

Gyümölcs- és zöldséglevék polifenol-tartalma és *in vitro* antioxidáns tulajdonságai

Dr. Lugasi Andrea

ÖSSZEFOGLALÓ

NAPJAINKBAN A NÖVÉNYI EREDETŰ POLIFENOLOK VEgyÜLETEK A TudomÁnyos ÉRDEKLŐDÉS KözÉPPONTJÁBAN ÁLLNAK JELENTŐS ANTIOXIDÁNS ÉS SZABAD-GYÖK-BEFOGÓ Tulajdonságaik miatt. A népszerű italok, mint a kávé, a tea, a sör, a bor, a zöldség- és gyümölcslevék mind tartalmaznak kisebb-nagyobb mennyiségben polifenolos vegyületeket. Jelen vizsgálatban húszféle gyümölcs- és hétféle zöldséglé polifenol-tartalmát és *in vitro* antioxidáns tulajdonságait tanulmányoztuk. A gyümölcslevék polifenol-tartalma 137–5680 mg l⁻¹ tartományban volt, a zöldséglevék esetében pedig 255 és 969 mg l⁻¹ közötti értékeket mértünk. Valamennyi minta első- és másodrendű antioxidánsként viselkedett az alkalmazott vizsgálati rendszerekben, és szignifikáns összes antioxidáns kapacitás (TAS) értékkel rendelkezett. A vizsgált antioxidáns tulajdonságok szoros összefüggést mutattak a minták összes polifenol-tartalmával.

INHALT

HEUTZUTAGE STEHEN DIE POLIFENOL VERBINDUNGEN PFLANZLICHEN URSPRUNGS IM MITTELPUNKT DES WISSENSCHAFTLICHEN INTERESSES WEGEN IHRER BEDEUTENDEN REDUZIERENDEN FÄHIGKEIT UND IHREN DIE FREIEN LIBERALEN AUFNEHMENDEN EIGENSCHAFTEN. ALLE POPULÄREN GETRÄNKE WIE KAFFEE, TEE, BIER, WEIN, DIE GEMÜSE- UND OBSTSAFTE BEINHALTEN POLIFENOL VERBINDUNGEN IN KLEINEREN ODER GRÖßEREN MENGE. IN VORLIEGENDER STUDIE HABEN WIR DEN

POLIFENOL INHALT UND DIE IN VITRO REDUZIERUNGS-EIGENSCHAFTEN ZWANZIG VERSCHIEDENER OBST- UND GEMÜSESÄFTE UNTERSUCHT. DER POLIFENOL INHALT DER FRUCHTSÄFTE LAG IM BEREICH VON 137–5680 >MG L⁻¹, IMFALLE DER GEMÜSESÄFTE HABEN WIR WERTE IN HÖHE VON 255 UND 969 MG L⁻¹ GEMESSEN. ALLE MUSTER HABEN SICH IN DEN ANGEWANDTEN SYSTEMEN ALS REDUZIERUNGSMITTEL ERSTEN UND ZWEITEN RANGES VERHALTEN UND ÜBER EINE BEDEUTENDE GESAMTREDUZIERUNGSKAPAZITÄT (TAS) VERFÜGT. DIE UNTERSUCHTEN REDUKTIONS-EIGENSCHAFTEN WIESEN EINEN ENGEN ZUSAMMENHANG AUF MIT DEM GESAMT-POLIFENOL-INHALT DER MUSTER.

SUMMARY

RECENT INTEREST IN FOOD PHENOLICS HAS INCREASED GREATLY, BECAUSE OF THEIR ANTIOXIDANT AND FREE RADICAL SCAVENGING ABILITIES. POPULAR BEVERAGES IN THE WORLD INCLUDE TEA, COFFEE, COCOA, BEER, WINE AND FRUIT/VEGETABLE JUICES. ALL OF THESE BEVERAGES CONTAIN PHENOLIC COMPOUNDS. IN PRESENT STUDY TOTAL POLYPHENOL CONTENT AND IN VITRO ANTIOXIDANT PROPERTIES WERE INVESTIGATED IN TWENTY FRUIT JUICES AND SEVEN VEGETABLE JUICES. THE CONCENTRATION OF POLYPHENOLS WAS BETWEEN 137 AND 5680 MG L⁻¹ IN FRUIT JUICES AND BETWEEN IN 255 AND 696 MG L⁻¹ IN VEGETABLE ONES. ALL SAMPLES EXHIBITED SIGNIFICANT ANTIOXIDANT PROPERTIES SUCH AS HYDROGEN-DONATING ABILITY, REDUCING POWER, AND TOTAL ANTIOXIDANT STATUS (TAS). THESE ANTIOXIDANT PROPERTIES STRONGLY CORRELATED WITH THE TOTAL POLYPHENOL CONTENT OF THE BEVERAGES.

