

KLAUDIA KAŁWA

*Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Skromna 8, 20-704 Lublin
e-mail: klaudia.kalwa91@gmail.com*

WŁAŚCIWOŚCI ANTYOKSYDACYJNE FLAWONOIDÓW ORAZ ICH WPŁYW NA ZDROWIE CZŁOWIEKA

WSTĘP

Flawonoidy należą do grupy naturalnych związków o zróżnicowanych strukturach fenolowych, występujących w roślinach. Pierwsze odkrycie jednej z substancji wchodzących w skład tej grupy miało miejsce w 1930 r. Uważano wtedy, że wyizolowana wówczas rutyna z pomarańczy należy do nowej klasy witamin i została określona jako witamina P. Dopiero później okazało się, że związek ten należy do grupy flawonoidów (TROSZYŃSKA i współaut. 2000). Do dziś zidentyfikowano już około 10.000 związków z tej grupy (BIJU i współaut. 2014). Flawonoidy zbudowane są z piętnastowęglowego szkieletu składającego się z dwóch pierścieni benzenowych, połączonych heterocyklicznym pierścieniem piranowym. Złożoność strukturalna flawonoidów doprowadziła do ich klasyfikacji na: flawonole, flawony, flawanony, flawan-3-ole (w tym formy oligomeryczne i polimeryczne), izoflawony i antocyjany. Zmienność struktury flawonoidów niewątpliwie przyczynia się do różnic w skuteczności biologicznej, wpływając zarówno na biodostępność, jak i bioaktywność. Oczywiście jest, że biodostępność flawonoidów w diecie jest bardzo zróżnicowana (CASSIDY i MINIHAINE 2017).

Przeciętne spożycie związków flawonoidowych w ciągu dnia w dużej mierze zależy od zwyczajów żywieniowych i wynosi około 3-70 g/dziennie (KOBYLIŃSKA i JANAS 2015). MAJEWSKA i CZECZOT (2009) podają, że spożycie flawonoidów w formie aglikonów wynosi od 23 do 170 mg/dobę; do związków tych na-

leżą głównie flawony, flawonole i flawanony. Z kolei konsumpcja flawonoidów w postaci glikozydów jest nawet kilkakrotnie większa i waha się w przedziale od 230 do 1000 mg/dobę. Głównym miejscem metabolizmu flawonoidów są jelita i wątroba, a jego sposób zależy od formy występowania w pokarmie. Obecne w żywności flawonoidy są transportowane do enterocytów:

- hydrofobowe aglikony na drodze dyfuzji biernej,
- hydrofilowe glikozydy w wyniku transportu aktywnego.

Duża masa cząsteczkowa tych form zmniejsza ich wchłanianie w jelicie cienkim. W dalszych jego odcinkach są one hydrolyzowane za pomocą enzymów bakterii jelitowych do aglikonu i cukru, a następnie wchłaniane w jelicie grubym. Wchłonięte końcowe produkty rozpadu flawonoidów trafiają do krwiobiegu, zaś pozostałe są wydalone z organizmu wraz z moczem i kałem (KOGAWA i współaut. 2007, KUMAR i PANDEY 2013).

Flawonoidy są związkami o cechach leczniczych; wykazują działanie prewencyjne w przypadku wielu schorzeń, dlatego długo uznawano je za tzw. witaminę P (SIRACUSA i współaut. 2017). Należą one także do szerokiej grupy związków, określanej mianem antyoksydantów/przeciwutleniaczy. Antyoksydantem nazywa się każdą substancję, która opóźnia, zapobiega lub usuwa uszkodzenia oksydacyjne cząsteczki docelowej spowodowane działaniem tzw. wolnych rodników (GUTTERIDGE i HALLIWELL 2010). Aktywność przeciwutleniająca flawonoidów zależy od

uporządkowania grup funkcyjnych w strukturze związku. Związki zawierające grupy hydroksylowe (w tym także flawonoidy) wykazują szereg właściwości antyoksydacyjnych m.in. wychwytywanie wolnych rodników i zdolność do chelatowania metali (PANDEY i współaut. 2012).

