

## FLAVONOID NATURAL SOURCES AND THEIR IMPORTANCE IN THE HUMAN DIET

Martina Danihelová, Ernest Šturdík

### ABSTRACT

Flavonoids as natural bioactive compounds are present in almost every sort of fruits, vegetables and from them derived products. Flavonols may be found mainly in fruits and vegetables, while flavones are abundant in herbs and spices. Rich natural sources of flavanols are tea, cocoa, grape seeds or apple skin. Flavanones are primarily found in a variety of citrus fruits and anthocyanidins in many coloured berries. Soy is rich in isoflavonoids. Average daily intake of flavonoids is approximately in the range of 150 to 300 mg. It strongly depends on individual, country and culture usages. In west countries main dietary sources of flavonoids consist of tea, wine and fruits, while in east countries there is consumed mainly soy with high isoflavonoid content. Many studies have shown, that intake of fruits and vegetables with high flavonoid content is associated with lowered risk of incidence of some diseases such as cardiovascular or cancer. These findings are attributed to experimentally confirmed biological effects of flavonoids – antioxidant, anti-inflammatory, anti-allergic, anticancer or cardioprotective. The final effect is however depending on their bioavailability, which is in the case of flavonoids not high, because in the nature dominating flavonoid glycosides can poorly penetrate through lipophilic cell membranes. Final effective molecules are flavonoid metabolites, that more or less retain their biological activities.

**Keywords:** bioavailability, biological effect, daily intake, flavonoid, natural source

### ÚVOD

Vyvážená strava by mala obsahovať ovocie a zeleninu, ktorých konzumácia sa odporúča počas celého roka, pokiaľ možno v čerstvom stave. Výsledky epidemiologických štúdií poukazujú na prospešný účinok takto zloženej stravy v boji proti civilizačným ochoreniam (Gonzalez, Riboli, 2010; Zhao et al., 2011). Ochranný účinok sa pripisuje ich bioaktívnym zložkám, ktorých značnú časť predstavujú polyfenoly a spomedzi nich najväčšia podskupina – flavonoidy (Silalahi, 2002).

Výskum flavonoidov začal v roku 1936 ich objavom maďarskými výskumníkmi (Rusznák, Szent-Györgyi, 1936). Veľký rozmach dosiahol najmä v poslednom desaťročí. Každoročne sa zvyšujúci počet publikácií svedčí o atraktivnosti tejto skupiny prírodných látok. Práce sa zaoberajú štúdiom biologických účinkov flavonoidov, objasňovaním mechanizmov ich pôsobenia, skúmaním biodostupnosti a potenciálnych toxických účinkov ako aj izoláciou nových štruktúr z rôznych prírodných zdrojov.

Flavonoidy patria do skupiny sekundárnych metabolitov. V rastlinnej ríši sú zodpovedné za pôsobivé farby kvetov, ovocia i zeleniny. V potravinách väčšinou prispievajú ku ich prirodzenej horkej chuti a vďaka svojim vlastnostiam i ku nutričnej kvalite ovocia a zeleniny (Manach et al., 2004).

Výskumy preukázali u mnohých spomedzi flavonoidov viaceré zdravie prospešné účinky ako napr. antioxidantné, protizápalové, kardioprotektívne, antivirálne či protirakovinové (Birt, Hendrich, Wang, 2001; Yao et al., 2004; González-Gallego, Sánchez-Campos, Tuñón, 2007; Shukla et al., 2010; Yao et al., 2011). Vychádzajúc z týchto poznatkov našli už viaceré zlúčeniny flavonoidov svoje uplatnenie v oblasti potravinárstva, farmácie i kozmetiky (Ardhaoui et al., 2004; Vorsa et al., 2007; Birbara, 2011).

Každé ovocie i zelenina obsahujú niekoľko druhov flavonoidov. Zdravotné benefity potravy bohatej na ovocie

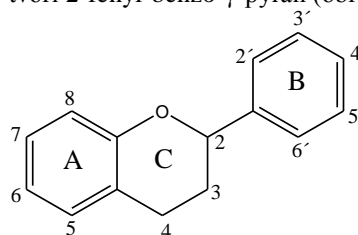
a zeleninu sa pripisujú vzájomnému synergistickému pôsobeniu týchto látok ako aj spoluúčinnosti s ostatnými fytochemikáliami prítomnými v celých potravinách (Liu, 2004). Preto je výhodnejšie konzumovať celé potraviny než prijímať jednotlivé flavonoidy osve vo forme výživových doplnkov. Výsledný účinok flavonoidov vo veľkej miere závisí od ich biodostupnosti pre živé organizmy. Tento fakt treba brať do úvahy pri stanovovaní ich odporúčaného denného príjmu, ktorý ešte nebol presne determinovaný (Yao et al., 2004).

Pre vývoj nových potravinových aditív či nutraceutík na báze flavonoidov je dôležité poznať ich najvýznamnejšie prírodné zdroje. Týmto smerom je orientovaný i predkladaný článok, pričom potravinové zdroje sú prehľadne rozdelené podľa jednotlivých tried flavonoidov podľa najnovšie dostupných informácií. Práca pojednáva i o dennom príjme flavonoidov ako aj o význame ich príjmu stravou pre ľudské zdravie. Ohľad sa pritom berie na údaje o ich biodostupnosti ako aj metabolizme.

### ŠTRUKTÚRNA VARIABILITA

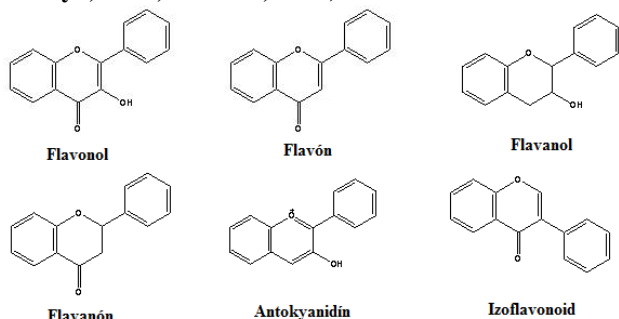
Flavonoidy predstavujú skupinu rastlinných pigmentov. Sú zodpovedné za mnohé organoleptické vlastnosti jedál a nápojov na báze rastlín a to najmä chuť a farbu. Svojimi prospešnými vlastnosťami taktiež prispievajú k nutričnej kvalite ovocia a zeleniny ako aj ku ich stabilite.

Sú to polyfenoloné látky, ktoré zaraďujeme medzi sekundárne metabolity rastlín. Základnú štruktúru väčšiny flavonoidov tvorí 2-fenyl-benzo- $\gamma$ -pyrón (obrázok č. 1).



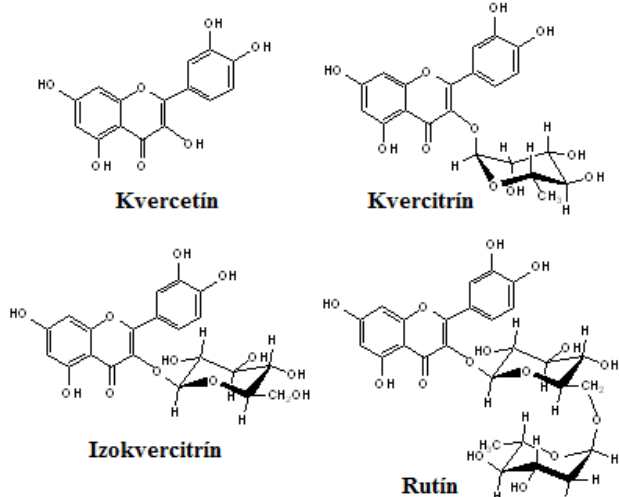
Obrázok 1 Základná štruktúra flavonoidov

Doteraz bolo identifikovaných viac než 8000 druhov týchto látok (Tapas, Sakarkar, Kakde, 2008). Na základe stupňa nenasýtenosti a stupňa oxidácie stredného kruhu C rozlišujeme 6 základných tried flavonoidov: flavóny, flavonoly, flavanoly (katechíny), flavanóny, izoflavonoidy a antokyanidíny (obrázok č. 2) (Heim, Tagliaferro, Bobilya, 2002; Beecher, 2003).



Obrázok 2 Štruktúry hlavných tried flavonoidov

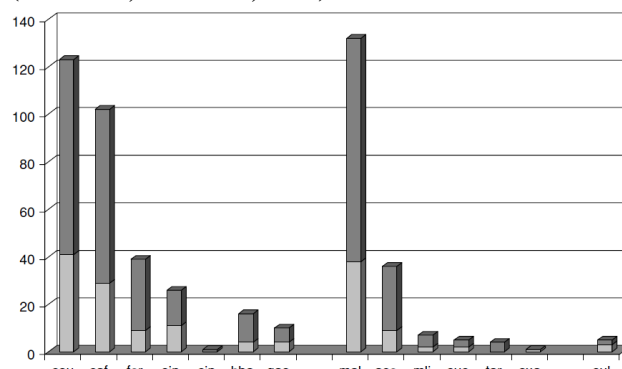
Väčšina flavonoidov sa v prírode vyskytuje vo forme glykozidov. Príslušný sacharid sa zväčša pripája na uhlík v polohe 3, 5 alebo 7. Sacharidovú časť tvorí najčastejšie glukóza. Okrem nej možno nájsť aj konjugáty flavonoidov s galaktózou, ramnózou, xylózou a arabinózou a menej často s manózou, fruktózou, kyselinou glukurónovou a galakturónovou. Spomedzi disacharidov vytvára glykozidovú časť najmä rutinóza (6-O- $\alpha$ -L-ramnozyl-D-glukóza) alebo neohesperidóza (2-O- $\alpha$ -L-ramnozyl-D-glukóza) (obrázok č. 3) (Robards, Antolovich, 1997).



Obrázok 3 Štruktúry kvercetínu a jeho najznámejších glykozidov (kvercitrín = kvercetín-3-ramnozid, izokvercitrín = kvercetín-3-glukozid, rutin = kvercetín-3-ramnoglukozid)

Rozmanitosť flavonoidových štruktúr existuje i vďaka modifikácii základného skeletu špecifickými reakciami vrátane glykozylácie, metylácie, prenylácie a acylácie (Schiljen et al., 2004). Spomedzi flavonoidov sú najčastejšie acylované antokyaníny (glykozylované formy antokyanidínov), nakoľko sú v prírode nestabilné a týmto spôsobom si stabilitu svojej molekuly zvyšujú. Viac ako 65 % antokyanínov vyskytujúcich sa v prírode je acylovaných alifatickými alebo aromatickými kyselinami.

