefermentowanych czerwonej herbaty rooibos (MATLAWSKA 2005).



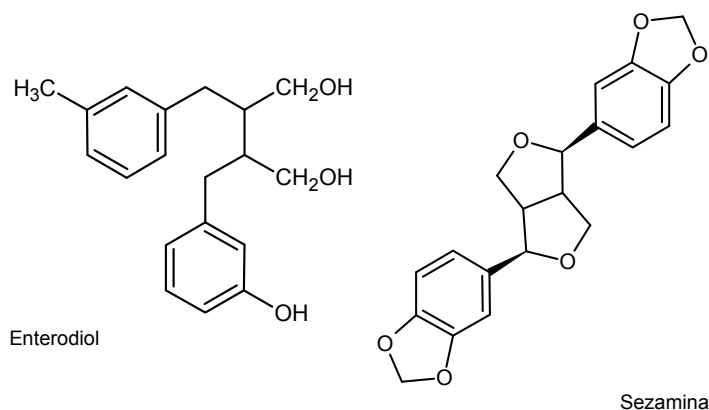
Rys. 11. Przykładowe struktury chemiczne chalkonów  
Fig. 11. Examples of chemical structures of chalcones

Stilbeny, kolejna grupa polifenoli, są syntetyzowane z pochodnych kwasu cynamonowego i występują w roślinach wyższych w formie niezwiązanej, np. *trans*-resweratrol czy oksyresweratrol (rys. 12), także jako dimery czy polimery i glikozydy, np. resweratrolu – astringina czy *trans*- i *cis*-piceidy znalezione w winogronach (CASSIDY i IN. 2000, SUN i SPRANGER 2005). Są szeroko rozpowszechnione w korzeniach i w drewnie licznych roślin oraz w łodygach i liściach. Szczególnie dokładnie przebadano resweratrol znajdujący się w największej ilości w owocach czerwonych winogron (w białych tylko w odmianie szczepu Riesling), a także w orzeszkach ziemnych, owocach morwy i czerwonej porzeczce (FRÉMONT 2000, SROKA i IN. 2005, SUN i SPRANGER 2005).



Rys. 12. Struktura chemiczna *trans*-resweratrolu  
Fig. 12. Chemical structure of *trans*-resveratrol

Lignany (rys. 13), należące do grupy polifenoli, występują w roślinach głównie w formie aglikonów, a w mniejszej ilości jako glikozydy (CASSIDY i IN. 2000). Sekoizolaricirezinol oraz matairezinol, występujące głównie w nasionach lnu i słonecznika, w organizmach zwierzęcych i u ludzi przekształcają się w związki podobne do estrogenu, takich jak: entrolakton i enterodiol (OSOSKI i KENNELLY 2003).



Rys. 13. Przykładowe struktury chemiczne lignanów  
Fig. 13. Examples of chemical structures of lignans

Bogatym źródłem lignanów są nasiona roślin oleistych i ich produkty, zwłaszcza olej lniany i olej sezamowy, a także oliwa z oliwek (FLACZYK i IN. 2006). Lignany



występujące w sezamie to: sezamina, episezamina, sezaminol, sezamolina. Mniejsze ilości lignanów znaleziono w pełnoziarnistych produktach zbożowych (żyto), w wielu ziołach, warzywach, owocach i nasionach, takich jak: koper włoski, cebula, czosnek, szparagi, marchew, wiśnie, gruszki, jabłka, owoce pestkowe, w tym śliwki, nasiona słonecznika i soczewicy (IDE i IN. 2003).