Działanie antynowotworowe wynika z wielu czynników, m.in. właściwości antyoksydacyjnych, zdolności do obniżania aktywności mutagennej wybranych promutagenów, blokowania replikacji DNA na skutek hamowania aktywności enzymów biorących udział w tym procesie (np. polimeraza II DNA, topoisomeraza I i II), blokowania cyklu komórkowego, co ma bezpośrednie przełożenie na zahamowanie proliferacji, i indukcję apoptozy komórek nowotworowych. Ponadto, flawonoidy mają zdolność do modulowania aktywności enzymów, które są odpowiedzialne za metabolizm ksenobiotyków, czyli substancji, które nie są wytwarzane ani przyjmowane z pożywieniem przez człowieka (KATRIN 2014). Kolejnym korzystnym aspektem spożywania flawonoidów jest pozytywne oddziaływanie na układ sercowo-naczyniowy. Związki te hamują peroksydację lipidów błon komórkowych, chronią lipoproteiny małej gęstości (LDL) przed utlenianiem, podwyższają stężenie frakcji HDL cholesterolu. Wykazują również działanie przeciwniażdżycowe, wzmacniają ściany naczyń krwionośnych i obniżają ciśnienie tętnicze krwi (MURLIDHAR i współaut. 2010). Cechuje je także wysoka aktywność przeciwplytkowa; badania dowiodły, iż kwercetyna i katechina hamują agregację i degranulację płytek krwi (KATRIN 2014). Flawonoidy łagodzą objawy menopauzy za sprawą powinowactwa do receptorów estrogenowych α i β . Dzięki obecności w swojej budowie grupy hydroksylowej w pozycji 4 i 7 wykazują zdolność łączenia się z receptorem estrogenowym. Selektywność działania agonistycznego, a także możliwość działania antagonistycznego wobec receptora estrogenowego powoduje, iż są one stosowane jako bezpieczny zamiennik hormonalnej terapii zastępczej u kobiet w wieku menopauzalnym (ZALEGA i SZOSTAK-WĘGIEREK 2013). Mają także właściwości moczopędne, co bezpośrednio związane jest z liczbą grup hydroksylowych w cząsteczce (im więcej grup OH tym silniejsze działanie moczopędne) (KUMAR i współaut. 2012).

Flawonoidy mają również wpływ na angiogenezę i adipogenezę. Badania (CHIEN i współaut. 2005) dowiodły, że mogą one nasilać termogenezę w tkance tłuszczowej, a także promować apoptozę komórek tłuszczowych, co znajduje bezpośrednie przełożenie na masę ciała zwierząt i ludzi. Niektóre flawonoidy, takie jak kwercetyna, epikatechi-

na czy mirycetyna, mogą być wykorzystane również w leczeniu AIDS, ponieważ są inhibitorami odwrotnej transkryptazy, enzymu, który odgrywa kluczową rolę w rozwoju wirusa HIV (YU i współaut. 2007). Flawonoidy opóźniają także procesy starzenia oraz przeciwdziałają powstawaniu chorób degeneracyjnych takich jak choroba Alzheimera i Parkinsona (KUMAR i współaut. 2012, KOZŁOWSKA i SZOSTAK-WĘGIEREK 2014). Ponadto, związki flawonoidowe wykazują również właściwości przeciwzapalne. Funkcja ta polega głównie na regulacji napięcia ścian naczyń włosowatych, co powoduje obniżenie odpowiedzi zapalnej komórek. Flawonoidy hamują syntezę leukotrienu B₄, prostaglandyny PGE₂, cyklooksigenazy COX₂, tromboksanu A₂, regulują enzymy: fosfolipazę A₂ (PLA₂), cyklooksigenazę-2, lipooksygenazę (LOX) oraz NOS, czyli syntezę tlenu azotu (NO) z L-argininy (KOBYLŃSKA i JANAS 2015).

Obecnie uważa się spożywanie flawonoidów w diecie za bezpieczne. Warto jednak zauważyć, że wzrasta stosowanie produktów farmaceutycznych zawierających wysokie dawki substancji biologicznie aktywnych. Tego typu suplementy stanowią alternatywne źródło flawonoidów obecnych w diecie człowieka. Niepokojące jest to, że toksyczność skoncentrowanego źródła flawonoidów oraz ich interakcja z innymi składnikami diety czy przyjmowanymi lekami nie są do końca poznane. Wiadomo jednak, że przyjmowanie wysokich dawek flawonoidów może zmniejszać biodostępność pierwiastków, witamin czy kwasu foliowego, a także wywierać niekorzystny wpływ na czynność tarczycy (KOZŁOWSKA i SZOSTAK-WĘGIEREK 2014).