Bevezetés

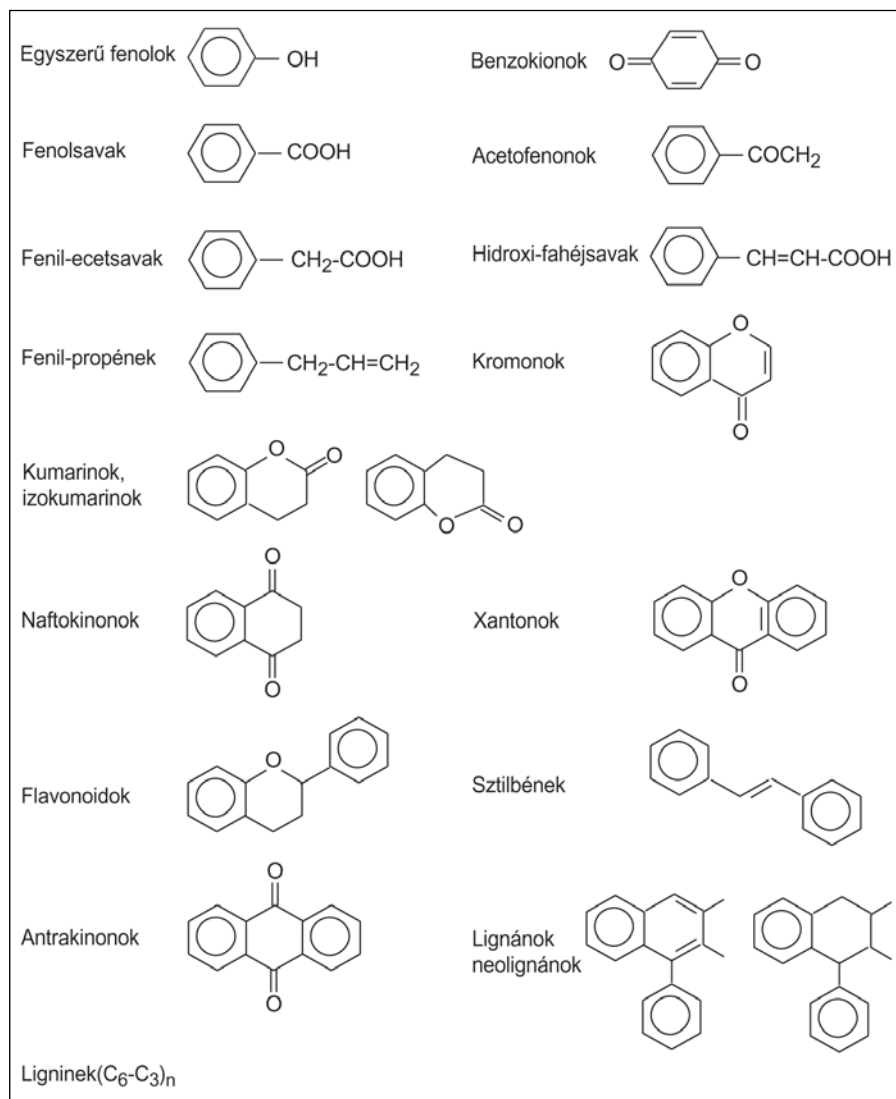
Hosszú időn keresztül a polifenolos vegyületeket, elsősorban a tanninokat, antinutritív komponensekként tartotta számon a szakirodalom, mivel a makromolekulákhoz, főként a fehérjékhez kötődve gátolják azok felszívódását, illetve kedvezőtlenül befolyásolják az emésztőenzimek működését is. Napjainkban azonban e vegyületcsoport a tudományos érdeklődés középpontjába került, mivel számos epidemiológiai és experimentális vizsgálat eredménye támasztja alá egészségvédő és betegségmegelőző szerepüket. E kedvező élettani tulajdonságaikban antioxidáns jellemzőik és szabadgyök-befogó képességük alapvető szerepet játszik. A polifenolos vegyületek a növényi metabolizmus szekunder termékei, elsődlegesen a növényi sejt védelmét látják el a különböző külső károsító tényezőkkel szemben. A polifenolok az egész növényvilágban valamennyi növényi szervben ubikviter megtalálhatók, rendkívül változatos szerkezettel. A természetes polifenolok közé tartozik az egyszerű fenoloktól a magas polimerizált tanninokig több, mint 8000-féle vegyület, melyek kémiai szerkezete ismert, képződésük két szintézisúton – a sikimát vagy acetát úton – keresztül valósul meg (Harborne, 1993).

A polifenolos vegyületek elsősorban konjugált formában fordulnak elő, egy vagy több cukormolekula kapcsolódhat a különböző helyzetben lévő hidroxil csoportokhoz, jóllehet az aromás gyűrűhöz való közvetlen kapcsolódásra is található példa. Harborne (1989) a polifenolos vegyületeket kémiai szerkezetük alapján 10 csoportra osztotta (1. ábra). A flavonoidok, melyek a polifenolos vegyületek táplálkozásélettani szempontból legjelentősebb képviselői, további 13 alcsoportra oszthatók, mintegy 6000 különböző, ismert szerkezetű komponenssel (2. ábra) (Harborne, 1993, Bravo, 1989).