Aromatické acylové skupiny antokyanínov zahŕňajú rôzne hydroxyškoricové (p-kumarová, kávová, ferulová, sinapová kyselina) a hydroxybenzoové kyseliny (p-hydroxybenzoová, galová kyselina). Spomedzi alifatických skupín a celkovo najčastejším acylačným činidlom u antokyanínov je kyselina malonová, pričom deriváty s kyselinou octovou, jablčnou, šťaveľovou, jantárovou a vínnou sú menej časté (obrázok č. 4) (Andersen, Jordheim, 2006).



Obrázok 4 Počty antokyanínov obsahujúcich rôzne acylové zvyšky. Horná tmavšia časť každého stĺpca predstavuje antokyaníny objavené po roku 1992 (cou, kyselina p-kumarová; caf, k. kávová; fer, k. ferulová; sin, k. sinapová; cin, k. 3,5-dihydroxyškoricová; hba, k. p-hydroxybenzoová; gao, k. galová; mal, k. malonová; ace, k. octová; mli, k. jablčná; suc, k. jantárová; tar, k. vínná; oxa, k. šťaveľová; sul, k. sírová) (Andersen, Jordheim, 2006)

Metyláciu zabezpečujú metyltransferázy. Uskutočňuje sa na hydroxylových skupinách aglykónovej i glykozidovej časti flavonoidov. Ako substrát slúži S-adenozyl-L-metionín. Metylácia flavonoidov zvyšuje ich lipofilitu a tým im uľahčuje prechod bunkovými membránami. O-alkylácia sa v prírode vyskytuje častejšie než C-alkylácia. Štruktúry zaujímavé svojimi účinkami vznikajú i pôsobením prenyltransferáz (Davies, Schwinn, 2006).

### PRÍRODNÉ ZDROJE

V rastlinách sú flavonoidy prítomné vo všetkých ich častiach: v listoch, kvetoch, plodoch i semenách (Cook, Samman, 1996). Častokrát možno pozorovať ich akumuláciu vo vonkajších obalových vrstvách akými sú šupky (jablko, hrozno, cibuľa), pretože ich biosyntézu stimuluje snečné žiarenie (Wiczowski et al., 2003; Anastasiadi et al., 2010; Carbone et al., 2011). Na množstvo prítomných flavonoidov má vplyv nielen rodová a druhová diverzita, ale tiež sezónne a klimatické podmienky ako aj spôsob technologickej úpravy pri príprave konkrétnych jedál z čerstvých surovín (Wiczowski, Piskula, 2004). Hlavnými zdrojmi flavonoidov v ľudskej strave sú najmä ovocie, zelenina a nápoje ako čaj a víno (obrázok č. 5) (De Groot, Rauen, 1998).

Obsahové dáta jednotlivých flavonoidov v rôznych jedlách vykazujú podľa dostupnej literatúry značnú variabilitu. Tieto hodnoty sú ovplyvnené nielen už spomínanými podmienkami (rodová diverzita, klimatické podmienky, spôsob technologickej úpravy), ale tiež

voľbou vhodných metód pre detekciu daných zlúčenín. Preto sme pre čo najobjektívnejšie zhodnotenie obsahu flavonoidov v jednotlivých prírodných zdrojoch zvolili údaje z americkej databázy obsahu flavonoidov v jedlách (3. aktualizovaná verzia z roku 2011) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011) resp. údaje z databázy obsahu izoflavonoidov v potravinách (2. aktualizovaná verzia z roku 2008) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2008), ktoré tieto faktory zohľadnili. Pre celkové zjednodušenie je v databázach uvedený obsah najčastejšie sa vyskytujúcich flavonoidov vo forme ich aglykónov (príslušné glykozidy boli prepočítané na pomerné množstvá aglykónov). Ak niektoré flavonoidy nie sú pri niektorých zdrojoch uvedené, to nevyhnutne neznamená, že sa tam nenachádzajú. Možno iba v danom zdroji neboli doposiaľ stanovované.



Obrázok 5 Prírodné zdroje jednotlivých tried flavonoidov

### FLAVONOLY

Flavonoly sú prírodné pigmenty bledožltej farby prítomné v kvetoch a listoch u takmer 80% vyšších rastlín a tiež v ovocí, v menšej miere ich obsahuje zelenina či cereálie (Herrmann, 1976).

Hlavné potravinové flavonoly predstavujú kvercetín, kempferol, myricetín a izoramnetín, o ktorých obsahu v potravinách pojednávajú i vyššie spomínané databázy.

Najvyšší obsah kvercetínu majú niektoré koreniny ako napr. kapary (233,84 mg/100 g), kôpor (55,15 mg/100 g), koriander (52,90 mg/100 g) či fenikel (48,80 mg/100 g).

Z hľadiska bežne konzumovanej stravy u slovenského obyvateľstva sú významné hodnoty kvercetínu v jablkách (3,69 až 3,89 mg/100 g), kapuste (22,58 mg/100 g) a cibuli, pričom vyšší obsah majú červené odrody (31,77 mg/100 g) než žlté (21,40 mg/100 g). U niektorých plodín sa kvercetín (ale aj iné flavonoidy) hromadí vo vrchných častiach akými sú napr. šupky, ktoré bývajú častokrát nedocenené z hľadiska ich nutričnej hodnoty. U jablka napr. šupka obsahuje 5-krát viac kvercetínu v porovnaní s celým jablkom. U cibule sa kvercetín sústreďuje vo vrchnej suchej šupke vo forme aglykónu, vo vnútorných vrstvách tvorí najmä glykozidy (Beesk et al., 2010).

Z bobuľového ovocia majú významnejšie hodnoty tohto flavonoidu jarabina (18,53 mg/100 g), brusnica (14,84 mg/100 g) a baza čierna (26,77 mg/100 g). Čierne ríbezle majú niekoľkonásobne vyšší obsah kvercetínu

(4,48 mg/100 g) než červené (0,77 mg/100 g). Značné množstvo kvercetínu vo forme diglykozidu rutínu obsahuje pseudocereália pohánka (15,38 mg/100 g).

Zo zeleniny sú známe vyšším obsahom kvercetínu žerucha (29,99 mg/100 g), špargľa (13,98 mg/100 g), brokolica (3,26 mg/100 g), pažitka (4,77 mg/100 g), hlávkový šalát (zelený = 4,16 mg/100 g, červený = 11,90 mg/100 g) a špenát (3,97 mg/100 g). Približne 2 mg kvercetínu/100 g obsahujú nápoje ako červené víno, zelený a čierny čaj (tabuľka 1) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

Tabuľka 1 Obsah kvercetínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
kapary	233,84
kôpor	55,15
koriander, listy	52,90
fenikel, listy	48,80
červená cibuľa	31,77
žerucha	29,99
baza čierna	26,77
kapusta	22,58
žltá cibuľa	21,40
šupka jablka	19,36
jarabina	18,53
pohánka	15,38
brusnica	14,84
špargľa	13,98
hlávkový šalát, červený	11,90
oregano	7,30
figy	5,47
pažitka	4,77
čierne ríbezle	4,48
hruška	4,24
hlávkový šalát, zelený	4,16
špenát	3,97
jablko	3,69 až 3,89
černice	3,58
brokolica	3,26
zelený čaj	2,49
čierny čaj	1,99
červené víno	1,76

Ak sa pozrieme na prírodné zdroje kempferolu, do popredia vystupujú opäť niektoré koreniny: kapary (259,19 mg/100 g), šafrán (205,48 mg/100 g) a zázvor (33,60 mg/100 g).

Zo zeleniny sa vyskytuje najmä v kapuste (46,80 mg/100 g), žeruche (23,03 mg/100 g), špargli (7,84 mg/100 g) či špenáte (6,38 mg/100 g). Ovocné zdroje nie sú zastúpením kempferolu zaujímavé. Zelený a čierny čaj obsahujú 1,31 mg kempferolu/100 g (tabuľka 2) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

Pri myricetíne sú významnými zdrojmi taktiež koreniny – fenikel (19,80 mg/100 g), oregano (2,10 mg/100 g) i kurkuma (2,04 mg/100 g). Zo zeleniny je obsahom myricetínu zaujímavý petržlen (14,84 mg/100 g). Významný obsah má i bobuľové ovocie, najmä brusnice (6,63 mg/100 g) a čierne ríbezle (6,18 mg/100 g) (tabuľka 3) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

## potravinárstvo

**Tabuľka 2** Obsah kempferolu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
kapary	259,19
šafrán	205,48
kapusta	46,80
zázvor	33,60
žerucha	23,03
kôpor	13,33
čakanka	10,10
pažitka	10,0
brokolica	7,84
fenikel, listy	6,50
špenát	6,38
fazuľa biela	3,40
pór	2,67
kaleráb	2,43
petržlen	1,49
čierny čaj	1,31
zelený čaj	1,31

**Tabuľka 3** Obsah myricetínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
fenikel, listy	19,80
petržlen	14,84
brusnice	6,63
čierne ríbezle	6,18
červená cibuľa	2,70
oregano	2,10
kurkuma	2,04

Izoramnetín je metylovaným analógom kvercetínu. Jeho významné množstvá obsahuje sušený petržlen (331,24 mg/100 g) a kôpor (43,50 mg/100 g). Zo zeleninových zdrojov je naň bohatá kapusta (23,60 mg/100 g), pažitka (6,75 mg/100 g), špargľa (5,70 mg/100 g) a cibuľa (žltá = 5,01 mg/100 g, červená = 3,01 mg/100 g). Izoramnetín obsahujú i mandle (2,64 mg/100 g) (tabuľka 4) (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011).