FLAWONOIDY W ŻYWNOŚCI

Flawonoidy powszechnie występujące w żywności pochodzenia roślinnego, której mogą nadawać smak, aromat lub kolor. I tak, taniny odpowiadają za goryczkę i cierpkość owoców, herbat, piw czy czekolad (RÓŻAŃSKA i współaut. 2014), a antocyjany, barwniki roślinne, nadają barwę czerwono-fioletową. Te ostatnie występują głównie w formie glikozydów, a w postaci aglikonów są bardzo nietrwałe. Wśród antocyjanów wyróżnia się między innymi cyjanidynę, malwidynę i peonidynę, obecne w dużych ilościach w burakach czerwonych, czerwonej kapuście i rzodkiewce (MA i współaut. 2018). Antocyjany wykorzystywane są jako barwniki spożywcze, jednak nie stosuje się ich w formie czystych związków. Dodatkowo, chronią produkty spożywcze przed zepsuciem, co ściśle związane jest z antagonistycznym oddziaływaniem w stosunku do niektórych bakterii,

wirusów i grzybów (SZANIAWSKA i współaut. 2015).

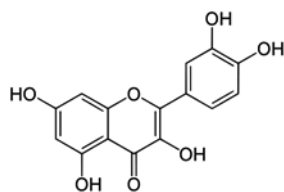
Poniżej przedstawiono charakterystykę trzech wybranych związków z grupy flawonoidów obecnych w diecie człowieka.

KWERCETYNA

Kwercetyna, czyli 3,3',4',5,7-pentahydroksyflawon, jest jednym z ważniejszych flawonoidów należących do grupy flawonoli, o udokumentowanych właściwościach prozdrowotnych. Jej średnie dobowe spożycie waha się w przedziale 25-35 mg. Wśród warzyw i owoców najbogatsze w kwercetynę są cebula czerwona i szalotka. Aktywność biologiczna tego związku związana jest z jej strukturą chemiczną. Cząsteczka kwercetyny zawiera w swojej budowie trzy pierścienie aromatyczne i pięć grup hydroksylowych (Ryc. 1). Kwercetyna ma charakter lipofilowy, jednak jej pochodne mogą być zarówno lipo-, jak i hydrofilowe, w zależności od rodzaju i liczby podstawników w cząsteczce (MATTERSKA 2008).

Do głównych pochodnych kwercetyny zalicza się glikozydy (powstałe na skutek utworzenia wiązania glikozydowego pomiędzy cukrem, a aglikonem) oraz etery (powstałe w wyniku utworzenia wiązania eterowego pomiędzy grupą hydroksylową cząsteczki kwercetyny i cząsteczki alkoholu) (ALRAWAIQ i ABDULLAH 2014). Najbardziej znanymi glikozydami kwercetyny są izokwercetyna i rutyna. Glikozydy kwercetyny stanowią łącznie ok. 60% całkowitej ilości spożywanych flawonoidów. Kwercetyna i rutyna wykazują podobne działanie; oba związki wzmacniają działanie witaminy C, co wykorzystuje się w produkcji niektórych leków. Rutyna zapobiega rozkładowi witaminy C i zwiększa jej przyswajalność (HWANG i współaut. 2012).

W żywności kwercetyna występuje głównie w postaci związanej z cukrami, kwasami fenolowymi, alkoholami, itp. Pochodne kwercetyny po spożyciu zostają zhydrolizowane w przewodzie pokarmowym, a następnie są absorbowane i metabolizowane (MATTERSKA 2008). Kwercetyna, która nie uległa wchłonięciu w jelicie cienkim oraz ta, która jest połączona z innymi cukrami niż glukoza, ulega przemianom w jelicie grubym pod wpływem enterobakterii. Wchłanianie kwer-



Ryc. 1 Budowa cząsteczki kwercetyny.