## Funkcje polifenoli w żywności

Polifenole nadają żywności smak i aromat, czego przykładem są taniny nadające goryczkę i cierpkość owocom, herbacie, winu, piwu, czekoladzie. Tworzą one kompleksy głównie z polisacharydami i białkami, w wyniku czego kształtują się cechy sensoryczne owoców, warzyw oraz żywności przetworzonej. Na smak czerwonego młodego wina wpływają katechiny i epikatechiny oraz oligomeryczne proantocyjanidyny. Za cierpki, gorzki smak kawy odpowiadają kwas chlorogenowy, chinowy, kawowy oraz katechiny. Kawa arabika zawiera mniejsze ilości kwasu chlorogenowego niż robusta, co jakościowo jest bardziej pożądane (CASSIDY i IN. 2000, MITEK i GASIK 2009, ROSICKA-KACZMAREK 2004). Za smak i barwę naparów z czarnej herbaty są odpowiedzialne głównie oligomeryczne tearubiginy o barwie brązowo-czerwonej, które tworzą się w wyniku kondensacji utlenionych katechin, przy czym w polimeryzacji uczestniczą też prawdopodobnie flawonole i kwasy fenolowe. Świeże liście krzewu z rodzaju *Camelia* zawierają glikozydy flawonolowe, głównie 3-O-di- i 3-O-triglikozydy kwercetyny i kempferolu, a także C-glikozydowe pochodne apigeniny. Oprócz katechin w herbacie występują też małe ilości gallotanin i ellagotanin (GRAMZA i KORCZAK 2005, HSU 2005, JANECKO 2004). Katechiny są także odpowiedzialne za gorzki i ściągający smak piwa, herbaty zielonej i jabłek, a flawanony (głównie hesperydyna) wpływają na gorzki smak cytrusów. Z kolei flawony wnoszą związki zapachowe-smakowe pietruszce, a katechiny, leukocyjanidyny i antocyjany nadają je kakao (MITEK i GASIK 2009, YAO i IN. 2004). Im ziarno kakaowe jest dłużej prażone, tym gorzki smak jest mniej wyczuwalny z powodu termicznego rozpadu tych związków (CASSIDY i IN. 2000, ROSICKA-KACZMAREK 2004). Z kolei kwas syrynginowy, kwas ferulowy i kwas wanilinowy nadają niewłaściwy smak (gorzko-fasolowy) izolatom białkowym z roślin oleistych (SCHINDLER i IN. 2005).

Barwa wielu produktów żywnościowych zależy również od występowania polifenoli. Antocyjany, dominujące pigmenty owoców i kwiatów, w zależności od pH środowiska nadają barwę od pomarańczowej przez czerwoną i fioletową (wino) aż do niebieskiej. Flawanony, flawony, flawonole i procyjanidyny mają różne odcienie barwy żółtej, teafławiny są pomarańczowe, natomiast hesperydyna, katechiny i izoflawony są bezbarwne (MITEK i GASIK 2009, SIKORSKI 2007, YAO i IN. 2004).

Procesy kopigmentacji antocyjanów i tworzenie kompleksów z metalami wpływają na odcień i stabilność barwy owoców oraz wytrącanie się osadów. Antocyjany, pomimo ich niestabilności, są wykorzystywane jako naturalne barwniki spożywcze, np. napojów, deserów, wyrobów cukierniczych. Taniny są odpowiedzialne za barwę i tworzenie się osadów w napojach. Kwas chlorogenowy i kawowy biorą udział w procesach enzymatycznego brunatnienia, co zwykle wpływa niekorzystnie na jakość żywności. Wyjątk-

kiem są rodzynki, suszone śliwki i daktyle, gdzie ciemna barwa jest pożądana (MITEK i GASIK 2009, SIKORSKI 2007).

Bardzo ważną funkcją polifenoli jest stabilizacja tłuszczów, a w tym opóźnianie jej-czenia oksydacyjnego. Właściwość ta jest wykorzystywana w przemyśle spożywczym, czego przykładem są przeciwutleniacze syntetyczne, takie jak estry kwasu galusowego (propylowy, oktylowy i decylowy). Wykorzystanie polifenoli w przemyśle spożywczym jest związane z użyciem ich bezpośrednio, w postaci suszu lub ekstraktu, jako:

- naturalnych przeciwutleniaczy do majonezu, margaryn, masła, ryb i produktów mięsnych,
- koopigmentów do stabilizacji i wzmacniania barwy produktów zawierających antocyjany,
- naturalnych antyseptyków ograniczających rozwój bakterii.