**Tabuľka 4** Obsah izoramnetínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
petržlen, sušený	331,24
kôpor	43,50
kapusta	23,60
fenikel, listy	9,30
pažitka	6,75
špargľa	5,70
baza čierna	5,42
žltá cibuľa	5,01
červená cibuľa	3,01
mandle	2,64

### FLAVÓNY

Flavóny majú rovinnú štruktúru. Sú prítomné najmä v bylinách a cereáliách a spôsobujú ich žlté sfarbenie (De Groot, Rauen, 1998). Najzastúpenejšími prírodnými flavónmi sú apigenín a luteolín.

Bohatým zdrojom apigenínu je najmä sušený petržlen (4503,50 mg/100 g), pričom čerstvý petržlen obsahuje 20-krát menej tohto flavonoidu. Medzi hlavné prírodné zdroje patria tiež rôzne koreniny a byliny – mäta pieporná (8,71 mg/100 g), majorán (3,50 mg/100 g), oregano (2,57 mg/100 g), tymián (2,50 mg/100 g). Zo zeleniny sú to okrem petržlenu artičoky (7,42 mg/100 g) a zeler (2,85 mg/100 g), pričom zelerové semeno obsahuje 30-krát vyššie množstvo apigenínu. Istú hladinu apigenínu má i pseudocereália cirok (2,54 mg/100 g) (tabuľka 5) (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011).

**Tabuľka 5** Obsah apigenínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
petržlen, sušený	4503,50
petržlen	215,46
zelerové semeno	83,70
mäta pieporná	8,71
artičoky	7,42
majorán, sušený	3,50
zeler	2,85
olivové listy	2,84
oregano	2,57
cirok	2,54
tymián	2,50
červené víno	1,33

Najviac luteolínu sa nachádza v zelerovom semene (811,41 mg/100 g). Ako apigenín tak i luteolín možno nájsť najmä v rôznych bylinách a koreninách – tymián (45,25 mg/100 g), sušený petržlen (19,75 mg/100 g), šalvia (16,70 mg/100 g), mäta pieporná (11,33 mg/100 g). Spomedzi zeleniny obsahuje najviac luteolínu červený hlávkový šalát (2,50 mg/100 g) a artičoky (2,27 mg/100 g). Ovocné zdroje nie sú pre tento druh flavonoidu významné. Za zmienku stojí jeho obsah v olivových listoch (27,70 mg/100 g) alebo v ciroku (3,93 mg/100 g) (tabuľka 6) (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011).

**Tabuľka 6** Obsah luteolínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowicz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
zelerové semeno	811,41
tymián	45,25
olivové listy	27,70
petržlen, sušený	19,75
šalvia	16,70
mäta pieporná	11,33
cirok	3,93
čierne korenie	3,87
hlávkový šalát, červený	2,50
artičoky	2,27
rozmarín	2,0

**FLAVANOLY**

Flavanoly sa nazývajú aj katechíny a vyskytujú sa najmä v zelenom a čiernom čaji, kde sú zodpovedné za ich prirodzenú horkú chuť (De Groot, Rauen, 1998). V prírode sú najrozšírenejšie katechín, epikatechín a ich estery s kyselinou galovou. Väčšinou sú najvyššie koncentrácie jednotlivých flavanolov v zelenom čaji, čo vyplýva z procesov použitých pri jeho výrobe (nie je napr. fermentovaný ako čierny čaj).

Spomedzi flavanolov sa v čaji katechín vyskytuje v najnižších koncentráciách, pričom čierny čaj je jeho bohatším zdrojom (137,82 mg/100 g) než zelený (57,12 mg/100 g). Okrem toho vysoké koncentrácie obsahujú i kakaové bôby (88,45 mg/100 g) či semená hrozna (74,63 mg/100 g).

Spomedzi ovocia ho možno nájsť najmä v čierniciach (37,06 mg/100 g), tmavom hrozne (10,14 mg/100 g), banáne (6,1 mg/100 g) či čučoriedkach (5,29 mg/100 g). Šupky jablka obsahujú niekoľkonásobne vyššie hladiny katechínu (7,4 mg/100 g) než celé jablká (0,59 až 2 mg/100 g).

U zeleniny predstavuje významnejší zdroj iba bôb (14,29 mg/100 g). U nápojov okrem čaju možno katechín nájsť i v červenom víne (7,12 mg/100 g) (tabuľka 7) (U.S. Department of Agriculture, 2007; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 7** Obsah katechínu vo vybraných potravinových zdrojoch (U.S. Department of Agriculture, 2007\*; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
čierny čaj, sušený	137,82*
kakaové bôby	88,45
semená hrozna	74,63
zelený čaj, sušený	57,12*
černice	37,06
bôb	14,29
tmavé hrozno	10,14
šupka jablka	7,40
pekanové oriešky	7,24
červené víno	7,12
banán	6,10
čučoriedky	5,29
broskyňa	4,92
čerešne	4,36
hrozno biele	3,73
marhuľa	3,67
pistácie	3,57
jahody	3,11

Najviac epikatechínu sa nachádza v zelenom (811,72 mg/100 g) a čiernom čaji (255,19 mg/100 g). Vysoké hladiny majú i kakaové bôby (99,18 mg/100 g) a semená hrozna (93,31 mg/100 g).

Zo zeleniny je epikatechín hojne zastúpený v bôbe (28,96 mg/100 g). Šupky jablka obsahujú 5-násobné množstvá epikatechínu (28,73 mg/100 g) než celé jablká (5,51 až 9,83 mg/100 g).

Spomedzi ovocia je prítomný v tmavom hrozne (8,68 mg/100 g), čerešniach (5 mg/100 g), marhuliach (4,74 mg/100 g), čierniciach (4,66 mg/100 g) i brusniciach

(4,37 mg/100 g). Červené víno neobsahuje veľa epikatechínu (3,76 mg/100 g) (tabuľka 8) (U.S. Department of Agriculture, 2007; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 8** Obsah epikatechínu vo vybraných potravinových zdrojoch (U.S. Department of Agriculture, 2007\*; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
zelený čaj, sušený	811,72*
čierny čaj, sušený	255,19*
kakaové bôby	99,18
semená hrozna	93,31
bôb	28,96
šupka jablka	28,73
jablko <i>Red Delicious</i>	9,83
tmavé hrozno	8,68
jablko <i>Gala</i>	6,04
jablko <i>Golden Delicious</i>	5,51
čerešne	5,00
marhuľa	4,74
černice	4,66
brusnice	4,37
červené víno	3,76
hruška	3,76
malina	3,52

Spomedzi esterov katechínov s kyselinou galovou je v čaji najviac zastúpený epigalokatechín-3-galát, pričom najviac ho je v zelenom čaji (7115,98 mg/100 g), nasleduje biely (4245 mg/100 g) a čierny čaj (1121,92 mg/100 g). Z ostatných zdrojov je prítomný ešte v pekanových (2,3 mg/100 g) a lieskových orieškoch (1,06 mg/100 g). Ovocné a zeleninové zdroje nie sú významné (tabuľka 9) (U.S. Department of Agriculture, 2007; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 9** Obsah epigalokatechín-3-galátu vo vybraných potravinových zdrojoch (U.S. Department of Agriculture, 2007\*; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
zelený čaj, sušený	7115,98*
biely čaj, sušený	4245,00
čierny čaj, sušený	1121,92*
pekanové oriešky	2,30
lieskový orech	1,06
brusnice	0,97
černice	0,68
maliny	0,54

V čaji sa nachádza i epikatechín-3-galát. V najvyššom množstve je prítomný v zelenom čaji (1491,29 mg/100 g), ďalej v bielom (835 mg/100 g) a čiernom čaji (688,27 mg/100 g). Obsahuje ho i tmavé hrozno (2,81 mg/100 g), slivky (0,76 mg/100 g) či rebarbora (0,6 mg/100 g) (tabuľka 10) (U.S. Department of Agriculture, 2007; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

## potravinárstvo

**Tabuľka 10** Obsah epikatechín-3-galátu vo vybraných potravinových zdrojoch (U.S. Department of Agriculture, 2007\*; Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
zelený čaj, sušený	1491,29*
biely čaj, sušený	835,00
čierny čaj, sušený	688,27*
tmavé hrozno	2,81
slivky	0,76
rebarbora	0,60

### FLAVANÓNY

Flavanóny sa v prírode vyskytujú najmä vo forme konjugátov s disacharidmi v polohe 7 na základnom flavonoidovom skelete. Sú prítomné hlavne v citrusovom ovocí (De Groot, Rauen, 1998). V prírode možno nájsť spomedzi ich zástupcov najmä hesperetín a naringenín, resp. ich glykozidy.

Narigenín obsahujú koreniny ako oregano (372 mg/100 g) a rozmarín (24,86 mg/100 g). Vysoké koncentrácie má i citrusové ovocie, najmä greppfruit (53 mg/100 g), pomelo (24,72 mg/100 g), pomaranč (15,32 mg/100 g) či mandarinka (10,02 mg/100 g). Tu sa naringin vyskytuje najmä vo forme glykozidov.

Zo zeleniny najviac naringenínu obsahujú artičoky (12,51 mg/100 g). Naringenín je prítomný i v ciroku (1,67 mg/100 g) (tabuľka 11) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 11** Obsah naringenínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
oregano, sušené	372,00
greppfruit	53,00
rozmarín	24,86
pomelo	24,72
pomaranč	15,32
artičoky	12,51
mandarinka	10,02
limetka	3,40
ružičková kapusta	3,29
cirok	1,67
rajčiak	0,68
citrón	0,55

Najvyšší obsah hesperetínu je v citrusovom ovocí (opäť vo forme glykozidov), najmä v limetkách (43 mg/100 g), citróne (27,9 mg/100 g) a pomaranči (27,25 mg/100 g). Z iných zdrojov je významnejšie množstvo v mäte piepornej (9,52 mg/100 g) (tabuľka 12) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 12** Obsah hesperetínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
limetka	43,00
citrón	27,90
pomaranč	27,25
mäta pieporná	9,52
pomelo	8,40
mandarinka	7,94
greppfruit	1,50

### ANTOKYANIDÍNY

Antokyanidíny sú v prírode rozšírené pigmenty s modrou, fialovou alebo červenou farbou. Sú zodpovedné za charakteristickú farbu kvetov, ovocia príp. listov danej rastliny (De Groot, Rauen, 1998). V prírode nájdeme napr. kyanidín, delfinidín, malvidín či pelargonidín.