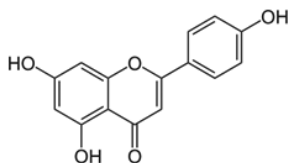
cetyny ułatwia bromelaina, kompleks, który w dużej mierze składa się z enzymów proteolitycznych (VALENTOVA i współaut. 2017). Będąc polifenolem, kwercetyna wykazuje silne działanie antyoksydacyjne dzięki zdolności do neutralizacji wolnych rodników obecnych zarówno w żywności, jak i w komórkach ludzkiego ciała, a co za tym idzie hamuje oksydacyjne uszkodzenie DNA. Właściwość ta wynika również z możliwości chelatowania jonów metali, hamowania aktywności oksydaz oraz peroksydacji lipidów. Badania dowodzą, że właściwości przeciwutleniające kwercetyny są najsilniejsze, w porównaniu z kwasem askorbinowym, α -tokoferolem oraz innymi flawonami (MATTERSKA 2008, VALENTOVA i współaut. 2017). Regularne spożywanie warzyw i owoców zawierających kwercetynę jest związane ze zmniejszeniem ryzyka występowania chorób sercowo-naczyniowych. Badania prowadzone na psach i małpach (LAKHANPAL i KUMAR 2008) wykazały, iż kwercetyna jest najskuteczniejszym inhibitorem agregacji płytek krwi, co znajduje zastosowanie w leczeniu chorób naczyń o charakterze zakrzepowo-zatorowym. Kwercetyna podawana z solami wapnia, a także jej pochodne, m.in. rutyna, wykazują właściwości przeciwalergiczne ze względu na hamowanie wytwarzania i uwalniania histaminy oraz innych mediatorów reakcji alergicznej (GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO i SZYMUSIAK 2009). Z uwagi na działanie antyoksydacyjne rutyna chroni komórki wątroby i hamuje utlenianie hemoglobiny. Ma także właściwości przeciwzapalne, dlatego stosowana jest w leczeniu chorób przewlekłych (KOGAWA i współaut. 2007). Poza tym kwercetyna wykazuje działanie przeciwbakteryjne, chroni przed chorobą wieńcową i jako czynnik antykancerogenny, hamuje wzrost komórek nowotworowych. Chroni komórki mózgu przed stresem oksydacyjnym, którego szkodliwe działanie prowadzi do powstawania zaburzeń neurodegeneracyjnych, w tym choroby Alzheimera. Badania *in vitro* dowodzą, że kwercetyna hamuje wzrost bakterii *Helicobacter pylori*, odgrywając ważną rolę w zapobieganiu i leczeniu choroby wrzodowej (LAKHANPAL i KUMAR 2007). Kwercetyna ma także działanie przeciwwirusowe. Związek ten, wraz z mirycetyną, hamuje integrację HIV. Związki polifenolowe ograniczają wnikanie cząsteczek wirusa HIV-1 do wnętrza limfocytów CD4 i wykazują aktywność antagonisty odwrotnej transkryptazy wirusa. Aktywność przeciwwirusowa kwercetyny polega na wiązaniu się z białkami płaszcza wirusa, co prowadzi do ich dezaktywacji i destabilizacji DNA. Ogranicza także aktywność wirusa opryszczki (HSV), wścieklizny, grypy i polio (PORTELA i ESTELLER 2010, KOBYLIŃSKA i JANAS 2015).

Kwercetyna wykazuje również działanie ochronne w stosunku do zdrowych komórek organizmu, blokuje cykl komórkowy, inicjuje apoptozę dzięki modyfikacji ekspresji białek sygnałowych i receptorów oraz przebiegu szlaków wewnątrzkomórkowych (MC-CULLOUGH i współaut. 2012). Ponadto wykazano, że flawonoidy, w tym głównie kwercetyna, może wykazywać pozytywne działanie na redukcję masy tkanki tłuszczowej przez indukcję apoptozy komórek tłuszczowych (adipocytów), hamowanie ich tworzenia lub zwiększanie ich lipolizy (NABAVI i współaut. 2015, WALCZAK i współaut. 2017). Kwercetyna jest szeroko rozpowszechnionym związkiem o rozległym spektrum działania, co jest chętnie wykorzystywane w profilaktyce i leczeniu wielu schorzeń XXI w.

APIGENINA

Apigenina, czyli 4',5,7-trihydroksyflawon, to jeden ze związków reprezentujących grupę flawonów (Ryc. 2). W naturze apigenina występuje również w postaci dimeru, biapigeniny, izolowanej głównie z pąków i kwiatów *Hypericum perforatum*. Do głównych źródeł apigeniny w żywności należą przede wszystkim: owoce, np. grejpfruty czy pomarańcze, napoje pochodzenia roślinnego, warzywa, m.in. pietruszka, cebula, kiełki pszenicy i niektóre przyprawy. Jednym z najbardziej powszechnych źródeł apigeniny jest rumianek, konsumowany w postaci herbat ziołowych. Napary z rumianku zawierają maksymalne stężenie apigeniny w zakresie 0,8–1,2%. Apigeninę można znaleźć także w piwie i czerwonym winie (PERROT i współaut. 2017).

