

Természetes antioxidánsok antioxidatív hatásának meghatározása

Lásztity Radomir

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Alkalmazott Biotechnológiai és Élelmiszertudományi Tanszék

Érkezett: 2009. szeptember 30.

A redoxi-folyamatok fontossága az emberi szervezet működése szempontjából, továbbá annak felismerése, hogy egyes betegségek kialakulásában oxidatív károsodások is szerepet játszanak, már régóta ismert. Ugyanez vonatkozik az olyan természetes antioxidánsok, mint a C- és E-vitamin kedvező hatására az oxidatív károsodások megelőzésében. Az élelmiszerekben előforduló természetes antioxidánsok kémiájának és szerepének intenzív kutatása – az egészséges táplálkozás és egészség megóvás szempontjából – csak az utóbbi évtizedben indult meg. Az Európai Unió is több kutatási projektet támogatott, illetve támogat a természetes antioxidánsokkal kapcsolatban (EuroDEFA). Az előbbiekkkel összhangban a természetes antioxidáns(okat) tartalmazó funkcionális élelmiszerek és nutraceutikumok (gyógyszernek nem minősülő étrendkiegészítők) előállításának és forgalmának gyors növekedését tapasztalhatjuk.

Az előzőekben vázoltak nyomán merült fel a kérdés: Hogyan lehet meghatározni egy adott vegyület, funkcionális élelmiszer vagy nutraceutikum antioxidatív hatását? Az antioxidatív hatás mérése lehetővé teszi az egyes élelmiszerek összehasonlítását, a deklarált antioxidatív és egészségvédő hatás ellenőrzését, és általában is befolyásolja az ilyen termékek kereskedelmi forgalmazását.

Ma már nagyszámú ellenőrzési módszer ismeretes és kerül alkalmazásra. A módszerekről több részletes, összefoglaló írás (Arnao et al., 1998; Arouma, 2001; Böhm et al., 2001; Prior et al., 2005; Kuyung et al., 2007; Jon-Kwan-Mon és Takayuki Shibamoto, 2009) ad áttekintést. Ez a publikáció egy rövid történeti áttekintés után csak a legelterjedtebb módszerekkel és a standard módszer(ek) kialakításának nehézségeivel foglalkozik.

Általános módszertani megfontolások

A meghatározási módszer kidolgozását (kiválasztását) számos tényező befolyásolja. Elvileg az a legkedvezőbb helyzet, ha az adott élelmiszer csak egyféle antioxidánst tartalmaz. Ekkor megfelelő kalibrációs görbe segítségével az antioxidáns mennyiségének mérése egyben az antioxidatív hatás mértékének a meghatározását is lehetővé teszi. Ma már kezdenek kialakulni olyan adatbankok, amelyek adott antioxidáns vegyületek antioxidatív hatására, (kapacitására, státusára) vonatkozó számszerű adatokat gyűjtik össze.

Ugyanakkor az alkalmazott mérési módszeren kívül az élelmiszer fizikai szerkezete is befolyással lehet (pl. tiszta zsiradék vagy olaj és emulgeált olaj, esetleg biológiai folyadékban kötött lipid) a mérhető eredményre. A lipid peroxidációt gátló antioxidáns hatástalan lehet a fehérjék vagy nukleinsavak oxidatív károsodásának a megakadályozásában. Az élelmiszerekben előforduló természetes antioxidánsok nagy részben vízoldhatóak, a tisztán lipofil környezetbe nem jutnak be és nem fejtenek ki hatást. Ugyanakkor vizes emulzióban, biológia folyadékban a határfelületeken hatékonyak lehetnek vagy segíthetik a zsíroldható antioxidánst.

Tekintve, hogy a legtöbb élelmiszerben többféle természetes antioxidáns lehet jelen, és ezek mennyiségének külön-külön elvégzett meghatározása időigényes feladat, leggyakrabban az antioxidánsok együttes hatását mérik (természetesen szükséges annak biztosítása, hogy mind a víz- mind a zsíroldható vegyületek bekerüljenek a vizsgálandó mintába). A szakirodalomban egyre több adat gyűlik össze egyes élelmiszerek antioxidatív kapacitására vonatkozóan is (pl. Pellegrini et al., 2003; Wu et al., 2004; USDA, 2007).