Najzastúpenejším spomedzi antokyanidínov je kyanidín. Najviac ho obsahuje baza čierna (485,26 mg/100 g). Bohatými prírodnými zdrojmi sú i jarabina (344,07 mg/100 g), čierna malina (323,47 mg/100 g) a čakanka (126,99 mg/100 g). Vysoké koncentrácie spomedzi ovocia obsahujú černice (90,49 mg/100 g), ostružiny (88,30 mg/100 g), červené (65,54 mg/100 g) a čierne ríbezle (61,3 mg/100 g), bobule acai (53,64 mg/100 g), červené maliny (36,74 mg/100 g), brusnice (37,74 mg/100 g), čerešne (27,45 mg/100 g) či čučoriedky (17,92 mg/100 g).

Zo zeleninových zdrojov je významná červená kapusta (63,5 mg/100 g). Kyanidín obsahujú i farebné pšenice (11,07 mg/100 g) či niektoré oriešky – pekanové (10,74 mg/100 g), lieskové (6,71 mg/100 g), pistácie (6,06 mg/100 g) (tabuľka 13) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 13** Obsah kyanidínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
baza čierna	485,26
jarabina	344,07
čierna malina	323,47
čakanka	126,99
černice	90,49
ostružiny	88,30
červené ríbezle	65,54
červená kapusta	63,50
čierne ríbezle	61,30
bobule acai	53,64
brusnice	37,74
červené maliny	36,74
čerešne	27,45
čučoriedky	17,92
tmavé hrozno	13,16
hruška	12,18
fialová pšenica	11,07
pekanové oriešky	10,74

## potravinárstvo

Delfinidín možno nájsť najmä v čiernej maline (97,59 mg/100 g) a čiernych ríbezliach (87,86 mg/100 g). Zo zeleniny ho obsahuje najmä baklažán (41,24 mg/100 g). Častejšie sú však ovocné zdroje, tmavé hrozno (39,58 mg/100 g), čučoriedky (34 mg/100 g), červené ríbezle (9,32 mg/100 g), brusnice (7,66 mg/100 g) či banán (7,39 mg/100 g). Delfinidín je prítomný i v pekanových orieškoch (7,28 mg/100 g). Červené víno obsahuje nízke hodnoty tohto flavonoidu (2,75 mg/100 g) (tabuľka 14) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 14** Obsah delfinidínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
čierna malina	97,59
čierne ríbezle	87,86
baklažán	41,24
tmavé hrozno	39,58
čučoriedky	34,00
červené ríbezle	9,32
čakanka	7,68
brusnice	7,66
banán	7,39
pekanové oriešky	7,28
fialová pšenica	3,20
červené víno	2,75

Pre malvidín ako i pre ostatné antokyanidíny sú významné ovocné zdroje, najmä čučoriedky (54 mg/100 g) a červené hrozno (36,2 mg/100 g). Malvidín možno nájsť i v červenom víne (15,29 mg/100 g) či fialovej pšenici (4,02 mg/100 g) (tabuľka 15) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 15** Obsah malvidínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
čučoriedky	54,00
červené hrozno	36,20
červené víno	15,29
fialová pšenica	4,02
tmavé hrozno	3,47
jarabina	1,22
červená malina	0,71

Pelargonidín je prítomný v ovocí ako jahody (25,69 mg/100 g), čučoriedky (2,65 mg/100 g), červené maliny (1,64 mg/100 g). Zo zeleniny je významným zdrojom reďkovka (25,66 mg/100 g). Nachádza sa i vo farebných pšenicách (3,41 mg/100 g) (tabuľka 16) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011).

**Tabuľka 16** Obsah pelargonidínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2011)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
jahody	25,69
reďkovka	25,66
fialová pšenica	3,41
čučoriedky	2,65
červená malina	1,64
čierne ríbezle	1,17
jarabina	0,98

### IZOFLAVONOIDY

Izoflavonoidy na rozdiel od ostatných flavonoidov majú v základnej štruktúre fenylovú skupinu v polohe 3 na benzo- $\gamma$ -pyráne. V prírode sú prítomné najmä v strukovinách. Najrozšírenejšie sú genisteín a daidzeín.

Genisteín je prítomný v sóji (22,57 mg/100 g) a z nej odvodených produktoch ako sú jedlá miso (23,24 mg/100 g), tempeh (36,15 mg/100 g) či sójové syry. Obsahuje ho i červená ďatelina (10 mg/100 g) alebo pistácie (1,75 mg/100 g) (tabuľka 17) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2008).

**Tabuľka 17** Obsah genisteínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2008)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
sójová múka	98,77
sójové semená	60,07
tempeh	36,15
miso	23,24
sója	22,57
červená ďatelina	10,00
mozzarella, sójový syr	2,60
cheddar, sójový syr	2,11
pistácie	1,75
parmezán, sójový syr	0,80

S obsahom daidzeínu je to podobne ako pre genisteín, pričom jeho koncentrácie sú v daných potravinách o niečo nižšie. Obsahuje ho sója (20,34 mg/100 g) a z nej odvodené produkty. Je prítomný i v červenej ďateline (11 mg/100 g) a pistáciách (1,88 mg/100 g) (tabuľka 18) (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2008).

**Tabuľka 18** Obsah daidzeínu vo vybraných potravinových zdrojoch (Bhagwat, Haytowitz, Holden, 2008)

Potravina	Obsah (mg/100 g)
sójová múka	72,92
sójové semená	61,70
tempeh	22,66
miso	16,43
sója	20,34
červená ďatelina	11,00
pistácie	1,88
cheddar, sójový syr	1,83
parmezán, sójový syr	1,80
mozzarella, sójový syr	1,14

## DENNÝ PRÍJEM

Stanoviť priemerný denný príjem flavonoidov prijatých prostredníctvom stravy je zložitú, nakoľko konzumácia ich prírodných zdrojov u ľudí je veľmi individuálna, stanovená hladina flavonoidov v jednotlivých potravinách vykazuje značnú variabilitu, ťažko sa určuje vplyv technologických procesov prípravy a úpravy jedál, ktorý do vysokej miery ovplyvňuje konečný príjem flavonoidov, doteraz nie je dostatok informácií o obsahu flavonoidov v konkrétnych jedlách. Počet literárnych odkazov na danú problematiku preto nie je vysoký. Z dostupných informácií možno povedať, že priemerný denný príjem flavonoidov sa pohybuje približne v rozmedzí 150 až 300 mg/deň.

Štúdia prevedená v Anglicku a Írsku sa zaoberala príjmom 23 spomedzi všetkých tried flavonoidov u miestneho obyvateľstva. Celkový denný príjem flavonoidov bol stanovený na 182 mg resp. 177 mg (u anglických resp. írskych obyvateľov). V oboch prípadoch predstavovali antokyanidíny a flavanoly 65% z celkového príjmu (Beking, Vieira, 2011).

U japonských školákov bol zistený oveľa nižší denný príjem flavonoidov, iba 36,4 mg, pričom takmer tretinu z tohto množstva tvorili sójové izoflavonoidy, čo vzhľadom na miestne potravinové zvyklosti nie je nezvyčajné (Teruyo et al., 2002).

Hertog et al. (1993a) zisťovali príjem flavonolov a flavónov u obyvateľov Holandska. Tento bol stanovený na 23 mg/deň. Takmer polovicu z príjmu týchto flavonoidov predstavoval čaj. Avšak ostatné triedy flavonoidov do meraní neboli zaradené. Podobne i Justesen et al. (2000) stanovovali v Dánsku príjem iba u dvoch tried flavonoidov, konkrétne flavonolov a flavanónov, pričom obe triedy dokopy predstavovali denný príjem u žien 26 mg a u mužov 20 mg.

Ďalší autori (Chun, Chung, Song, 2007) stanovili denný príjem flavonoidov u dospelého obyvateľstva USA na 189,7 mg/deň. Z tohto množstva najvyššie percento predstavovali flavanoly (83,5 %), nasledovali flavanóny (7,6 %), flavonoly (6,8 %), antokyanidíny (1,6 %), flavóny (0,8 %) a izoflavonoidy (0,6 %).

U flámskych žien bol determinovaný denný príjem flavonoidov 3 rôznymi metódami na 166 mg/deň, 203 mg/deň a 158,3 mg/deň. Tri štvrtiny z toho predstavovali flavanoly (Mullie et al., 2007).

V rozsiahlej štúdii sa Zamora-Ros a kol. (2010) sústredili na stanovenie denného príjmu flavonoidov u španielskeho obyvateľstva. Výsledky preukázali, že priemerný denný príjem je 313,26 mg.

Počas 3 desaťročí sledovali Maras et al. (2011) príjem flavonoidov u obyvateľov Baltimoru v USA. Ich denný príjem bol v 80.-tych rokoch 20. storočia 250 mg, pričom o 30 rokov neskôr bol zaznamenaný jeho nárast na 280 mg/deň. Spomedzi potravín ku tomu najviac prispeli čaj, jablká, hrušky a citrusové ovocie.

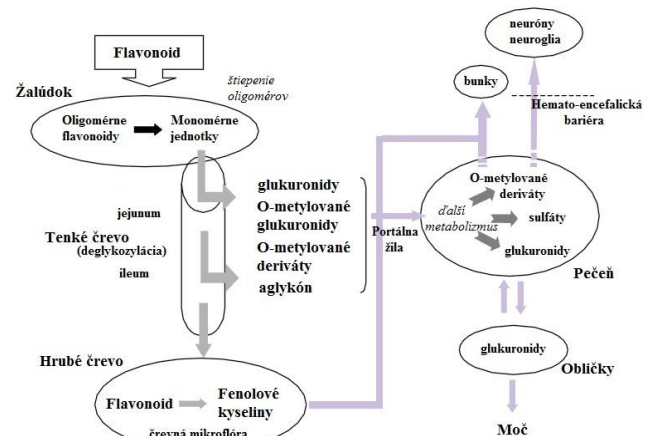
## BIODOSTUPNOSŤ A METABOLIZMUS

Aby sme mohli posudzovať zdraviu prospešné účinky flavonoidov *in vivo*, je potrebné poznať ich množstvá, ktoré sa reálne dostanú do krvného obehu ako aj ich možný následný metabolizmus.