Apigenina zyskała szczególne znaczenie w ostatnich latach ze względu na korzystny wpływ na zdrowie, a także z powodu niskiej toksyczności wewnętrznej oraz silnemu oddziaływaniu na komórki nowotworowe. Związek ten został uznany za środek zapobiegający nowotworom. Wspomaga funkcjonowanie układu krążenia oraz stymuluje system odpornościowy (WANG i współaut. 2012). Zainteresowanie profilaktycznym zastosowaniem apigeniny wzrosło ze względu na doniesienia o jej właściwościach przeciwutleniających i przeciwzapalnych. Badania zdrowych ochotników spożywających wraz z dietą wolne flawonoidy wykazały spadek wskaźników



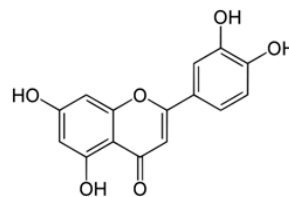
Ryc. 2 Budowa cząsteczki apigeniny.

stresu oksydacyjnego we krwi, co sugeruje korzystne działanie tych związków. Ponadto, apigenina ma właściwości przeciwwirusowe i przeczyszczające, reguluje w osoczu stężenie lipoprotein o niskiej gęstości, hamuje agregację płytek krwi oraz zmniejsza proliferację, czyli namnażanie komórek (SHUKLA i GUPTA 2010, PERROT i współaut. 2017). Badania laboratoryjne wykazały, iż apigenina promuje chelatowanie metali, redukuje wolne rodniki, indukuje apoptozę w wielu komórkach nowotworowych. Związek ten jest silnym inhibitorem dekarboksylazy ornityny, enzymu, który odgrywa ważną rolę w hamowaniu rozwoju nowotworów. Ponadto, związek ten jest silnym aktywatorem kanału jonowego TRPV4, który pobudza wzrost nowej chrząstki w stawach, naśladując efekt działania fizycznego ruchu, który również w umiarkowanym zakresie aktywuje jej wzrost. Kanał ten jest potencjalnym celem dla nowych terapii choroby zwyrodnieniowej stawów, w tym regeneracji chrząstki (O'CONNOR i współaut. 2014). Wpływa on także na zwiększenie wewnątrzkomórkowego stężenia glutationu, który jest endogennym czynnikiem obronnym przed stresem oksydacyjnym (PERROT i współaut. 2017).

LUTEOLINA

Luteolina to jeden z najczęściej występujących związków należących do grupy flawonów (Ryc. 3). Jest szeroko rozpowszechniona zarówno wśród roślin jadalnych, jak i stosowanych w medycynie tradycyjnej w leczeniu wielu stanów patologicznych. Źródła luteoliny w żywności to przede wszystkim: marchew, papryka, seler, oliwa z oliwek, mięta pieprzowa, tymianek, rozmaryn, oregano, sałata, granat, karczoch, czekolada, kiełki gryki, rzepa, kapary, ogórek. Jej obecność stwierdzono również w cytrynie, burakach, brukselce, kapuście, kalafiorze, szczypiorku, koprze, chrzanie, pietruszce, szpinaku i zielonej herbacie (GHERIBI 2011).

Luteolina występuje w roślinach zarówno w formie aglikonów, jak i glikozydów. Większość glikozydów luteoliny to tzw. O-glikozydy, co oznacza, że grupy cukrowe są związane z aglikonem przez jedną lub kilka grup hydroksylowych -OH. Klasycznym przykładem O-glikozydów jest cyranozyda.



Ryc. 3 Budowa cząsteczki luteoliny.

Cukry mogą również łączyć się z aglikonem za pomocą wiązania C-C, wówczas mamy do czynienia z tzw. C-glikozydami, do których zaliczymy m.in. orientynę i izoorientynę. Najczęściej w glikozydach luteolinowych znajduje się glukoza, jednak mogą to być również inne powszechnie występujące cukry takie jak ramnoza, galaktoza czy arabinoza (LOPEZ-LAZARO 2009).

Luteolina ma szeroki zakres aktywności biologicznej, uczestnicząc w zapobieganiu i leczeniu wielu chorób. Stwierdzono, iż wysokie spożycie luteoliny wiąże się z obniżeniem ryzyka występowania zawału mięśnia sercowego. Badania dowodzą, iż luteolina wykazuje działanie chemoprewencyjne, gdyż może zapobiegać zmianom DNA wywołanym przez różne czynniki rakotwórcze zarówno *in vitro*, jak i *in vivo*, może także indukować apoptozę komórek rakowych. Luteolina hamuje wytwarzanie i wydzielanie cytokin, takich jak TNF α i IL-6, które mogą stymulować migrację komórek rakowych i przerzuty. TNF α stymuluje ekspresję cząsteczek zaangażowanych w migrację i przerzuty komórek nowotworowych, takich jak międzykomórkowa cząsteczka adhezyjna-1, która może być blokowana przez luteolinę. Wiadomo, że IL-6 indukuje ekspresję MMP-1. Luteolina silnie hamuje wytwarzanie IL-6 i indukowanej IL-6 ekspresji MMP-1 (KANWAL i współaut. 2017). Ponadto, luteolina i jej glikozydy wykazują działanie przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe i przeciwgrzybiczne