Jak dotąd polifenole są najbardziej przebadane jako naturalne przeciwutleniacze, które jednocześnie są bardziej akceptowane przez konsumentów niż syntetyczne (JE-DRUSEK-GOLIŃSKA i HEŚ 2000). Przykładem wykorzystania polifenoli jako naturalnych przeciwutleniaczy są dodatki ekstraktu z rozmarynu, z herbaty do olejów, czy produktów mięsnych (FLACZYK i IN. 2006, 2008, w druku, GRAJEK i IN. 2007, GRAMZA i KORCZAK 2005, GRAMZA-MICHAŁOWSKA 2008, GRAMZA-MICHAŁOWSKA i IN. 2008, HEŚ i IN. 2001, KORCZAK i IN. 1995). W celu takiego wykorzystania została zbadana aktywność antyoksydacyjna polifenoli z liści morwy oraz miłorzębu (FLACZYK i IN. w druku, JESZKA i IN. 2009).

## Podsumowanie

1. Związki fenolowe są wtórnymi metabolitami roślinnymi o bardzo zróżnicowanej strukturze, masie cząsteczkowej, właściwościach fizycznych, biologicznych i chemicznych, występującymi we wszystkich częściach roślin.

2. Polifenole wykazują wielokierunkowe działanie na żywność – z jednej strony kształtują smak i barwę, a z drugiej wykazują aktywność przeciwutleniającą, stabilizując tłuszcze oraz inne labilne składniki żywności.

## Literatura

- AHERNE S.A., O'BRIEN N.M., 2002. Dietary flavonols: chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition* 18: 75-81.
- ALASALVAR C., GRIGOR J.M., ZHANG D., QUANTICK P.C., SHAHIDI F., 2001. Comparison of volatiles, phenolics, sugars, antioxidants vitamins, and sensory quality of different carrot varieties. *J. Agric. Food Chem.* 49: 1410-1416.
- BIEZA K., LOIS R., 2001. An Arabidopsis mutant tolerant to lethal ultraviolet-B levels shows constitutively elevated accumulation of flavonoids and other phenolics. *Plant Physiol.* 126: 1105-1115.
- BUDRYN G., NEBESNY E., 2006. Fenolokwasy – ich właściwości, występowanie w surowcach roślinnych, wchłanianie i przemiany metaboliczne. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 39, 2: 103-110.

Jeszka M., Flaczyk E., Kobus-Cisowska J., Dziedzic K., 2010. Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #19.