Podľa štúdií biodostupnosti u ľudí dosahujú flavonoidy po prestupe do ľudskej krvi koncentrácie 0,1 až 10  $\mu\text{mol.l}^{-1}$  (Manach et al., 2005). Je zrejme, že biodostupnosť bude

vo veľkej miere závislá nielen od vlastností konkrétnej štruktúry, ale tiež od potravinovej matrice, veľkosti dávky či genetických dispozícií jednotlivca.

Flavonoidy sa v prírode vyskytujú najmä vo forme glykozidov. Povaha sacharidovej časti ovplyvňuje mieru ich absorpcie (Chang et al., 2005), nakoľko pred samotnou absorpciou nastáva ich deglykozylácia (obrázok č. 6). Odstránenie sacharidu sa uskutočňuje pomocou glykozidáz prítomných v tenkom čreve (Walle, 2004). Nasleduje pasívna difúzia aglykónu cez stenu čreva, nakoľko deglykozyláciou sa zvýšila hydrofobicita pôvodnej molekuly, čím sa uľahčil aj jej prestup cez lipidovú dvojvrstvu bunkovej membrány enterocytov tenkého čreva (Day et al., 1998).



Obrázok 6 Sumárny metabolizmus flavonoidov v gastrointestinálnom trakte a pečeni (Spencer, Abd-el-Mohsen, Rice-Evans, 2004)

Aglykóny nepotrebujú deglykozyláciu, preto aj prestup cez membrány býva zväčša v ich prípade jednoduchší i rýchlejší (Steensma, Noteborn, Kuiper, 2004; Tian et al., 2009). Avšak existujú aj práce, ktoré popisujú rýchlejšiu absorpciu glykozidov než aglykónov (Hollman et al., 1995; Kwon et al., 2007). Uvedené môže byť spôsobené priamym prestupom neštiepených glykozidov pomocou rôznych transportérov (Gee a kol., 2000). Najlepšiu absorpciu vykazujú izoflavóny, priemernú absorpciu flavanoly, flavanóny a glykozidy flavonolov, najťažšie prestupujú membránou antokyaníny (Viskupičová, Ondrejovič, Šturdík, 2008).

Predtým, než sa aglykóny dostanú do krvného obehu, podstupujú sériu metabolických reakcií, z nich najvýznamnejšia je glukuronidácia, sulfatácia a O-metylácia. V krvnom riečisku sa viažu na albumín, ktorý zabezpečí rýchly transport metabolitov i zvyšných nemetabolizovaných aglykónov do pečene, kde podstupujú ďalšie konjugáčnne reakcie (Walle, 2004). Experimentálne dáta preukázali, že hoci sú flavonoidy absorbované v tenkom čreve, ich relatívne vysoké množstvá prechádzajú z tenkého do hrubého čreva (Jaganath et al., 2006; Marks et al., 2009), kde črevná mikroflóra odštiepuje konjugované časti a výsledné aglykóny sú degradované na fenolové kyseliny. Tieto môžu byť taktiež absorbované a po metabolizácii v pečeni vylúčené močom (obrázok č. 6) v značných množstvách, ktoré častokrát prevyšujú množstvá metabolitov transportovaných do krvného obehu z tenkého čreva (Jaganath et al., 2006; Stalmach et al.,



2010), čo poukazuje na celkovú nízku biodostupnosť flavonoidov.

Ako vyplýva z obrázku 6, konkrétne účinné formy, ktoré sa dostávajú do buniek, predstavujú metabolity flavonoidov a nie pôvodné molekuly. Preto je potrebné venovať sa štúdiu biologickej aktivity taktiež týchto metabolitov. Doterajšie práce naznačujú, že glukuronidy, sulfáty i O-metylované deriváty flavonoidov si viac či menej zachovávajú svoje pôvodné biologické vlastnosti, pričom v niektorých prípadoch je popísané zachovanie či zvýšenie účinku metabolitu (Shirai et al., 2002; Suri et al., 2008) a v iných zasa pokles jeho aktivity po modifikácii (Loke et al., 2008; Pavlica, Gebhardt, 2010). Na potvrdenie tejto skutočnosti sú potrebné ďalšie testovania.

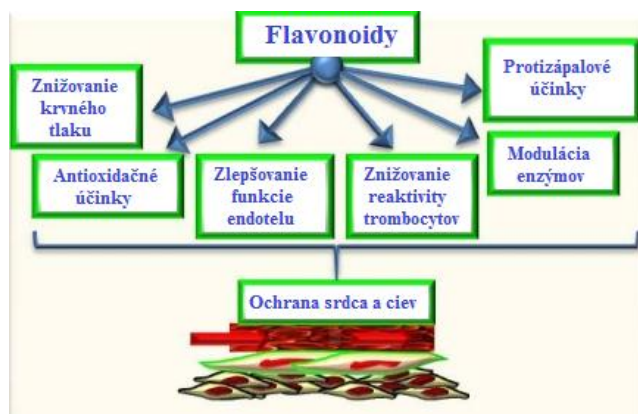
### VÝZNAM V ĽUDSKEJ STRAVE

Už štúdie zo začiatku 90. rokov ukázali, že flavonoidy vykazujú prospešné účinky na ľudské zdravie (Hertog et al., 1993b; Miksicek, 1993; Thompson, 1993; Knekt et al., 1996). Odvtedy sa počet podobných publikácií zvýšil na niekoľko tisíc.

Tieto prírodné fytochemikálie disponujú spektrom biologických účinkov, z nich významné je protizápalové, kardioprotektívne, protirakovinové, antimikrobiálne, antialergické či hepatoprotektívne pôsobenie (Havsteen, 2002; Tripoli et al., 2007; Tapas, Sakarkar, Kakde, 2008; Prasain, Carlson, Wyss, 2010).

### FLAVONOIDY A SRDCOVO-CIEVNE OCHORENIA

Na kardioprotektívnych účinkoch sa flavonoidy podieľajú viacerými svojimi vlastnosťami (obrázok č. 7). Zlepšujú funkciu endotelu, majú antioxidantné a protizápalové účinky, vazorelaxačné schopnosti znižujú krvný tlak (Grassi, Desideri, Ferri, 2010).



Obrázok 7 Potenciálne účinky flavonoidov pri ochrane srdcovo-cievneho systému (Grassi, Desideri, Ferri, 2010)

Z viacerých štúdií vyplýva, že príjem flavonoidov resp. potravín s ich vysokým obsahom je spojený so zníženým rizikom srdcovo-cievnych ochorení. Existujú však i štúdie, ktoré tieto skutočnosti nepotvrdzujú.

Podľa štúdie konanej v Holandsku u starších mužov bol príjem katechínov z čaju a ostatných zdrojov v inverznom vzťahu k úmrtnosti na ischemickú chorobu srdca, avšak podobný vzťah nebol zistený pre úmrtnosť na mŕtvicu (Arts et al., 2001a). I Hertog et al. (1993b) zistili znížené riziko úmrtnosti na srdcový infarkt pri príjme flavonoidov

z prírodných zdrojov (čaj, cibuľa, jablká). U žien z Iowy (USA) príjem jabĺk a vína znamenal znížené riziko úmrtnosti na kardiovaskulárne ochorenia (Arts et al., 2001b).

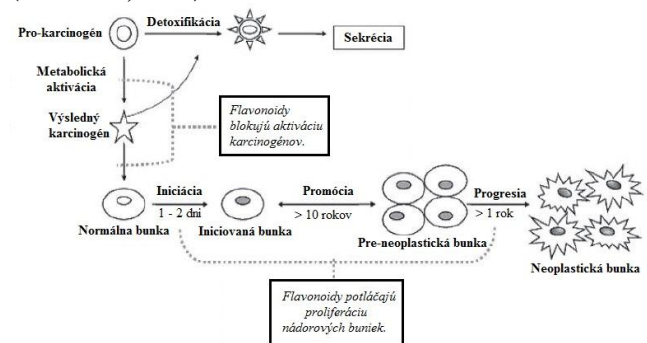
Štúdia u amerických žien preukázala, že príjem flavonolov, flavónov, flavanónov, flaván-3-olov, antokyanidínov a polymérnych flavonoidov mierne znižoval koncentrácie markerov zápalu a dysfunkcie endotelu (Landberg et al., 2011). V dvojito zaslepenej štúdií príjem cibulovej polievky inhiboval zhlukovanie krvných doštičiek, čo môže viesť k zníženému riziku trombózy a možných kardiovaskulárnych ochorení (Hubbard et al., 2006). Štúdia Knekt et al. (1996) odhalila, že u ľudí s nízkym príjmom flavonoidov je vyššie riziko ochorení srdca.

Výsledky 14-ročnej štúdie autorov Cassidy et al. (2011) naznačujú, že antokyanidíny, apigenín a katechín môžu prispievať ku menšiemu výskytu vysokého krvného tlaku u dospelých ľudí. Ochranný účinok antokyanidínov voči akútnejmu infarktu myokardu potvrdila štúdia z Talianska, zatiaľ čo pre ostatné triedy flavonoidov toto nebolo pozorované (Tavani et al., 2006). U ľudí s vysokým rizikom srdcovo-cievnych príhod znamenal zvýšený príjem izoflavónov zlepšenie funkcie cievneho endotelu (Chan et al., 2007).

Lin et al. (2007) zistili, že príjem flavónov a flavonolov neznamenal zníženie rizika infarktu myokardu. Ani v štúdií u amerických žien sa nepotvrdilo spojenie príjmu flavonoidov so znížením rizikom kardiovaskulárnych ochorení (Sesso et al., 2003). U západoeurópskych žien zvýšený príjem fytoestrogénov nepreukázal ochranný účinok voči riziku kardiovaskulárnych ochorení (van der Schouw et al., 2005).

### FLAVONOIDY A RAKOVINA

Získané dáta z laboratórných meraní napovedajú, že flavonoidy zohrávajú významnú úlohu v prevencii rakoviny. Boli identifikované viaceré mechanizmy ich protinádorového pôsobenia: inaktivácia prokarcinogénov, inhibícia proliferácie rakovinových buniek, inhibícia angiogenézy, indukcia apoptózy, antioxidantné pôsobenie či potlačanie multilekovej rezistencie (obrázok č. 8) (Ren et al., 2003).