Dane doświadczalne pokazują, że luteolina i niektóre z jej glikozydów mogą zapobiegać m.in. chorobom układu krążenia, poprzez zmniejszanie ciśnienia krwi i obniżanie poziomu cholesterolu, cukrzycy, na skutek obniżania poziomu glukozy we krwi oraz chorobom neurodegeneracyjnym. Luteolina wykazuje właściwości przeciwutleniające. Działanie antyoksydacyjne luteoliny i jej glikozydów wiąże się z ich zdolnością do zmiana reaktywnych form tlenu i azotu, chelatowania metali przejściowych, które mogą powodować uszkodzenia na drodze oksydacji w reakcji Fentona, a także zahamowania prooksydacyjnego działania enzymów i pobudzenia enzymów antyoksydacyjnych (LOPEZ-LAZARO 2009; SIRACUSA i współaut. 2017). Ponadto, luteolina może zmniejszać oporność na insulinę w tkance tłuszczowej osób otyłych, a także wykazuje się wysoką aktywnością hamowania syntezy biologicznie aktywnych związków – tromboksanów i leukotrienów (WITKOWSKA-BANASZCZAK i współaut. 2017).

Mimo szeregu pozytywnych oddziaływań luteoliny, związek ten w określonych stężeniach może wykazywać działanie toksyczne. Posiada ona zdolność do indukowania

topoizomerazy II, enzymu pośredniczącego w uszkodzeniu DNA. Może również nasilać objawy swoistego zapalenia okrężnicy wywołanego dekstranem sodu (DSS). Blokuje cząsteczki ochronne w komórkach jelitowych, które zapobiegają stanom zapalnym w okrężnicy z powodu DSS (KANWAL i współaut. 2017).

PODSUMOWANIE

Występowanie związków polifenolowych w świecie roślinnym jest powszechne znane. Do tej pory zidentyfikowano około 10 tysięcy samych flawonoidów. Ich wielokierunkowe działanie wskazuje nie tylko na duże możliwości zastosowania ich w prewencji różnych chorób, ale również leczeniu wielu chorób cywilizacyjnych. Bogatym ich źródłem są warzywa i owoce, które dostarczają do organizmu wiele ważnych składników niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania. Zasadniczą rolę w zapobieganiu chorobom przypisuje się flawonoidom ze względu na usuwanie z krwi reaktywnych form tlenu oraz zapobieganiu ich powstawaniu. Dzięki temu możliwe jest hamowanie enzymów związanych z wytwarzaniem wolnych rodników tj. lipooksygenazy, cyklooksygenazy oraz oksygenazy ksantynowej. Flawonoidy redukują ilość wolnych rodników, chronią przed zbyt wysokim poziomem cholesterolu, aktywują syntezę prostacyklin i wykazują działanie antyagregacyjne. Dodatkowo, wykazują działanie chelatujące, co zapobiega utlenianiu lipoprotein osocza. Stąd też dostarczanie ich do organizmu odgrywa ważną rolę w jego prawidłowym funkcjonowaniu.

Streszczenie

Flawonoidy są najbardziej rozpowszechnioną i jednocześnie najbardziej złożoną grupą polifenoli roślinnych. Są aktywnymi antyoksydantami i dzięki temu zapobiegają rozwojowi choroby wieńcowej, mają działanie hepatoprotekcyjne, przeciwzapalne, przeciwnowotworowe oraz przeciwwirusowe. W tkankach roślinnych pomagają w zwalczaniu stresu oksydacyjnego i działają jako regulatory wzrostu. Flawonoidy są syntetyzowane przez rośliny w odpowiedzi na stresy biotyczne. Wzrost zainteresowania tymi substancjami wynika z potencjalnych korzyści zdrowotnych wynikających z aktywności przeciwutleniającej tych związków.