A polifenolok kisebb-nagyobb koncentrációban valamennyi növényi élelmiszerben megtalálhatók. A genetikai háttér (fajta), a környezeti (termesztési, éghajlati) hatások mellett a csírázás feltételei, az érettségi állapot, a feldolgozási és tárolási körülmények rendkívüli módon befolyásolják az élelmiszerként is szolgáló növényi részek polifenol-tartalmát (Hermann, 1988, Mazza, 1995, Peleg et al, 1991). Részben a polifenolos vegyületek felelősek a növényi élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaiért, például az adsztrinzens hatás és a keserű íz elsősorban a polifenoloknak köszönhető, de számos vegyületcsoport, mint a citrusflavonoidok, vagy az antocianidinek, színező komponensek is.

A legtöbb polifenolos vegyület erőteljes antioxidáns hatást mutat a molekulában jelenlévő konjugált π -electron rendszer miatt, amely lehetővé teszi az elektronok vagy a hidrogénatomok donációját a hidroxil csoportokról a különböző szabad gyökök felé (Bors és Saran, 1987). Az antioxidáns hatékonyság sztöchiometriáját (egy fenolos molekula hány szabad gyököt képes semlegesíteni) és reakció-kinetikáját (a sebesség, mellyel a szabad gyök semlegesítődik) illetően nagy az egyes komponensek közötti eltérés. Ezeket a jellemzőket a kémiai szerkezet, a hidroxil csoportok száma és helyzete, illetve az a tulajdonság, hogy a párosítatlan elektron milyen mértékben delokalizálódik az átmeneti, oxidált molekulán keresztül, alapvetően meghatározza. A legtöbb polifenolos molekula hatékonyan képes befogni a hidroxil és peroxil gyököket (Manach et al., 1996). Számos vegyület, elsősorban a flavonoidok, az átmeneti fémionok hatékony kelátorai, ezzel a tulajdonságukkal csökkentik a Fenton- és Haber-Weiss reakcióban keletkező aktív oxigén intermedierek számát (Shahidi és Wanasundara, 1992). Ráadásul e vegyületek megőrzik antioxidáns és szabadgyök-befogó kapacitásukat a flavonoid-fémion-komplex kialakulása után is (Afanas'ev et al., 1989).

A polifenolos komponensek iránti egyre fokozódó érdeklődés a vegyületek



1. ábra A polifenolos vegyületek csoportjai

antioxidáns, antimutagén, antikarcinogén, gyulladáscsökkentő, immunstimuláns, hepatoprotektív, és számos egyéb kedvező életteni tulajdonságaival magyarázható. Epidemiológiai tanulmányok mutattak rá a jelentős polifenol-bevitel és az egyes civilizációs megbetegedések (kardiovaszkuláris elváltozások, bizonyos típusú daganatok) csökkent kockázata között határozott összefüggésekre (Hertog *et al.*, 1993, 1995, Hertog, 1996). A zöldségek és gyümölcsök a kiegyensúlyozott étrend alappillérei, a belőlük készült ivólevek nemcsak szomjoltó, de egészségvédő tulajdonságúak. A zöldségekből, gyümölcsökből kíméletes feldolgozási eljárásokkal nyert italok a különböző bioaktív vegyületek – polifenolok, vitaminok, rostok, mikroelemek – kiváló forrásai. Fogasztásuk az alkoholos, szénsavas, cukorral édesített termékek helyett nagyban hozzájárulhat az egészséges állapot fenntartásához.

Jelen vizsgálat során néhány, a kiskereskedelmi forgalomban kapható hétköznapi, és a szokásosnál nagyobb zöldség- illetve gyümölcshányadú ivólevek polifenol-tartalmát és antioxidáns jellemzőit tanulmányoztuk.

Anyagok és módszerek

Gyümölcs- és zöldséglevek

A vizsgálatok során húszféle gyümölcs- és hétféle zöldségpolifenol-tartalmát és antioxidáns tulajdonságait tanulmányoztuk. A minták egy részét kereskedelmi forgalomból szereztük be, nagyobb hányadát (Dr. Steinberger-féle levek) a RIVAN Kft. bocsátotta rendelkezésünkre. A minták jellemzői az 1. táblázatban láthatók. Rostos minták esetében a vizsgálatok előtt a leveket 2500 rpm-mel 10 percig centrifugáltuk. Az üvegek megnyitása után a vizsgálatokat azonnal elvégeztük.

Kémiai vizsgálatok

A minták polifenol-tartalmát Folin-Denis reagenssel határoztuk meg spektrofotometriásan 760 nm-en, standardként catechint használtunk (AOAC, 1990). Hidrogén-donor aktivitásukat az 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) gyök jelenlétében mértük meg fotometriásan 517 nm-en (Blois, 1958). A DPPH színintenzitásának 50%-os csökkenése alapján számoltuk ki az I₅₀ értékeket. Az alacsonyabb érték nagyobb H-donor aktivitásra utal. A minták redukáló-képességét a Fe³⁺ → Fe²⁺ átalakulás alapján értékeltük és aszkorbinsav ekvivalensben adtuk meg, azaz megállapítottuk, hogy egységnyi mennyiségű minta (1 ml) hány μmol aszkorbinsav redukáló-képességével egyenértékű (Oyaizu, 1986). A teljes antioxidáns hatás (TAS) mérése Radox diagnosztikai készlettel történt COBAS MIRA automata laboratóriumi analízátorral (Miller *et al.*, 1993). A vizsgált minták TAS értékének meghatározásához Troloxot (szintetikus E-vitamin származék, 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilkromán-2-karboxilsav) használtunk standardként.