Még bonyolultabb a helyzet, ha az a kérdés, hogy az élő szervezetben, in vivo, milyen konkrét hatást fejt ki az adott természetes antioxidáns. A biológiai rendszerben egyidejűleg egy sor antioxidáns vegyület (enzimek mint pl. szuperoxid-diszmutáz, glutation-peroxidáz, kataláz, vitaminok, karotinoidok fenolvegyületek stb.) fordul elő. Mellettük ugyanakkor különböző oxidánsok vannak. A kölcsönhatások sokrétűek, amellet a kölcsönhatás mechanizmusa a szabad gyök és az antioxidáns függvénye. Így pl. a karotin nem különösen hatásos a peroxil gyökök ellen a polifenolokhoz viszonyítva, de kiváló gyökfogó a szinglet oxigén esetében. Így érthető, hogy az antioxidatív hatás jelenlegi gyakorlatban alkalmazott mérési módszerei döntően in vitro módszerek. Azok a

kutatások, amelyek az emésztés és felszívódás után a természetes antioxidáns sorsát követik és a szervezeten belüli konkrét fiziológiai hatást és annak mechanizmusát vizsgálják (bár növekvő számúak), a probléma bonyolultsága miatt még kezdeti stádiumot jelentenek, és elsősorban a biokémiai, fiziológiai, orvosi kutatás számára jelentenek kihívást.

Hagyományos módszerek

Az antioxidatív hatás mérésének igénye először a zsíroknál, olajoknál, nagy zsírtartalmú élelmiszereknél merült fel, mivel előbbiek érzékenysége, az oxidációt követő kellemetlen érzékszervi tulajdonságok kialakulása gyakorlati problémákat okozott. Nem véletlen, hogy ezen a területen terjedt el az antioxidánsok alkalmazása, és alakultak ki gyakorlati módszerek az antioxidatív hatás meghatározására.

A gyakorlatba került módszerek kezdetben az oxidációs folyamattal összefüggő oxigénfelvétel követésével kapcsolódtak össze. Ma már csak a teljesség kedvéért említett lehetőség az elnyelt oxigén mennyiségének manometriás meghatározása (nyomáscsökkenés zárt edényben az oxigén elnyelése miatt). Ennek egyszerűbb módja az oxigénmegkötés folytán bekövetkező tömegnövekedés mérése. Ezzel a tisztán fizikai módszerrel szemben kémiai úton a keletkezett oxigéntartalmú vegyületek mennyisége követhető, elsősorban a peroxidoké (a peroxid-szám a mai napig a leggyakoribb jellemzője a zsírok és olajok oxidatív állapotának).

Az analitikai technikák fejlődése egyre több másodlagos oxidációs termék (pl. malonaldehid) meghatározását teszi lehetővé, ami növeli a lehetséges antioxidatív hatást mérő módszerek számát (tiobarbitúrsav próba, malonaldehid meghatározás HPLC-vel, gázkromatográfiáson).

A hagyományos módszerek közé sorolható a béta-karotin epoxiddá alakításán alapuló eljárás. Az oxidáció a színváltozás révén fotometriáson követhető. Ugyancsak itt említhető meg a konjugált diének keletkezésén (reaktív oxigén vegyületek, angol elnevezéssel ROS= reactive oxygen substances hatására) alapuló eljárás. Ez esetben a dién-képződés követhető 215 nm-en mérve. Antioxidáns jelenlétében az átalakulás kisebb mértékű. Hátránya, hogy ezen a hullámhosszon sok egyéb vegyület zavarhat.

Az oxidatív reakciók gyökös jellegének megismerése a figyelmet a peroxid-képződést megelőző gyökképződés felé terelte. Ezzel párhuzamosan a figyelem központjába a „gyökkfogó” antioxidánsok kerültek. Az ebbe a csoportba sorolt antioxidánsok nagy része természetes fenol vegyület. Ezek az antioxidánsok megkötik a gyököket,

s bár maguk válnak gyökös vegyületté, nem képesek újabb gyökös reakciók indítására kicsiny gyökképző képességük folytán. Előbbi típusú antioxidánsok mellett szerephez jutnak a peroxidot stabilizálók és a redukáló hatású vegyületek, amelyek regenerálják az oxidálódott antioxidánst.