LITERATURA

- ALRAWAIQ N. S., ABDULLAH A., 2014. *A review of flavonoid quercetin: metabolism, bioactivity and antioxidant properties*. Int. J. PharmTech Res. 6, 933-941.
- BIJU J., SULAIMAN C. T., SATHEESH G., REDDY V. R., 2014. *Total phenolics and flavonoids in selected medicinal plants from kerala*. Int. J. Pharm. Pharmaceut. Sci. 6, 406-408.
- CASSIDY A., MINIHAANE A. M., 2017. *The role of metabolism (and the microbiome) in defining the*

- clinical efficacy of dietary flavonoids*. Am. J. Clin. Nutr. 105, 10-22.
- CHIEN P. J., CHEN Y. C., LU S. C., SHEU F., 2005. *Dietary flavonoids suppress adipogenesis in 3T3-L1 preadipocyte*. J. Food Drug Anal. 13, 168-175.
- GHERIBI E., 2011. *Związki polifenolowe w owocach i warzywach*. Medycyna Rodzinna 4, 111-115.
- GLISZCZYŃSKA-ŚWIGŁO A., SZYMUSIAK H., 2009. *Interakcje między składnikami suplementów diety na przykładzie kwercetyny i witaminy C*. Żywność Nauka Technol. Jakość 4, 278-285.
- GUTTERIDGE J. M. C., HALLIWELL B., 2010. *Antioxidants: Molecules, Medicines and myths*. Biochem. Biophys. Res. Comm. 393, 561-564.
- HWANG S. L., SHIH P. H., YEN G. C., 2012. *Neuroprotective effects of citrus flavonoids*. J. Agricult. Food Chem. 60, 877-885.
- KANWAL R., YANG X., SHANKAR E., GUPTA S., 2017. *Abstract 2230: Luteolin selectively inhibits EZH2 and blocks H3K27 methylation in prostate cancer cells*. AACR Annual Meeting 77, 1-5.
- KATRIN K., 2014. *Cytotoxicity of dietary flavonoids on different human cancer types*. Pharmacognosy Rev. 8, 122-146.
- KOBYLIŃSKA A., JANAS K. M., 2015. *Prozdrowotna rola kwercetyny obecnej w diecie człowieka*. Post. Hig. Med. Dośw. 69, 51-62.
- KOGAWA K., KAZUMA K., KATO N., NODA N., SUZUKI M., 2007. *Biosynthesis of malonylated flavonoid glycosides on basis of malonyl transferase activity in the petals of Clitoria ternatea*. J. Plant Physiol. 164, 886-894.
- KOZŁOWSKA A., SZOSTAK-WĘGIEREK D., 2014. *Flavonoids - food sources and health benefits*. Roczniki Państwowego Zakładu Higieny 65, 79-85.
- KUMAR S., PANDEY A. K., 2013. *Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview*. Sci. World J. 1-16.
- KUMAR S., SHARMA U. K., SHARMA A. K., PANDEY A. K., 2012. *Protective efficacy of Solanum xanthocarpum root extracts against free radical damage: phytochemical analysis and antioxidant effect*. Cell. Mol. Biol. 58, 171-178.
- LAKHANPAL P., KUMAR R. D., 2007. *Quercetin - a versatile flavonoid*. Int. J. Med. Update 2, 22-37.
- LOPEZ-LAZARO M., 2009. *Distribution and biological activities of the flavonoid luteoline*. Mini-Rev. Med. Chem. 9, 31-59.
- MA H., SHELBY L. J., LIU W. i współaut., 2018. *Evaluation of polyphenol anthocyanin-enriched extracts of blackberry, black raspberry, blueberry, cranberry, red raspberry, and strawberry for free radical scavenging, reactive carbonyl species trapping, anti-glycation, anti- β -amyloid aggregation, and microglial neuroprotective effects*. Int. J. Mol. Sci. 19, 461.
- MAJEWSKA M., CZECZOT H., 2009. *Flawonoidy w profilaktyce i terapii*. Terapia Leki 65, 369-377.
- MATERSKA M., 2008. *Quercetin and its derivatives: chemical structure and bioactivity - a review*. Polish J. Food Nutr. Sci. 58, 407-413.
- MCCULLOUGH M. L., PETERSON J. J., PATEL R., JACQUES P. F., SHAH R., DWYER J. T., 2012. *Flavonoid intake and cardiovascular disease mortality in a prospective cohort of US adults*. Am. J. Clin. Nutr. 95, 454-464.
- MURLIDHAR A., BABU K. S., SANKAR T. R., REDENNA P., REDDY G. V., LATHA J., 2010. *Anti-inflammatory activity of flavonoid fraction isolated from stem bark of Butea monosperma (Lam): a mechanism based study*. Int. J. Phytopharmacol. 1, 124-132.