Obrázok 8 Flavonoidy blokujú a potláčajú proces karcinogenézy (modifikované podľa Kale, Gawande, Kotwal, 2008)

Pri rakovine konečníka konzumácia zeleného čaju mala ochranný účinok, ktorý bol pripísaný prítomnosti

katechínov v zelenom čaji (Yang et al., 2007). V ďalšej štúdií zvýšený príjem kvercetínu znižoval riziko rakoviny hrubého čreva, avšak nie konečníka (Kyle et al., 2010).

Vysoký príjem kvercetínu v potrave bol taktiež v inverznom vzťahu ku riziku výskytu žalúdočného adenokarcinómu (Ekström et al., 2011). I zelený čaj môže znižovať riziko rakoviny žalúdka (Inoue et al., 2009). Preventívnu úlohu flavónov pri rakovine pečene potvrdzujú výsledky štúdie z Grécka (Lagiou et al., 2008). Podľa zistení Bobe et al. (2008) strava bohatá na flavonoidy môže znižovať riziko rakoviny pankreasu.

Štúdia v USA odhalila, že úmrtnosť na rakovinu prsníka môže byť znížená v spojení s vysokými hladinami flavónov a izoflavónov v strave (Fink et al., 2007). I Dong a Qin (2011) potvrdzujú ochranný účinok sójových izoflavonoidov pri rakovine prsníka u obyvateľov Ázie, avšak nie u západných krajín.

Príjem flavanónov a proantokyanidínov významne znižoval incidenciu rakoviny pľúc u fajčiarov, toto však nebolo pozorované u nefajčiarov (Cutler et al., 2008). Príjem izoflavónov u ľudí v Japonsku znamenal znížené riziko výskytu rakoviny pľúc (Shimazu et al., 2010).

Výsledky štúdie Wang et al. (2009) nepodporujú preventívny účinok flavónov, flavanolov ani vybraných potravín bohatých na flavonoidy (čaj, jablko, brokolica, cibuľa, tofu) pri rakovine. Ani v štúdií vykonanej v Grécku sa neprejavil preventívny účinok žiadnej z tried flavonoidov voči rakovine prsníka (Peterson et al., 2003). Bosetti et al. (2006) zistili, že príjem potravín s vysokým obsahom flavonoidov nevykazuje preventívne účinky voči rakovine prostaty.

Hoci epidemiologické dáta sledujúce využitie flavonoidov pre liečbu rakoviny u ľudí sú stále nepostačujúce a výsledky nie sú vždy jednoznačné, boli determinované isté spojenia medzi príjmom potravín bohatých na flavonoidy a ich následným ochranným účinkom voči onkologickým ochoreniam. Takými príkladmi môžu byť sója a rakovina prsníka, zelený čaj a rakovina žalúdka či cibuľa a rakovina pľúc (Le Marchand, 2002).

### ZÁVER

Flavonoidy sú v poslednej dobe čoraz viac podrobované neustálym výskumom, nakoľko pre ľudské zdravie zohrávajú významnú úlohu nielen ako antioxidanty. Na fyziologickej úrovni možno podčiarknuť kardioprotektívne, protizápalové, antimikrobiálne, protirakovinové či hepatoprotektívne pôsobenie.

Stále nejednotné sú informácie o obsahu jednotlivých flavonoidov v ich bežných prírodných zdrojoch akými sú ovocie, zelenina, koreniny a nápoje ako čaj a víno. Najvhodnejšie je využívať dostupné databázy, u ktorých je však potrebná neustála aktualizácia. Od týchto informácií sa odvíja i priemerný denný príjem flavonoidov, ktorý sa pohybuje v rozmedzí 150 až 300 mg.

Treba mať na mysli, že výsledné účinné látky v organizme nie sú vo väčšine prípadov samotné flavonoidy, ale ich metabolity, najmä sulfáty, glukuronidy a O-metylované deriváty. Preto by sa prieskum prospešných vlastností mal orientovať práve na tieto látky. Epidemiologické štúdie naznačujú ochranný vplyv flavonoidov pri určitých ochoreniach akými sú napr. kardiovaskulárne komplikácie či rakovina. Výsledky štúdií

nie sú však vždy jednoznačné. Preto je potrebné, aby sa výskum naďalej venoval objasneniu i tejto problematiky.

Flavonoidy sa považujú za relatívne netoxické v množstvách denne prijatých prostredníctvom bežnej stravy. Zvýšený príjem vo forme nutraceutík treba dobre zvážiť, odporúčané sú denné dávky rádovo v desiatkach miligramov, avšak nie gramov.

### LITERATÚRA

- ANASTASIADI, M., PRATSINIS, H., KLETSAS, D., SKALTSOUNIS, A. L., HAROUTOUNIAN, S. A. 2010. Bioactive non-coloured polyphenols content of grapes, vines and vinification by-products: evaluation of the antioxidant activities of their extracts. In *Food Research International*, vol. 43, 2010, no. 3, p. 805-813.
- ANDERSEN, Ø. M., JORDHEIM, M. 2006. The anthocyanins. In: ANDERSEN, Ø. M., MARKHAM, K. M., Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications, New York : CRC Press, 2006, p. 471-552, ISBN 0-8493-2021-6.
- ARDHAOU, M., FALCIMAIGNE, A., ENGASSER, J. M., MOUSSOU, P., PAULY, G., GHOUL, M. 2004. Acylation of natural flavonoids using lipase of *Candida antarctica* as biocatalyst. In *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, vol. 29, 2004, no. 1-6, p. 63-67.
- ARTS, I. C. W., HOLLMAN, P. C. H., FESKENS, E. J. M., DE MESQUITA, H. B. B., KROMHOUT, D. 2001a. Catechin intake might explain the inverse relation between tea consumption and ischemic heart disease: the Zutphen Elderly Study. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 74, 2001a, no. 2, p. 227-232.
- ARTS, I. C. W., JACOBS, D. R. Jr., HARNACK, L. J., GROSS, M., FOLSOM, A. R. 2001b. Dietary catechins in relation to coronary heart disease death among postmenopausal women. In *Epidemiology*, vol. 12, 2001b, no. 6, p. 668-675.
- BEECHER, G. R. 2003. Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and dietary intake. In *The Journal of Nutrition*, vol. 133, 2003, no. 10, p. 3248S-3254S.
- BEEKS, N., PERNER, H., SCHWARZ, D. GEORGE, E., KROH, L. W., ROHN, S. 2010. Distribution of quercetin-3,4'-O-glycoside, quercetin-4'-O-monoglucoside and quercetin in different parts of the onion bulb (*Allium cepa* L.) influenced by genotype. In *Food Chemistry*, vol. 122, 2010, no. 3, p. 566-571.
- BEKING, K., VIEIRA, A. 2011. An assessment of dietary flavonoid intake in the UK and Ireland. In *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 62, 2011, no. 1, p. 17-19.
- BHAGWAT, S., HAYTOWITZ, D. B., HOLDEN, J. M. 2008. USDA database for the isoflavone content of selected foods, release 2.0. September 2008, 67 p., dostupné na internete: <[http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/isoflav/Isoflav\\_R2.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/isoflav/Isoflav_R2.pdf)>.
- BHAGWAT, S., HAYTOWITZ, D. B., HOLDEN, J. M. 2011. USDA database for the flavonoid content of selected foods, release 3.0. September 2011, 156 p. [online] s.a. [cit. 2011] dostupné na internete: <[http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/Flav/Flav\\_R03.pdf](http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/12354500/Data/Flav/Flav_R03.pdf)>.
- BIRBARA, P. J. 2011. Methods of making and using compositions comprising flavonoids. Patent WO 2011049629.
- BIRT, D. F., HENDRICH, S., WANG, W. 2001. Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. In *Pharmacology & Therapeutics*, vol. 90, 2001, no. 2-3, p. 157-177.
- BOBE, G., WEINSTEIN, S. J., ALBANES, D., HIRVONEN, T., ASHBY, J., TAYLOR, P. R., VIRTAMO,