Eredmények

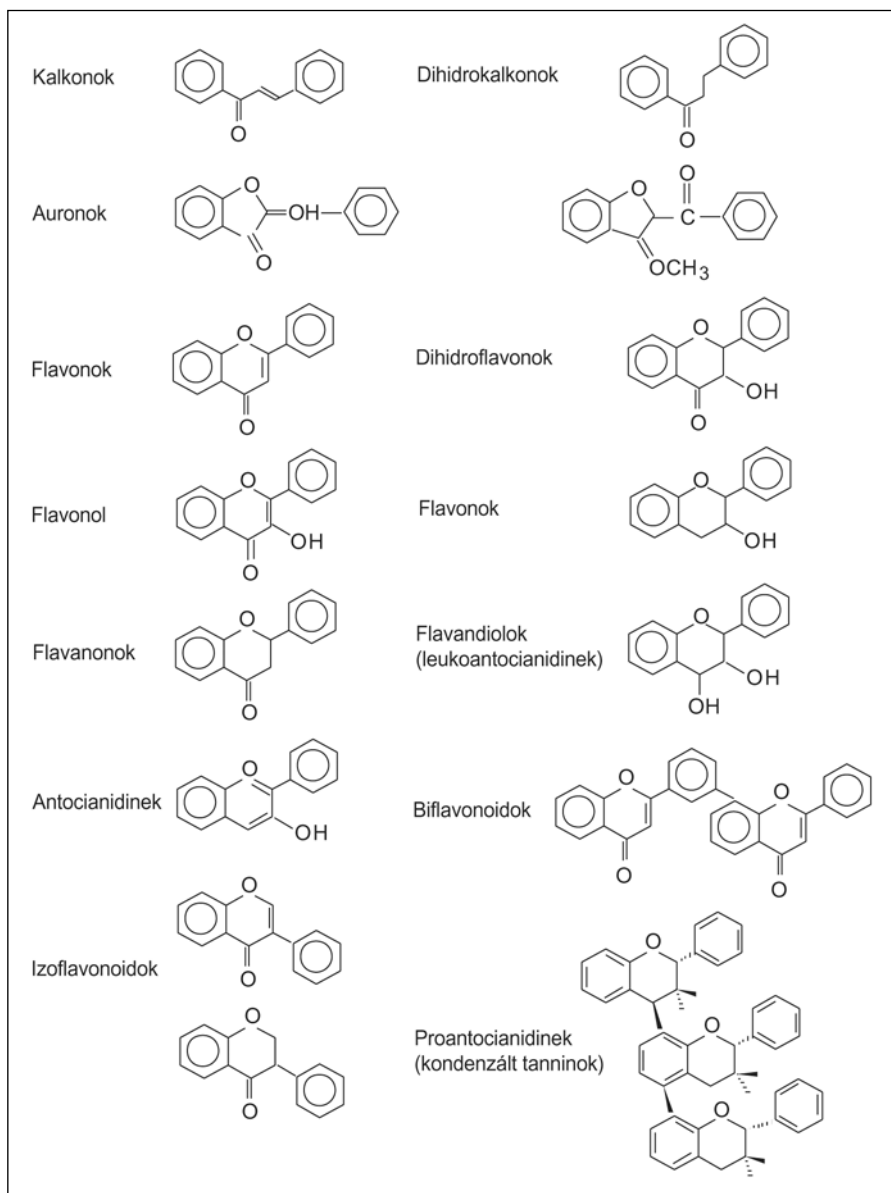
A vizsgált minták kisebbik része a kereskedelmi forgalomból származó, kommersz gyümölcs- és zöldség-, nagyobbik hányada 95–100% gyümölcs- vagy zöldségtartalmú termék. A polifenolos vegyületek és az antioxidáns tulajdonságok értékelése során ezt a tényt érdemes szem előtt tartani. A vizsgált minták polifenol-tartalma és antioxidáns jellemzői a 2. táblázatban láthatók.

Jelentős mennyiségben tartalmaztak polifenolos vegyületeket a bodzából, a kékszlőlőből, a fekete ribizliből, a szilvából, aszalt szilvából és a vegyes gyümölcsökből nyert levek. A bodzale polifenol-tartalma volt a legmagasabb, közel 6000 mg/l. A feketebodza és a belőle nyert termékek más szőlők szerint is jelentős mennyiségben tartalmaznak polifenolos komponenseket (Stefanoits-Bányai *et al.*, 2004). A kékszlőlő, a fekete ribizli és a vegyes gyümölcslevek 600–1000 mg/l körüli értékeket mutattak, a körte, és az ananász levek polifenol-tartalma nem haladta meg a 700 mg/l-t. A kékszlőlő és az ananász levek esetében jól látható a különbség a 95–100% gyümölcshányadú és a kommersz termékek között. Az öt különböző eredetű kékszlőlőlé közül a 4. jelű, 14% gyümölcstartalmú minta nagyon eltérően alacsony polifenol-tartalmával. A 3. jelű, a termék címkéje szerint

szintén 14%-os kékszőlőlé négyszeres mennyiségben tartalmaz polifenolos komponenseket. A gyümölcslevek polifenol-tartalmát tehát nem csak a gyümölcshányad, hanem a kiindulási gyümölcs összetétele is befolyásolja, amely azonban nagyrészt fajta-függő. Ez a jelenség megmutatkozik a fekete ribizke levek esetében is, hiszen a kisebb gyümölcshányadú 7. jelű minta polifenol-tartalma magasabb, mint a százalékosan több gyümölcsöt tartalmazó 6. jelű mintáé. A két ananászlé közötti jelentős különbség elsősorban az eltérő gyümölcstartalom következménye.