- NABAVI S. F., RUSSO G. L., DAGLIA M., NABAVI S. M., 2015. *Role of quercetin as an alternative for obesity treatment: You are what you eat!* Food Chem. 179, 305-310.
- O'CONNOR C. J., LEDDY H. A., BENEFIELD H. C., LIEDTKE W. B., GUILAK F., 2014. *TRPV4-mediated mechanotransduction regulates the metabolic response of chondrocytes to dynamic loading*. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 111, 1316-1321.
- PANDEY A.K., MISHRA K., MISHRA A., 2012. *Antifungal and antioxidative potential of oil and extracts derived from leaves of Indian spice plant Cinnamomum tamala*. Cell. Mol. Biol. 58, 142-147.
- PERRON K. M., WILEY C. D., PIERRE-YVES D., CAMPISI J., 2017. *Apigenin suppresses the senescence-associated secretory phenotype and paracrine effects on breast cancer cells*. Geroscience. 39, 161-173.
- PORTELA A., ESTELLER M., 2010. *Epigenetic modifications and human disease*. Nature Biotechnol. 28, 1057-1068.
- RÓŻAŃSKA D., REGULSKA-IŁOW B., IŁWO R., 2014. *Wpływ wybranych procesów kulinarnych na potencjał antyoksydacyjny i zawartość polifenoli w żywności*. Probl. Hig. Epidemiol. 95, 215-222.
- SHUKLA S., GUPTA S., 2010. *Apigenin: A Promising Molecule for Cancer Prevention*. Pharmaceut. Res. 27, 962-978.
- SIRACUSA L., GRESTA F., SPERLINGA E., RUBERTO G., 2017. *Effect of sowing time and soil water content on grain yield and phenolic profile of four buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.) varieties in a Mediterranean environment*. J. Food Compos. Anal. 62, 1-7.
- SZANIAWSKA M., TARABA A., SZYMZYK K., 2015. *Budowa, właściwości i zastosowanie antocyjanów*. Nauki Inżynierskie Technol. 2, 63-78.
- TROSZYŃSKA A., HONKE J., KOZŁOWSKA H., 2000. *Naturalne substancje nieodżywcze (NSN) pochodzenia roślinnego jako składniki żywności funkcjonalnej*. Post. Fitoterap. 2, 17-22.
- VALENTOVA K., KANOVA K., MEO F. D i współaut., 2017. *Chemoenzymatic Preparation and Biophysical Properties of Sulfated Quercetin Metabolites*. Int. J. Mol. Sci. 18, 1-17.
- WALCZAK K., MARCINIAK S., RAJTAR G., 2017. *Chemioprewencja nowotworów - wybrane molekularne mechanizmy działania*. Post. Hig. Med. Dośw. 71, 149-161.
- WANG D., HOU L., WU L., YU X., 2012. *Synthesis and anti-tumor activities of novel oxazinyl isoflavonoids*. Chem. Pharmaceut. Bull. 60, 513-520.
- WITKOWSKA-BANASZCZAK E., DURKIEWICZ M., BYŁKA W., 2017. *Rodzaj Veronica L. - działanie, zastosowanie, stan badań*. Post. Fitoterap. 1, 71-77.
- YU Y. B., MIYASHIRO H., NAKAMURA N., HATTORI M., PARK J. C., 2007. *Effects of triterpenoids and flavonoids isolated from alnus firma on HIV-1 viral enzymes*. Arch. Pharm. Res. 30, 820.
- ZALEGA J., SZOSTAK-WĘGIEREK D. 2013. *Żywnienie w profilaktyce nowotworów. Część I. Polifenole roślinne, karotenoidy, błonnik pokarmowy*. Probl. Hig. Epidemiol. 94, 41-49.

KOSMOS Vol. 68, 1, 153–159, 2019

KLAUDIA KAŁWA

Department of Analysis and Food Quality Assessment, University of Life Sciences in Lublin, 8 Skromna Str., 20-704 Lublin, e-mail: kladia.kalwa91@gmail.com

ANTIOXIDANT PROPERTIES OF FLAVONOIDS AND THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH

Summary

Flavonoids are the most widespread and complex group of plant polyphenols. They are active antioxidants. It has been proven that owing to this property they prevent development of coronary heart disease, and act as hepatoprotective, anti-inflammatory, anticancer and antiviral compounds. In plant tissues, they help to counteract oxidative stress and act as growth regulators. Flavonoids are synthesized by plants in response to biotic stress. The growing interest in these substances results from the potential health benefits of the antioxidant activity of these compounds.

Keywords: antioxidant properties, flavonoids, health, diet, human