- J., STOLZENBERG-SOLOMON, R. Z. 2008. Flavonoid intake and risk of pancreatic cancer in male smokers (Finland). In *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 17, 2008, no. 3, p. 553-562.
- BOSETTI, C., BRAVI, F., TALAMINI, R., PARPINEL, M., GNAGNARELLA, P., NEGRI, E., MONTELLA, M., LAGIOU, P., FRANCESCHI, S., LA VECCHIA, C. 2006. Flavonoids and prostate cancer risk: a study in Italy. In *Nutrition and Cancer*, vol. 56, 2006, no. 2, p. 123-127.
- CARBONE, K., GIANNINI, B., PICCHI, V., LO SCALZO, R., CECCHINI, F. 2011. Phenolic composition and free radical scavenging activity of different Apple varieties in relation to the cultivar, tissue type and storage. In *Food Chemistry*, vol. 127, 2011, no. 2, p. 493-500.
- CASSIDY, A., O'REILLY, É. J., KAY, C., SAMPSON, L., FRANZ, M., FORMAN, J. P., CURHAN, G., RIMM, E. B. 2011. Habitual intake of flavonoid subclasses and incident hypertension in adults. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 93, 2011, no. 2, p. 338-347.
- CHAN, Y. H., LAU, K. K., YIU, K. H., LI, S. W., CHAN, H.-T., TAM, S., SHU, X.-O., LAU, C.-P., TSE, H.-F. 2007. Isoflavone intake in persons at high risk of cardiovascular events: implications for vascular endothelial function and the carotid atherosclerotic burden. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 86, 2007, no. 4, p. 938-945.
- CHANG, Q., ZUO, Z., CHOW, M. S., HO, W. K. 2005. Difference in absorption of the two structurally similar flavonoid glycosides, hyperoside and isoquercitrin, in rats. In *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, vol. 59, 2005, no. 3, p. 549-555.
- CHUN, O. K., CHUNG, S. J., SONG, W. O. 2007. Estimated dietary flavonoid intake and major food sources of U.S. adults. In *The Journal of Nutrition*, vol. 137, 2007, no. 5, p. 1244-1252.
- COOK, N. C., SAMMAN, S. 1996. Flavonoids – chemistry, metabolism, cardioprotective effects and dietary sources. In *Nutritional Biochemistry*, vol. 7, 1996, no. 2, p. 66-76.
- CUTLER, G. J., NETTLETON, J. A., ROSS, J. A., HARNACK, L. J., JACOBS Jr., D. R., SCRAFFORD, C. G., BARRAJ, L. M., MINK, P. J., ROBIEN, K. 2008. Dietary flavonoid intake and risk of cancer in postmenopausal women: The Iowa women's health study. In *International Journal of Cancer*, vol. 123, 2008, no. 3, p. 664-671.
- DAVIES, K. M., SCHWINN, K. E. 2006. Molecular biology and biotechnology of flavonoid biosynthesis. In: ANDERSEN, Ø. M., MARKHAM, K. M. Flavonoids: chemistry, biochemistry and applications, New York : CRC Press, 2006, p. 471-552, ISBN 0-8493-2021-6.
- DAY, A. J., DUPONT, M. S., RIDLEY, S., RHODES, M., RHODES, M. J., MORGAN, M. R. WILLIAMSON, G., 1998. Deglycosylation of flavonoid and isoflavonoid glycosides by human small intestine and liver  $\beta$ -glucosidase activity. In *FEBS Letters*, 436, 1998, no. 98, p. 71-75.
- DE GROOT, H., RAUEN, U. 1998. Tissue injury by reactive oxygen species and the protective effects of flavonoids. In *Fundamental and Clinical Pharmacology*, vol. 12, 1998, no. 3, p. 249-255.
- DONG, J. Y., QIN, L. Q. 2011. Soy isoflavones consumption and risk of breast cancer incidence or recurrence: a meta-analysis of prospective studies. In *Breast Cancer Research and Treatment*, vol. 125, 2011, no. 2, p. 315-323.
- EKSTRÖM, A. M., SERAFINI, M., NYRÉN, O., WOLK, A., BOSETTI, C., BELLOCCO, R. 2011. Dietary quercetin intake and risk of gastric cancer: results from a population-based study in Sweden. In *Annals of Oncology*, vol. 22, 2011, no. 2, p. 438-443.
- FINK, B. N., STECK, S. E., WOLFF, M. S., BRITTON, J. A., KABAT, G. C., GAUDET, M. M., ABRAHAMSON, P. E., BELL, P., SCHROEDER, J. C., TEITELBAUM, S. L., NEUGUT, A. I., GAMMON, M. D. 2007. Dietary flavonoid intake and breast cancer survival among women on Long Island. In *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 16, 2007, no. 11, p. 2285-2292.
- GEE, J. M., DUPONT, S. M., DAY, A. J., PLUMB, G. W., WILLIAMSON, G., JOHNSON, I. T. 2000. Intestinal transport of quercetin glycosides in rats involves both deglycosylation and interaction with the hexose transport pathway. In *Journal of Nutrition*, vol. 130, 2000, p. 2765-2771.
- GONZALEZ, C. A., RIBOLI, E. 2010. Diet and cancer prevention: Contributions from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC) study. In *European Journal of Cancer*, vol. 46, 2010, no. 14, p. 2555-2562.
- GONZÁLEZ-GALLEGO, J., SÁNCHEZ-CAMPOS, S., TUÑÓN, M. J. 2007. Anti-inflammatory properties of dietary flavonoids. In *Nutrición Hospitalaria*, vol. 22, 2007, no. 3, p. 287-293.
- GRASSI, D., DESIDERI, G., FERRI, C. 2010. Flavonoids: Antioxidants against atherosclerosis. In *Nutrients*, vol. 2, 2010, no. 8, p. 889-902.
- HAVSTEEN, B. H. 2002. The biochemistry and medical significance of the flavonoids. In *Pharmacology & Therapeutics*, vol. 96, 2002, no. 2-3, p. 67-202.
- HEIM, K. E., TAGLIAFERRO, A. R., BOBILYA, D. J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationship. In *Journal of Nutritional Biochemistry*, vol. 13, 2002, no. 10, p. 572-584.
- HERRMANN, K. 1976. Flavonols and flavones in food plants: a review. In *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 11, 1976, no. 5, p. 433-448.
- HERTOG, M. G., HOLLMAN, P. C. H., KATAN, M. B., KROMHOUT, D. 1993a. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in the Netherlands. In *Nutrition and Cancer*, vol. 20, 1993a, no. 1, p. 21-29.
- HERTOG, M. G., FESKENS, E. J., HOLLMAN, P. C., KATAN, M. B., KROMHOUT, D. 1993b. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. In *The Lancet*, vol. 342, 1993b, no. 8878, p. 1007-1011.
- HOLLMAN, P. C., DE VRIES, J. H., VAN LEEUWEN, S. D., MENGELERS, M. J., KATAN, M. B. 1995. Absorption of dietary quercetin glycosides and quercetin in healthy ileostomy volunteers. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 62, 1995, no. 6, p. 1276-1282.
- HUBBARD, G. P., WOLFFRAM, S., DE VOS, R., BOYY, A., GIBBINS, J. M., LOVEGROVE, J. A. 2006. Ingestion of onion soup high in quercetin inhibits platelet aggregation and essential components of the collagen-stimulated platelet activation pathway in man: a pilot study. In *British Journal of Nutrition*, vol. 96, 2006, no. 3, p. 482-488.
- INOUE, M., SASAZUKI, S., WAKAI, K., SUZUKI, T., MATSUO, K., SHIMAZU, T., TSUIJ, I., TANAKA, K., MIZOUE, T., NAGATA, C., TAMAKOSHI, A., SAWADA, N., TSUGANE, S. 2009. Green tea consumption and gastric cancer in Japanese: a pooled analysis of six cohort studies. In *Gut*, vol. 10, 2009, p. 1323-1332.
- JAGANATH, I. B., MULLEN, W., EDWARDS, C. A., CROZIER, A. 2006. The relative contribution of the small

- and large intestine to the absorption and metabolism of rutin in man. In *Free Radical Research*, vol. 40, 2006, no. 10, p. 1035-1046.
- JUSTESEN, B. U., KNUTHSEN, P., ANDERSEN, N. L., LETH, T. 2000. Estimation of daily intake distribution of flavonols and flavanones in Denmark. In *Scandinavian Journal of Nutrition*, vol. 44, 2000, p.158-160.
- KALE, A., GAWANDE, S., KOTWAL, S. 2008. Cancer phytotherapeutics: Role for flavonoids at the cellular level. In *Phytotherapy Research*, vol. 22, 2008, no. 5, p. 567-577.
- KNEKT, P., JARVINEN, R., REUNANEN, A., MAATELA, J. 1996. Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: A cohort study. In *British Medical Journal*, vol. 312, 1996, no. 7029, p. 478-481.
- KWON, S. H., KANG, M. J., HUH, J. S., HA, K. W., LEE, J. R., LEE, S. K., LEE, B. S., HAN, I. H., LEE, M. S., LEE, M. W., LEE, J., CHOI, Y. W. 2007. Comparison of oral bioavailability of genistein and genistin in rats. In *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 337, 2007, no. 1-2, p. 148-154.
- KYLE, J. A., SHARP, L., LITTLE, J., DUTHIE, G. G., MCNEILL, G. 2010. Dietary flavonoid intake and colorectal cancer: a case-control study. In *The British Journal of Nutrition*, vol. 103, 2010, no. 3, p. 429-436.
- LAGIOU, P., ROSSI, M., LAGIOU, A., TZONOU, A., LA VECCHIA, C., TRICHOPOULOS, D. 2008. Flavonoid intake and liver cancer: a case-control study in Greece. In *Cancer Causes Control*, vol. 19, 2008, no. 8, p. 813-818.
- LANDBERG, R., SUN, Q., RIMM, E. B., CASSIDY, A., SCALBERT, A., MANTZOROS, C. S., HU, F. B., VAN DAM, R. M. 2011. Selected dietary flavonoids are associated with markers of inflammation and endothelial dysfunction in U.S. women. In *The Journal of Nutrition*, vol. 141, 2011, no. 4, p. 618-625.
- LE MARCHAND, L. 2002. Cancer preventive effects of flavonoids – A review. In *Biomedicine & Pharmacotherapy*, vol. 56, 2002, no. 6, p. 296-301.
- LIN, J., REXRODE, K. M., HU, F., ALBERT, C. M., CHAE, C. U., RIMM, E. B., STAMPFER, M. J., MANSON, J. E. 2007. Dietary intakes of flavonols and flavones and coronary heart disease in US women. In *American Journal of Epidemiology*, vol. 165, 2007, no. 11, p. 1305-1313.
- LIU, R. H. 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. In *The Journal of Nutrition*, vol. 134, 2004, no. 12, p. 3479S-3485S.
- LOKE, W. M., PROUDFOOT, J. M., STEWART, S., MCKINLEY, A. J., NEEDS, P. W., KROON, P. A., HODGSON, J. M., CROFT, K. D. 2008. Metabolic transformation has a profound effect on anti-inflammatory activity of flavonoids such as quercetin: Lack of association between antioxidant and lipoxigenase inhibitory activity. In *Biochemical Pharmacology*, vol. 75, 2008, no. 5, p. 1045-1053.
- MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RÉMÉSY, C., JIMÉNEZ, L. 2004. Polyphenols: food sources and bioavailability. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 79, 2004, no. 5, p. 727-747.
- MANACH, C., WILLIAMSON, G., MORAND, C., SCALBERT, A., RÉMÉSY, C. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 81, 2005, no. 1, p. 230S-242S.
- MARAS, J. E., TALEGAWKAR, S. A., QIAO, N., LYLE, B., FERRUCCI, L., TUCKER, K. L. 2011. Flavonoid intakes in the Baltimore Longitudinal Study of Aging. In *Journal of Food Composition and Analysis*, 2011, in press.
- MARKS, S. C., MULLEN, W., BORGES, G., CROZIER, A. 2009. Absorption, metabolism and excretion of cider dihydrochalcones in healthy humans and subjects with an ileostomy. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 57, 2009, no. 5, p. 2009-2015.
- MIKSICEK, R. J. 1993. Commonly occurring plant flavonoids have estrogenic activity. In *Molecular Pharmacology*, vol. 44, 1993, no. 1, p. 37-43.
- U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2007. USDA database for the flavonoid content of selected foods, release 2.1. Január 2007, 128 p., [online] s.a. [cit. 2011] dostupné na internete: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Flav/Flav02-1.pdf>>.
- MULLIE, P., CLARYS, P., DERIEMAEKER, P., HEBBELINCK, M. 2007. Estimation of daily human intake of food flavonoids. In *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 62, 2007, no. 3, p. 93-98.
- PAVLICA, S., GEBHARDT, R. 2010. Protective effects of flavonoids and two metabolites against oxidative stress in neuronal PC12 cells. In *Life Sciences*, vol. 86, 2010, no. 3-4, p. 79-86.
- PETERSON, J., LAGIOU, P., SAMOLI, E., LAGIOU, A., KATSOUYANNI, K., LA VECCHIA, C., DWYER, J., TRICHOPOULOS, D. 2003. Flavonoid intake and breast cancer risk: a case-control study in Greece. In *The British Journal of Cancer*, vol. 89, 2003, no. 7, p. 1255-1259.
- PRASAIN, J. K., CARLSON, S. H., WYSS, J. M. 2010. Flavonoids and age-related disease: Risk, benefits and critical windows. In *Maturitas*, vol. 66, 2010, no. 2, p. 163-171.
- REN, W., QIAO, Z., WANG, H., ZHU, L., ZHANG, L. 2003. Flavonoids: promising anticancer agents. In *Medicinal Research Reviews*, vol. 23, 2003, no. 4, p. 519-534.
- RUSZYŃAK, S., SZENT-GYÖRGYI, A., 1936. Vitamin nature of flavones. In *Nature*, vol. 138, 1936, p. 798.
- SCHILJEN, E. G. W. M., RIC DE VOS, CH., VAN TUNEN, A. J., BOVY, A. G. 2004. Modification of flavonoid biosynthesis in crop plants. In *Phytochemistry*, vol. 65, 2004, no. 19, p. 2631-2648.
- SESSO, H. D., GAZIANO, J. M., LIU, S., BURING, J. E. 2003. Flavonoid intake and the risk of cardiovascular disease in women. In *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 77, 2003, no. 6, p. 1400-1408.
- SHIMAZU, T., INOUE, M., SASAZUKI, S., IWASAKI, M., SAWADA, N., YAMAJI, T., TSUGANE, S. 2010. Isoflavone intake and risk of lung cancer: a prospective cohort study in Japan. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 91, 2010, no. 3, p. 722-728.
- SHIRAI, M., YAMANISHI, R., MOON, J. H., MUROTA, K., TERAO, J. 2002. Effect of quercetin and its conjugated metabolite on the hydrogen peroxide-induced intracellular production of reactive oxygen species in mouse fibroblasts. In *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, vol. 66, 2002, no. 5, p. 1015-1021.
- SHUKLA, S. K., GUPTA, S., OJHA, S. K., SHARMA, S. B. 2010. Cardiovascular friendly natural products: a promising approach in the management of CVD. In *Natural Product Research*, vol. 24, 2010, no. 9, p. 873-898.
- SILALAHI, J. 2002. Anticancer and health protective properties of citrus fruit components. In *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, vol. 11, 2002, no. 1, p. 79-84.
- SPENCER, J. P., ABD-EL-MOHSEN, M. M., RICE-EVANS, C. 2004. Cellular uptake and metabolism of flavonoids and their metabolites: implications for their bioactivity. In *Archives of Biochemistry and Biophysics*, vol. 423, 2004, no. 1, p. 148-161.