- CASSIDY A., HANLEY B., LAMUELA-RAVENTOS R.M., 2000. Isoflavones, lignans and stilbenes – origins, metabolism and potential importance to human health. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1044-1062.
- CLIFFORD M.N., 2000. Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *J. Sci. Food Agric.* 80: 1033-1042.
- CZECZOT H., 2000. Flawonoidy – naturalne antyoksydanty w naszej diecie. *Żyw. Człow. Metab.* 27, 4: 372-382.
- FLACZYK E., KOBUS J., JESZKA M., w druku. Antioxidant activities of *Ginkgo biloba* extracts application in frozen stored meat dumplings. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 9, 2.
- FLACZYK E., KOBUS J., KORCZAK J., KORSZUN S., 2008. Oxidative stability of rapeseed oil and its triacylglycerols by Ginkgo extracts. W: *Advances in analysis and technology of rapeseed oil*. Red. E. Szlyk. Wyd. Nauk. UMK, Toruń: 36-45.
- FLACZYK E., KOBUS J., RUDZIŃSKA M., GÓRECKA D., 2006. Wpływ warunków przechowywania oliwy „extra virgin” na zawartość polifenoli, steroli i skwalenu oraz stabilność oksydacyjną. *Rośl. Oleiste* 27: 129-141.
- FRÉMONT L., 2000. Minireview: biological effects of resveratrol. *Life Sci.* 66: 663-673.
- GAWLIK-DZIKI U., 2004. Fenolokwasy jako bioaktywne składniki żywności. *Żywn. Nauka. Technol. Jakość* 41, 4: 29-40.
- GRAMZA A., KORCZAK J., 2005. Tea constituents (*Camellia sinensis* L.) as antioxidants in lipid systems. *Trends Food Sci. Technol.* 16, 8: 351-358.
- GRAMZA-MICHAŁOWSKA A., 2008. Analiza wpływu ekstraktów herbaty *Camellia sinensis* na stabilność oksydacyjną tłuszczu zwierzęcego. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 41, 3: 777-781.
- GRAMZA-MICHAŁOWSKA A., HEŚ M., KORCZAK J., 2008. Tea extracts antioxidative potential in emulsified lipid systems. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 7, 3: 29-34.
- HERMANN K., 1978. Review on nonessential constituents of vegetables. III. Carrots, celery, parsnips, beets, spinach, lettuce, endives, chicory, rhubarb, and artichokes. *Lebensm. Unters. Forsch.* 167: 262-273.
- HEŚ M., KORCZAK J., NOGALA-KALUCKA M., JĘDRUSEK-GOLIŃSKA A., GRAMZA A., 2001. Przydatność przyspieszonych metod badania trwałości stabilizowanego oleju rzepakowego. *Rośl. Oleiste* 22: 515-526.
- Hsu S., 2005. Review. Green tea and the skin. *J. Am. Acad. Dermatol.* 52: 1049-1059.
- IDE T., KUSHIRO M., TAKAHASHI Y., SHINOHARA K., FUKUDA N., SIRATO-YASUMOTO S., 2003. Sesamin, a sesame lignan, as a potent serum lipid-lowering food component. *Jpn. Agric. Res. Q.* 37, 3: 151-158.
- JANECZKO Z., 2004. Polifenole roślinne w terapii schorzeń układu krążenia. *Panacea* 3, 8: 22-26.
- JESZKA M., 2006. Badanie zmian zawartości związków polifenolowych w brokułach podczas przechowywania. W: *Młodzi towaroznawcy 2006*. Wydział Towaroznawstwa Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań: 25-28.
- JESZKA M., FLACZYK E., 2008. HPLC analysis – determination of flavonols in *Morus alba* leaves, W: *International Scientific Conference of PhD Students*. Faculty of Biotechnology and Food Sciences and Faculty of Agrobiolology and Food Resources at Slovak University of Agriculture in Nitra, 28<sup>th</sup> November, Nitra. Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra: 118-120.
- JESZKA M., KOBUS J., 2008. Analiza składu fenolokwasów w ekstraktach z liści morwy białej (*Morus alba* L.). W: *XIII Sesja Naukowa Sekcji Młodej Kadry Naukowej PTTŻ „Żywność współczesna – szanse i zagrożenia” z cyklu: Jakość i prozdrowotne cechy żywności*, 28-29 maja 2008 r., Łódź. Oddział Łódzki PTTŻ, Łódź: 115.
- JESZKA M., KOBUS J., FLACZYK E., 2009. Określenie potencjału antyoksydacyjnego ekstraktów z liści morwy białej. *Bromatol. Chem. Toksykol.* 42, 3: 885-889.
- JĘDRUSEK-GOLIŃSKA A., HEŚ M., 2000. Konsumenci a przeciwutleniacze w żywności. *Przem. Spoż.* 56, 2: 51.