A jelenlegi gyakorlatban az előzetesen előállított stabil szabad gyökök alkalmazásán alapuló módszerek az uralkodók

Ezeknél az eljárásoknál azt vizsgálják, hogy az adott antioxidáns (antioxidáns tartalmú élelmiszer, élelmiszer-kivonat) milyen hatásosan inaktíválja az adott szabad gyököt. Az antioxidánsok kétféle mechanizmus szerint tudják hatástalanítani a szabad gyököket. Az egyik út a hidrogénatom átvitel (angol kifejezéssel HAT= Hidrogen Atom Transfer), azaz az antioxidáns hidrogén donor. A másik az egyedi elektron átadás (angol kifejezéssel SET= Single Electron Transfer), azaz az antioxidáns elektron donor. A hatás végeredménye mindkét esetben a szabad gyök hatástalanítása, azonban a kétféle reakció sebessége lényegesen eltérő lehet, ami a meghatározás időigényét, pontosságát befolyásolhatja.

A módszereket szokták aszerint is csoportosítani, hogy milyen módon történik az antioxidáns hatás követése. Leggyakoribbak a spektrofotometriás módszerek és a fluorometria (kemiluminiscencia, luminiscencia mérése). Ritkább a HPLC, esetleg a gázkromatográfia alkalmazása.

Az ABTS (TEAC= Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) módszer

Az először Miller és tsai (1993) által publikált és továbbfejlesztett (Re et al. 1999) módszer az ABTS (2,2'-azinobis-3-etil-benzothiazolin-6-szulfonát) vegyületet használja fel. Az előbbi vegyületből oxidációval (pl. kálium-perszulfáttal, oxidatív enzimekkel) előállítható az ABTS gyöke, egy zöld színű vegyület, amelyet az antioxidánsok hatástalanítani („elfogni”) tudnak. Tekintve, hogy az ABTS szintelen vegyület, a színváltozás mértékéből meghatározható az antioxidatív hatás erőssége, amelyet az egyenértékű hatást biztosító trolox (vízoldható E-vitamin származék) koncentrációjával adnak meg (legtöbbször mikromól/g egységben). Az angol elnevezés (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) nyomán TEAC értéknek is nevezik. Ismeretes az is, hogy más módszereknél szintén szokásos az eredményt troloxra vonatkoztatott

értékben megadni. Viszonylagos egyszerűsége miatt a módszer a legelterjedtebbek közé tartozik, sok változata ismeretes attól függően, hogy hogyan állítják elő a gyököt illetve hogy az antioxidáns hatású vegyület vízoldható vagy zsírolható sajátságú. Bírálói elsősorban azt említik, hogy az ABTS gyök nem fordul elő biológiai rendszerekben (Prior et al., 2005) továbbá azt, hogy a módszer különböző változataival (pl. színváltozás mérés 415 vagy 734 nm-en) mért eredmények között jelentős eltérések tapasztalhatók (Arnao, 2000).

CL-PCL(Chemiluminescence - Photoinduced Chemiluminescence) módszer

Ezek az eljárások és variánsaik kemiluminiscenciát mutató vegyületeket (fluorescein, lucigenin, luminol stb.) használnak az antioxidatív hatás mérésénél. A különböző módon előállított gyökök (peroxil, szuperoxid anion, szinglet oxigén stb.) ezekkel a vegyületekkel lépnek reakcióba csökkentve (megszüntetve) azok fénykibocsátását. Az antioxidáns tartalmú vizsgálandó minta a szabad gyökök hatástalanítása révén ezt a folyamatot lassítja (Popov et al., 2001; Apáti, 2003; Lugasi, 2004). Gyakori a luminol (3-amino-ftálhidrazid) használata, amelyet pl. a hidrogén-peroxidból nehézfémek hatására keletkező szabad gyökök gerjesztenek. A luminol fénykibocsátás közben instabil peroxidionokon keresztül inaktív amino-ftálsavvá alakul. A keletkező fény intenzitása arányos a lumineszcens anyag koncentrációjával és 425 nm-en mérhető. A fényintenzitás mérésére különböző fluoriméterek és speciális célműszerek (pl. luminométer, PHOTOCHEM és mások) szolgálnak. Szabad gyökfogó vegyület jelenlétében a fényintenzitás csökken. A fényintenzitás változás mértékéből az adott vegyület (élelmiszer-kivonat) gyökfogó képessége (TSC= Total Scavenger Capacity) mérhető.

ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) módszer

A Cao et al. (1993) által kialakított meghatározási módszer azon alapszik, hogy peroxil gyök hatására indukált reakciófolyamatot az antioxidáns gátolja. Kémiai szempontból a szabad gyök inaktíválása a HAT(hidrogén atom transzfer) mechanizmus segítségével valósul meg. A peroxil gyök generálása különböző módon történhet. A peroxil gyök fluoreszkáló vegyülettel lép reakcióba. Az oxidáció következtében nem fluoreszkáló vegyületek keletkeznek. Ilyen módon a változás megfelelő műszerrel (fluorométer speciális célműszerek) követhető. Az antioxidánst tartalmazó vizsgálandó minta jelenléte esetében a

fluoreszcencia csökkenés kisebb mértékű, ami alapján az antioxidatív hatás mérhető. Az első alkalmazás során egy fluoreszcens fehérje (β -fikoeritrin) volt a marker vegyület, később a fluorescein és a diklorofluorescein szolgált erre a célra. Az eredetileg csak a vízoldható antioxidánsokat mérő módszert tették alkalmassá mindkét antioxidáns csoport (víz- és zsíroldható) vizsgálatára. A meghatározás számos változata – speciális műszeres is – ismeretes (Campos et al., 2004; Prior et al., 2005). Az eredményt legtöbbször az egyenértékű hatást biztosító trolox (E-vitamin származék) koncentrációban (TEAC= Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) adják meg. A módszert és variánsait széleskörűen használják, egyes funkcionális élelmiszer-előállítók ilyen egységekben deklarálják a termék antioxidáns kapacitását. Előnyeként említik, hogy a módszerben alkalmazott peroxil gyök gyakran fordul elő a szervezetben, és a hidrogén-transzfer révén történő szabad gyök inaktiválási mechanizmus jellemző a biológiai rendszerekre.

A FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) módszer

A módszer azon alapszik, hogy a 2,4,6-tris-(2-pyridyl)-s-triazin Fe(III)-al képzett komplexe antioxidáns jelenlétében redukálódik a megfelelő Fe(II) vegyület képződésével. A reakció következtében a kiindulási komplex vegyület színe sárgából kékre változik. A fenti reagenst meghatározott mennyiségű, a vizsgálandó élelmiszerből nyert, megfelelően előkészített kivonattal elegyítik, majd ezt követően 20 másodpercenként mérik az oldat fényabszorpcióját 593 nm-en 10 percen át. A végső abszorbancia alapján meghatározzák azt a trolox koncentrációt, amelyik azonos gátlást fejt ki. Ehhez általában a különböző trolox koncentrációkkal készült kalibrációs görbét használják fel. A módszernek réz-vegyületes változata (CUFRAP) is ismeretes (Apak et al. 2004).

Peroxi-nitrit (ONOO)módszer

A peroxi-nitrit indukálja a lipidek peroxidációját, oxidálhatja a metionint és a fehérjék SH-csoportjait. A testnedvekbe juttatott peroxinitrit nitrálja a tirozin oldalláncát, inaktiválja az alfa-1-antiproteinázt, amely többek között inhibitora az elasztáz enzimnek; nukleinsavak és fehérjék károsodását is kimutatták. Tekintettel arra, hogy ezen vegyület káros hatásait az antioxidánsok csökkenthetik, a jelenség felhasználható az antioxidatív hatás mérésére Aruoma (2001).

Az irodalomban közölt gyakorlati alkalmazások a következők szerint összegezhetők:

Elasztáz inhibíció mérésén alapuló eljárás

Az elasztáz enzim vizes oldatából, az alfa-1-proteináz vizes pufferes oldatából és peroxi-nitrit oldatából olyan reakcióelegyet állítanak elő, amely kb. 80%-os mértékben gátolja az elasztáz működését. Ha antioxidáns vagy antioxidáns tartalmú kivonatot adagolnak a reakcióelegybe, az „elfogja” a peroxi-nitrit gyököt. Utóbbi következtében gyengül az alfa-1-antiproteináz gátló hatása és növekszik az elasztáz aktivitása.

A tirozin nitrálásán alapuló módszer

A tirozin és peroxi-nitrit tartalmú elegyben adott körülmények között meghatározott mennyiségű nitrált tirozin keletkezik. Ha olyan oldatsorozatot állítanak elő, amelyben növekvő mennyiségű antioxidáns (antioxidáns tartalmú élelmiszer kivonat) van, a keletkező nitrált tirozin mennyisége csökkenni fog.

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) módszer

Az ABTS gyök alkalmazása mellett ez a vegyület, a DDPH, amely stabil szabad gyök képzésére alkalmas, szintén sok analitikus részéről kedvelt. A szabad gyök jellemző abszorpciót mutat 515 nm-en. Ha antioxidánsok „elfogják” a gyököt, színtelen vegyületté alakul. Az antioxidatív hatás erősségét azzal az antioxidáns koncentrációval (efficient concentration = EC) jellemzik, amely megfelel a szabad gyök koncentrációját. (EC₅₀)

Trichloro-methyl-peroxyl (CCl₃O₂) módszer

Ezt a zsíroldható gyökös vegyületet gyakran használják zsíroldható antioxidánsok hatékonyságának vizsgálatára. A gyökös vegyületet a széntetraklorid és a propanol vizes elegyének a radiolízisével állítják elő.