A zöldséglevelek közül a cékla és a különböző zöldségfélék keverékéből készült levek rendelkeztek viszonylag magas, mintegy 300–600 mg/l polifenoltartalommal, a sárgarépa és a savanyú káposzta leve alacsony polifenol-tartalmat mutatott. A gyümölcsökből és a zöldségekből készült levek között érzékelhető a különbség a polifenolos komponensek mennyiségét tekintve, az előbbieket összességében nagyobb polifenol-tartalommal rendelkeznek.

Valamennyi vizsgált minta jól értékelhető antioxidáns tulajdonságokat mutatott. A zöldség- és gyümölcslevelekben jelenlévő bioaktív vegyületek elsődű, vagyis láncmegszakító antioxidánsok, mivel hidrogén-donorként képesek viselkedni a lipidperoxidációs folyamatokban. Erre utal a minták hidrogén-donor aktivitása, melyet az I_{50} értékkel jellemeztünk, vagyis azzal a mintamennyiséggel, amely a DPPH gyök színintenzitását 50%-kal csökkenti. Minél kisebb az érték, annál erősebb a hatás. A vizsgált minták közül a gyümölcslevek jelentősebb hidrogén-donor aktivitást mutattak, mint a zöldségekből származóak. Legerősebb elsődű antioxidáns hatású minta a bodzabogyóból készült lé volt a legalacsonyabb I_{50} értékkel (2,7 μ l). Intenzív első rendű antioxidánsként képesek funkcionálni még a kékszőlőből, a fekete ribizkéből és a szilvából nyert levek, valamint egyes vegyes gyümölcslevek. A különböző minőségű, kékszőlő és ananász alapú levek közötti jelentős eltérések a hidrogén-donor aktivitás értékekkel kapcsolatosan is megmutatkoztak. A kis polifenol-tartalmú 4. jelű kékszőlőlé minta rendkívül gyenge elsődű antioxidáns volt, de az összes vizsgált gyümölcslé közül a kereskedelmi eredetű, 13. jelű ananászlé mutatta a legkisebb hatást ($I_{50} = 915 \mu$ l). A zöldségek közül a céklalé volt a legerősebb elsődű antioxidáns ($I_{50} = 12,4 \mu$ l), a vegyes zöldséglevek és a spárga+zeller lé közepes érté-



2. ábra A flavonoidok alcsoportjai

ketek mutattak, gyenge elsődű antioxidánsnak bizonyult a sárgarépa és a savanyú káposzta leve és egy vegyes zöldséglé ($I_{50} \cong 300 \mu$ l).

A vizsgált levek legtöbbje jelentős redukálóképességgel rendelkezett, ami azt jelenti, hogy másodrendű, azaz preventív antioxidánsként is képesek funkcionálni a lipidperoxidáció gátlásában. A másodrendű antioxidánsok a folyamat két szakaszában fejthetik ki kedvező hatásukat. Egyrészt megakadályozhatják az iniciációt, a lipidperoxidáció beindulását azáltal, hogy önmaguk reagálnak az iniciáló ágenssel; másrészt a reakciók során keletkező oxidált, potenciálisan károsító vegyületeket redukálhatják kevésbé reakcióképes komponensekké. A minták redukáló-képességét nemcsak a polifenolos vegyületek, hanem egyéb, redukáló hatású molekulák, például az aszkorbin-

sav jelenléte is befolyásolja. A H-donor aktivitás értékekhez hasonlóan a bodzale rendelkezett legjelentősebb hatással: 1 ml minta ugyanakkora hatást fejt ki, mint 16,3 μ mol aszkorbinsav. Természetesen jó eredményeket mutattak még a kékszőlőből, a fekete ribizkéből, a szilvából nyert levek, és némely vegyes gyümölcslé. A magas gyümölcshányaddal rendelkező és a kommersz kékszőlő és ananászlevek között a redukálóképesség tekintetében is jól láthatóak az eltérések. Nagyon gyenge másodrendű antioxidáns a 4. jelű kékszőlőlé és a 13. jelű ananászle. A zöldségek közül egyértelműen a céklából nyert ivólé volt a leghatékonyabb másodrendű antioxidáns: 1 ml minta 8,76 μ mol aszkorbinsav redukálóképességével volt egyenértékű. Az egyéb zöldséglevek gyenge másodrendű antioxidánsok. Külön érdemes figyelmet for-