- STALMACH, A., MULLEN, W., STEILING, H., WILLIAMSON, G., LEAN, M. E., CROZIER, A. 2010. Absorption, metabolism and excretion of green tea flavan-3-ols in humans with an ileostomy. In *Molecular Nutrition & Food Research*, vol. 54, 2010, no. 3, p. 323-334.
- STEENSMA, U., NOTEBORN, H. P. J. M., KUIPER, H. A. 2004. Comparison of Caco-2, IEC-18 and HCEC cell lines as a model for intestinal absorption of genistein, daidzein and their glycosides. In *Environmental Toxicology and Pharmacology*, vol. 17, 2004, no. 2, p. 103-110.
- SURI, S., TAYLOR, M. A., VERITY, A., TRIBOLO, S., NEEDS, P. W., KROON, P. A., HUGHES, D. A., WILSON, V. G. 2008. A comparative study of the effects of quercetin and its glucuronide and sulfate metabolites on human neutrophil function *in vitro*. In *Biochemical Pharmacology*, vol. 76, 2008, no. 5, p. 645-653.
- TAPAS, A. R., SAKARKAR, D. M., KAKDE, R. B. 2008. Flavonoids as nutraceuticals: a review. In *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 7, 2008, no. 3, p. 1089-1099.
- TAVANI, A., SPERTINI, L., BOSETTI, C., PARPINEL, M., GNAGNARELLA, P., BRAVI, F., PETERSON, J., DWYER, J., LAGIOU, P., NEGRI, E., LA VECCHIA, C. 2006. Intake of specific flavonoids and risk of acute myocardial infarction in Italy. In *Public Health Nutrition*, vol. 9, 2006, no. 3, p. 369-374.
- TERUYO, M., AIKO, U., NORIKO, K., MASATAKA, I. 2002. Daily intake of flavonoids by school children. In *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*, vol. 55, 2002, no. 5, p. 269-273.
- TIAN, X. J., YANG, X. W., YANG, X., WANG, K. 2009. Studies of intestinal permeability of 36 flavonoids using Caco-2 cell monolayer model. In *International Journal of Pharmaceutics*, vol. 367, 2009, no. 1-2, p. 58-64.
- THOMPSON, L. U. 1993. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. In *Food Research International*, vol. 26, 1993, no. 2, p. 131-149.
- TRIPOLI, E., LA GUARDIA, M., GIAMMANCO, S., DI MAJO, D., GIAMMANCO, M. 2007. Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. In *Food Chemistry*, vol. 104, 2007, no. 2, p. 466-479.
- VAN DER SCHOUW, Y. T., KREJKAMP-KASPERS, S., PEETERS, P. H. M., KEINAN-BOKER, L., RIMM, E. B., GROBBEE, D. E. 2005. Prospective study on usual dietary phytoestrogen intake and cardiovascular disease risk in western women. In *Circulation*, vol. 111, 2005, no. 4, p. 465-471.
- VISKUPIČOVÁ, J., ONDREJOVIČ, M., ŠTURDÍK, E. 2008. Bioavailability and metabolism of flavonoids. In *Journal of Food and Nutrition Research*, vol. 47, 2008, no. 4, p. 151-162.
- VORSA, N., VVEDENSKAYA, I. O., HUANG, M. T., ROSEN, L. R. S. L. 2007. Anti-inflammatory cranberry flavonol extract preparations. United States Patent 7270837.
- WALLE, T. 2004. Absorption and metabolism of flavonoids. In *Free Radical Biology & Medicine*, vol. 36, 2004, no. 7, p. 829-837.
- WANG, L., LEE, I. M., ZHANG, S. M., BLUMBERG, J. B., BURING, J. E., SESSO, H. D. 2009. Dietary intake of selected flavonols, flavones, and flavonoid-rich foods and risk of cancer in middle-aged and older women. In *The American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 89, 2009, no. 3, p. 905-912.
- WICZKOWSKI, W., NEMETH, K., BUCIŃSKI, A., PISKUŁA, M. K. 2003. Bioavailability of quercetin from flesh scales and dry skin of onion in rats. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 12/53, 2003, no. SI 1, p. 95-99.
- WICZKOWSKI, W., PISKUŁA, M. K. 2004. Food Flavonoids. In *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 13/54, 2004, no. SI 1, p. 101-114.
- YANG, G., SHU, X. O., LI, H., CHOW, W. H., JI, B. T., ZHANG, X., GAO, Y. T., ZHENG, W. 2007. Prospective cohort study of green tea consumption and colorectal cancer risk in woman. In *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention*, vol. 16, 2007, no. 6, p. 1219-1223.
- YAO, L. H., JIANG, Y. M., SHI, J., TOMÁS-BARBERÁN, F. A., DATTA, N., SINGANUSONG, R., CHEN, S. S. 2004. Flavonoids in foods and their health benefits. In *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 59, 2004, no. 3, p. 113-122.
- YAO, H., XU, W., SHI, X., ZHANG, Z. 2011. Dietary flavonoids as cancer prevention agents. In *Journal of Environmental Science and Health. Part C, Environmental Carcinogenesis & Ecotoxicology Reviews*, vol. 29, 2011, no. 1, p. 1-31.
- ZAMORA-ROS, R., ANDRES-LACUEVA, C., LAMUELA-RAVENTÓS, R. M., BERENGUER, T., JAKSZYN, P., BARRICARTE, A., ARDANAZ, E., AMIANO, P., DORRONSORO, M., LARRAÑAGA, N., MARTÍNEZ, C., SÁNCHEZ, M. J., NAVARRO, C., CHIRLAQUE, M. D., TORMO, M. J., QUIRÓS, R., GONZÁLEZ, C. A. 2010. Estimation of dietary sources and flavonoid intake in a Spanish adult population (EPIC-Spain). In *Journal of The American Dietetic Association*, vol. 110, 2010, no. 3, p. 390-398.
- ZHAO, D., QI, Y., ZHENG, Z., WANG, Y., ZHANG, X. Y., LI, H. J., LIU, H. H., ZHANG, X. T., DU, J., LIU, J., 2011. Dietary factors associated with hypertension. In *Nature Reviews. Cardiology*, vol. 8, 2011, no. 8, p. 456-465.

#### Acknowledgments:

This article was part of the project funded by the Agency of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of The Slovak Republic for EU Structural Funds entitled "Evaluation of natural substances and their choice for the prevention and treatment of lifestyle diseases" (ITMS 26240220040).

#### Contact address:

Mgr. Martina Danihelová, Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Department of nutrition and food assessment, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, 02/59325400, E-mail: martina.danihelova@stuba.sk.

doc. Ing. Ernest Šturdík, CSc., Institute of Biochemistry, Nutrition and Health Protection, Department of nutrition and food assessment, Faculty of Chemical and Food Technology, Slovak University of Technology in Bratislava, Radlinského 9, 812 37 Bratislava, Slovakia, 02/59325524, E-mail: ernest.sturdik@stuba.sk.