- KING A., YOUNG G., 1999. Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *J. Am. Diet. Assoc.* 99, 2: 213-218.
- KOBUS J., FLACZYK E., SIGER A., NOGALA-KALUCKA M., KORCZAK J., PEGG R.B., 2009. Phenolic compounds and antioxidant activity of extracts of *Ginkgo* leaves. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 111: 1140-1150.
- KORCZAK J., KMIĘCIK D., GRAMZA-MICHAŁOWSKA A., HEŚ M., GOLIŃSKA A., NOGALA-KALUCKA M., LANDRY L.G., CHAPPLE C.C., LAST R.L., 1995. Arabidopsis mutants lacking phenolic sunscreens exhibit enhanced ultraviolet-B injury and oxidative damage. *Plant Physiol.* 109: 1159-1166.
- ŁUKASZEWICZ M., 2004. Synteza flawonoidów. *Przeł. Eureka* 37, 3. [<http://www.kbn.icm.edu.pl/pub/kbn/eureka/0437/61flawonoidy.html>].
- MATŁAWSKA I., 2005. Herbaty, herbatki, ziółka. *Panacea* 4, 13: 20-22.
- MITEK M., GASIK A., 2007. Polifenole w żywności. Właściwości przeciwutleniające. *Przem. Spoż.* 9: 36-39.
- MITEK M., GASIK A., 2009. Polifenole w żywności. Wpływ na cechy organoleptyczne. *Przem. Spoż.* 5: 34-39.
- OSOSKI A.L., KENNELLY E.J., 2003. Phytoestrogens: a review of the present state of research. *Phytother. Res.* 17: 845-869.
- PIETTA P.-G., 2000. Flavonoids as antioxidants. *J. Nat. Prod. (Lloydia)* 63: 1035-1042.
- RICE-EVANS C., 2004. Flavonoids and isoflavones: absorption, metabolism, and bioactivity. *Free Radic. Biol. Med.* 36, 7 (Flavonoids and isoflavones (phytoestrogens): absorption, metabolism and bioactivity. *Red. C. Rice-Evans*): 827-828.
- ROSICKA-KACZMAREK J., 2004. Polifenole jako naturalne antyoksydanty w żywności. *Przeł. Piekar. Cukiern.* 6: 12-16.
- SCHINDLER M., SOLAR S., SONTAG G., 2005. Phenolic compounds in tomatoes. Natural variations and effect of gamma-irradiation. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 439-445.
- SHAHIDI F., NACZK M., 2004. Phenolics in food and nutraceuticals. CRC Press, Boca Raton.
- SIKORSKI Z.E., 2007. Interakcje składników żywności. W: *Chemia żywności. T. III. Odżywcze i zdrowotne właściwości składników żywności*. Red. Z.E. Sikorski. WN-T, Warszawa: 204-222.
- SROKA Z., GAMIAN A., CISOWSKI W., 2005. Niskocząsteczkowe związki przeciwutleniające pochodzenia naturalnego. *Post. Hig. Med. Dośw.* 59: 34-41.
- SUN B., SPRANGER M.I., 2005. Review: quantitative extraction and analysis of grape and wine proanthocyanidins and stilbenes. *Cienc. Téc. Vitivinic.* 20, 2: 59-89.
- WILSKA-JESZKA J., 2007. Polifenole, glukozyzyny i inne związki prozdrowotne i antyżywniowe. W: *Chemia żywności. T. I. Składniki żywności*. Red. Z.E. Sikorski. WN-T, Warszawa: 206-226.
- YAO L.H., JIANG Y.M., SHI J., TOMAS-BARBERAN F.A., DATTA N., SINGANUSONG R., CHEN S.S., 2004. Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods Hum. Nutr.* 59: 113-122.

## PHENOLICS – CHARACTERISTIC AND SIGNIFICANCE IN FOOD TECHNOLOGY

**Summary.** The classification, chemistry, characteristic and occurrence in food of phenolics were reviewed. The significance in quality assurance and stability of food products were also described. The antioxidant role of phenolics was described.

**Key words:** phenolics, plant antioxidants, food

Jeszka M., Flaczyk E., Kobus-Cisowska J., Dziejczak K., 2010. Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #19.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Magdalena Jeszka, Katedra Technologii Żywności Człowieka, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Wojska Polskiego 31/33, 60-624 Poznań, Poland, e-mail: mjeszka@up.poznan.pl*

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print:*

*9.02.2010*

*Do cytowania – For citation:*

*Jeszka M., Flaczyk E., Kobus-Cisowska J., Dziejczak K., 2010. Związki fenolowe – charakterystyka i znaczenie w technologii żywności. *Nauka Przyr. Technol.* 4, 2, #19.*