1. táblázat A vizsgált gyümölcs- és zöldséglevelek jellemzői

No.	Összetétel	Gyümölcs/zöldség hányad %	Eredet
1.	Kékszőlő 1.	100	Dr. Steinberger
2.	Kékszőlő 2.	100	Saját préselés
3.	Kékszőlő 3.	14	Bravo
4.	Kékszőlő 4.	14	Hey-Ho
5.	Kékszőlő 5.		Pölz
6.	Fekete ribizke 1.	35	Dr. Steinberger
7.	Fekete ribizke 2.	25	Bravo
8.	Fekete ribizke 3.		Pölz
9.	Bodza bogyó	75	Dr. Steinberger
10.	Aszalt szilva	–	Dr. Steinberger
11.	Szilva	55	Pölz
12.	Ananász 1.	100	Dr. Steinberger
13.	Ananász 2.	60	Hey-Ho
14.	Körte	–	Top-Joy
15.	Zöld tea almaecettel	–	Dr. Steinberger
16.	Vegyes gyümölcs 1.: alma, szőlő, bodza bogyó, citrom, acerola, bodza virág, fűszerek és méz	98	Dr. Steinberger
17.	Vegyes gyümölcs 2.: körte, narancs, grapefruit, maracuja, mango, banán, guanaba és sárgabarack + vitaminok (C, E, B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₁₂ , niacin, biotin, folsav, pantoténsav, β-karotin)	99.6	Dr. Steinberger
18.	Vegyes gyümölcs 3.: alma, szőlő, maracuja, citrom, narancs, banán + vitaminok (C, E, B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₁₂ , biotin, folsav, pantoténsav, β-karotin)	99.6	Dr. Steinberger
19.	Vegyes gyümölcs 4.: szőlő, alma, körte, narancs, passion fruit, datolya, füge, aszalt szilva, búzakorpa, lenmag + vitaminok (C, E, A, B ₁ , B ₂ , B ₆ , B ₁₂ , niacin, biotin, folsav, pantoténsav, β-karotin)	95	Dr. Steinberger
20.	Vegyes gyümölcs 5.: narancs, alma, őszibarack, acerola, sárgarépa, búzakorpa + vitaminok (β-karotin, E vitamin)	99	Dr. Steinberger
21.	Cékla	100	Dr. Steinberger
22.	Sárgarépa	100	Dr. Steinberger
23.	Savanyú káposztalé	–	Dr. Steinberger
24.	Spárga + zeller	100	Dr. Steinberger
25.	Vegyes zöldség 1.: paradicsom, sárgarépa, cékla, zeller, fűszerek (kapor, bazsalikom, kömény, petrezselyem), uborka, hagyma, savanyú káposzta, édes paprika	100	Dr. Steinberger
26.	Vegyes zöldség 2.: paradicsom, paradicsomhép, sárgarépa, cékla, zeller, hagyma, uborka, savanyú káposzta, édes paprika, fűszerek (petrezselyem, kapor, kömény), búzakorpa	95	Dr. Steinberger
27.	Vegyes zöldség 3.: sárgarépa, zeller, cékla, hagyma, uborka, citromlé	100	Dr. Steinberger

dítani a rendkívül gyenge redukáló-képességet mutató savanyú káposztalére. Úgy tartjuk, hogy az erjedési folyamatok eredményeként a savanyú káposzta jelentős mennyiségben tartalmaz aszkorbinsavat, ezért kiváló C-vitamin forrás. Jelen vizsgálatunkban ugyan nem határoztuk meg a káposztalé C-vitamin-tartalmát, de a rendkívül gyenge redukáló-képességet látva, úgy tűnik, hogy a mintában nem lehet számottevő mennyiségű aszkorbinsav.

A totál antioxidáns státusz jellemzésére használt TAS érték is nagy változást mutatott. Nem kétséges, hogy legnagyobb TAS értékkel a bodzalé rendelkezett (37,5 μmol/l), alacsonyabb, de jelentős értékeket mutattak a szilva, a kékszőlő és a fekete ribizke levek. Nagyon alacsony TAS érték volt jellemző a kommersz ananászlére, valamint a céklalé kivételével a zöldséglevekre.

A vizsgált gyümölcs- és zöldséglevelek hidrogén-donor aktivitását, redukálóké-

pességét és teljes antioxidáns hatását a polifenol-tartalom jelentősen befolyásolja. A polifenol-tartalom és az antioxidáns jellemzők között szoros szignifikáns korrelációt mutattunk ki, az összefüggéseket leíró görbék jellemzői a 3. táblázatban láthatók. A polifenol-tartalom és a H-donor aktivitás közötti összefüggést – a mérőszám speciális kiszámolási módjából következően – egy hatványfüggvény írja le legszorosabb korrelációval. Ha a H-donor aktivitás értékeinek reciprokával vizsgáljuk meg az összefüggést, akkor lineáris és igen szoros a kapcsolat a polifenol-tartalom és az antioxidáns tulajdonság között. A polifenol-tartalom és redukálóképesség, valamint a TAS értékek között szignifikáns lineáris összefüggés mutatható ki. A polifenol-tartalom és a redukálóképesség között a korrelációs együttható értéke kisebb, mint a többi jellemző esetében. Ez valószínűleg azzal van összefüggésben, hogy míg a másik két anti-

oxidáns jellemző értékeit csaknem kizárólag a polifenol-tartalom határozza meg, addig a redukáló hatás kialakításában más komponensek, például az aszkorbinsav is közrejátszik. Nem szabad tehát megfeledkeznünk az egyéb jelenlévő értékes vegyületekről sem, hiszen számos gyümölcsle, a savanyú káposztalé magas C-vitamin tartalommal rendelkezhet, a sárgarépalében, a vegyes gyümölcslevelekben a β-karotin, egyéb karotinoidok, a paradicsomot is tartalmazó ivólevekben likopin, a káposztalékben a glükozinolatok hidrolízis termékei is jelentős antioxidáns hatást mutathatnak. A vegyes zöldséglevelek egy részét a gyártók búzakorppal, egyéb rostforrással egészítették ki, ezek a gabonaszármazékok is tartalmazhatnak olyan vegyületeket, melyek antioxidáns hatást fejtenek ki.

Összefoglalásként megállapíthatjuk, hogy a gyümölcs- és zöldséglevelek a polifenolos vegyületek kiváló forrásai lehetnek, amennyiben elég nagy a gyümölcshányad és a kiindulási anyag is jelentős mennyiségben tartalmazza ezeket a vegyületeket. Ismeretes, hogy a zöldségek és gyümölcsök polifenol- és flavonoid-tartalmát a növény fajtája, a termesztési feltételek, az időjárási tényezők rendkívüli módon befolyásolják, így azonos gyümölcshányad mellett is jelentős eltérések lehetnek a levek polifenol-tartalmában. A feldolgozási folyamat, illetve az azt megelőző tárolás körülményei is jelentősen befolyásolhatják a termék polifenol-tartalmát, így antioxidáns tulajdonságait is. A legtöbb polifenolos vegyület nem hőérzékeny, ezért a feldolgozás során bekövetkező veszteség elsősorban az oxidáció, illetve a polifenol-oxidáz enzim működésének eredménye. A vizsgált gyümölcs- és zöldséglevelek többsége kiváló antioxidáns tulajdonságokat mutatott, a különböző vizsgálati rendszerekben első- és másodrendű antioxidánsként funkcionáltak. Az antioxidáns tulajdonságok és polifenol-tartalom között szoros az összefüggés, de más vegyületek is erősíthetik a zöldség- és gyümölcslevelek antioxidáns hatásait. Általánosságban elmondható, hogy a gyümölcslevelek jelentősebb antioxidáns hatást képesek kifejteni, mint a zöldségekből nyert levek. Lényeges kiemelni, hogy a vizsgált gyümölcslevelek közül jelentősebb antioxidáns hatást képviseltek a magas antocianin-tartalmú növényekből nyert minták, úgymint bodza, kékszőlő, fekete ribizke, szilva. Jelen munkánk során a meghatározások nem terjedtek ki a hazai lakosság által leggyakrabban fo-

gyasztott alma, fehér szőlő, narancs, őszibarack és paradicsomlevekre, ezért az összefüggések jobb megismerése érdekében a vizsgálatok kibővítése további mintákkal mindenképpen szükséges.

Köszönetnyilvánítás

A vizsgálatokat az 1/016/2001. sz. NKFP (Széchenyi), valamint a T 043537 sz. OTKA pályázat keretében végeztük el. A minták egy részét (Dr. Steinberger levek) a RIVAN Kft. biztosította, a TAS vizsgálatokat az OÉTI Táplálkozás-egészségügyi Főosztály munkatársai végezték el, Dr. Antal Magda főosztályvezető szíves hozzájárulásával. Az előbbieken felsoroltak segítségéért a szerző köszönetét fejezi ki.

Hivatkozások

Afanas'ev, I. B., Dorozkko, A. I., Brodskii, A. V., Kostyuk, V. A., Potapovitsch, A. I. Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. *Biochem. Pharmacol.* 1989, 38, 1763–1769.

AOAC Official Methods of Analysis. 15th edition, Arlington USA 952.03/A-C, 1990.

Blois, M. S. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 1958, 4617, 1198–1200.

Bors, W., Saran, M. Radical scavenging by flavonoid antioxidants. *Free Rad. Res. Comms.* 1987, 11, 289–294.

Bravo, L. Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutr. Rev.* 1998, 56, 317–333.

Harborne, J. B. Methods in plant biochemistry, I: Plant phenolics. Academic Press, London, UK 1989.

Harborne, J. B. The flavonoids: advances in research since 1986. Chapman & Hall, London, UK 1993.

Hermann, H. Z. On the occurrence of flavonol and flavone glycosides in vegetables. *Lebensm. Unters. Forsch.* 1988, 186, 1–5.

Hertog, M. G. L. Epidemiological evidence on potential health properties of flavonoids. *Proc. Nutr. Soc.* 1996, 55, 385–397.

Hertog, M. G. L., Hollman, P. C., Katan, M. B., Kromhout, D. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in Netherlands. *Nutr. Cancer* 1993, 20, 21–29.

Hertog, M.G.L., Kromhout, D., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Fidanza, F., Giampaoli, S., Jansen, A., Menotti, A., Nedeljkovic, S., Pekkarinen, M., Simic, B.S., Toshima, H., Feskens, E.J.M., Hollman, P.C.H., Katan, M.B. Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the Seven Countries Study. *Arch. Int. Med.* 1995, 155, 381–386.

Manach C., Regerat, F., Texiero O., Agullo, G., Demigne, C., Remesy, C. Bioavailability, metabolism and physiological impact of 4-oxo-flavonoids. *Nutr. Res.* 1996, 16, 517–544.

2. táblázat Gyümölcs- és zöldséglevelek polifenol-tartalma és antioxidáns tulajdonságai

No.	Név	Összes polifenol (mg l ⁻¹) ¹	H-donor aktivitás I ₅₀ (μl) ²	Redukáló-képesség (ASE ml ⁻¹) ³	TAS (mmol l ⁻¹) ⁴
1.	Kékszőlő 1.	980	10,5	7,34	5,80
2.	Kékszőlő 2.	680	57,9	2,75	0,50
3.	Kékszőlő 3.	560	39,6	2,75	1,70
4.	Kékszőlő 4.	137	132	1,14	0,62
5.	Kékszőlő 5.	960	9,1	7,69	5,10
6.	Fekete ribizke 1.	909	7,4	7,97	10,0
7.	Fekete ribizke 2.	1228	10,2	5,46	6,90
8.	Fekete ribizke 3.	1400	9,3	10,8	7,60
9.	Bodzapogyó	5680	2,7	16,3	37,5
10.	Szilva	1260	10,3	9,0	6,40
11.	Aszalt szilva	1807	7,8	10,9	12,4
12.	Ananász 1.	674	74,8	3,54	2,50
13.	Ananász 2.	159	915	1,36	0,19
14.	Körte	541	61,2	2,74	1,52
15.	Zöldtea	583	31,5	1,54	1,55
16.	Vegyés gyümölcs 1.	537	22,4	6,46	5,55
17.	Vegyés gyümölcs 2.	920	10,0	5,60	4,10
18.	Vegyés gyümölcs 3.	810	35,0	5,49	1,80
19.	Vegyés gyümölcs 4.	1199	24,1	5,62	2,70
20.	Vegyés gyümölcs 5.	1086	36,9	2,54	2,30
21.	Cékla	529	12,4	8,76	7,95
22.	Sárgarépa	264	320	1,89	0,45
23.	Savanyúkáposzta	255	396	0,98	0,40
24.	Spárga + zeller	360	81,6	3,37	1,20
25.	Vegyés zöldség 1.	316	289	2,61	1,00
26.	Vegyés zöldség 2.	696	61,6	2,74	0,80
27.	Vegyés zöldség 3.	550	94,5	2,33	0,70

¹Összes polifenol-tartalom galluszsav ekvivalensben kifejezve.
²I₅₀ az a mintamennyiség (ml), amely szükséges a DPPH gyök 50%-os színintenzitás-gátlásához.
³A redukáló-képesség aszkorbinsav ekvivalensben megadva. 1 ml minta ugyanakkora redukáló-képességgel rendelkezik, mint az adott mennyiségű aszkorbinsav mmol-ban kifejezve.
⁴Totál antioxidáns státusz (TAS) Radox kittel mérve és Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-kromán-2-karboxilsav) ekvivalensben kifejezve.

3. táblázat A polifenol-tartalom és az antioxidáns tulajdonságok közötti összefüggések jellemzői

Jellemzők	Az összefüggést leíró görbe egyenlete	Korreláció	Szignifikancia
Polifenol-tartalom – H-donor aktivitás	y = 819215x ^{-1,5287}	R ² = 0,7157 R = 0,8460	p < 0,05
Polifenol-tartalom – 1/(H-donor aktivitás)	y = 12461x + 185,86	R ² = 0,8461 R = 0,9198	p = 1,18×10 ⁻¹¹
Polifenol-tartalom – redukáló-képesség	y = 0,0029x + 2,5193	R ² = 0,6780 R = 0,8234	p = 7,72×10 ⁻⁷
Polifenol-tartalom – TAS	y = 0,0067x – 1,4785	R ² = 0,9517 R = 0,9057	p = 9,17×10 ⁻¹³

Mazza, G. Anthocyanins in grapes and grape products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1995, 35, 341–371.

Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan V., Milner, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 1993, 84, 407–412.

Oyaizu, M. Studies on products of browning reaction: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn. J. Nutr.* 1986, 44, 307–315.

Peleg, H., Naim, M., Rouseff, R. L., Zehavi, U. Distribution of bound and free phenolic acid in oranges (Citrus sinensis) and grapefruits (Citrus paradisi). *J. Sci. Food Agric.* 1991, 57, 417–426.

Shahidi, F., Wanasundara, P. K. Phenolic antioxidants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 1992, 32, 67–103.

Stefanovits-Bányai, É., Schiffler, E., Stéger-Máté, M., Sipos, B.Z., Hegedűs, A. A feketebodza (Sambucus nigra L.) beltartalmi értékeinek és antioxidáns hatásának változása az érés folyamán. *Olaj, Szappan, Kosmetika*, 2004, 53, 1. 33–36.

Szerző: Dr. Lugasi Andrea
 főosztályvezető helyettes
 FJ OKK Országos Élelmezés-
 és Táplálkozástudományi Intézet,
 Budapest