TOSC (Total Oxyradical Scavenging Assay) módszer.

Ennél az eljárásnál is peroxil gyök az előre generált aktív vegyület, amely az 2,2-azobis-(2-amidinopropán)-dihidroklorid termohomolizisének a terméke. A peroxil gyök oxidálja az alfa-keto-gamma-metilvajsavat etilén felszabadulása mellett. A gázalakú reakciótermék gázkromatográfiásan mérhető.

FOX (Ferrous Oxidation-Xilenol Orange) módszer

A módszer azon alapul, hogy hidroperoxidok a Fe(II) vegyületet Fe(III) vegyületté oxidálják. Utóbbi Xilenol Orange színezékkal kék vegyületet alkot, amely fotometriásan (550 nm) mérhető. Antioxidáns jelenlétében az átalakulás kisebb lesz.

Az értékelés problémái

Az előbbieken felsorolt in vitro vizsgálatok nem adnak kielégítő választ arra a kérdésre, hogy milyen mértékben és milyen módon fejtenek ki hatást a szervezetben az élelmiszerekkel felvett antioxidáns hatású vegyületek. Amit mindenesetre bizonyítanak az eddigi kísérletek az az a tény, hogy a természetes antioxidánsok egy része felszívódik az emésztőcsatornában és megjelenik a vérben, másik része kiürül a szervezetből. Az is bizonyított, hogy a fogyasztott antioxidáns mennyiség számos esetben befolyásolja az adott vegyület koncentráció szintjét a vérben. Az előbbieken ismertetett módszerek alkalmazásával bizonyítani lehetett antioxidánsok hatékonyságát sejtenyészetekben, izomszövetben, a bőr felületi rétegében, liposzómákban. Bár nem ismeretesek kellő mélységben a lezajló oxidatív változások (és nem megoldott azok in situ követése) egyes vegyületek, markerek megjelenése a test folyadékokban jelezhetik a nem kívánt hatást (Kocsis et al., 2003). Példaként említhetők Lugasi (2004) állat- és humán kísérletei, Seppanen és Csallany (2002) állatkísérletei a paprika karotinoidokkal, a vizeletben megjelenő egyes lipid oxidációs termékek (Song-Suk et al., 1999), vagy a lipoproteinek (LDL) oxidációja a vérben, továbbá betegségek esetében az antioxidánsok szintjének változása. Ez a témakör azonban túlmutat ezen dolgozat célján és a szerző kompetenciáján.

A módszerek harmonizációja

Már az értékelésre vonatkozó fogalmak nagymérvű heterogenitása is arra utal, hogy bizonyos egységesítésre szükség van. Ime az előbb említett fogalmak nem is teljes sora:

AOC = Anti Oxidative Capacity

TEAC = Trolox Equivalent Antioxidative Capacity

TAA = Total Antioxidative Activity

TOSC = Total Oxyradical Scavenging Capacity

TAS = Total Antioxidative Status

TRAA = beta – Tocopheroxyl Radical Attenuating Ability

ORAC = Oxygen Radical Absorbance Capacity

SRCA = Superoxid Radical Scavenging Activity

ARP = Antiradical Power .

TAC = Total Antioxidant Capacity

ARA = Antiradical Activity stb.

A különböző módszerekkel meghatározott antioxidatív hatás mértéke sok esetben jelentősen eltér. Egy vizsgálat (Arnao, 2000), amely hét módszert hasonlított össze négy ismert természetes antioxidáns (galluszsav, trolox, aszkorbinsav, húgysav) jelentős különbségeket mutatott a számszerű eredményekben, és az eljárás időszükségletében is. Egy adott módszeren belül az átszámítás a trolox-egyenértékre (az a trolox koncentráció, amely azonos gyök-gátlást okoz, mint a vizsgált antioxidáns) megoldja a problémát, de több módszer esetében a módszertől függően más-más eredmény születhet (Arnao, 2000). Ez teszi indokolttá a nemzetközi harmonizálást.

Már a 2004-ben Orlando-ban rendezett, e témakörrel foglalkozó Első Nemzetközi Kongresszuson (First International Congress on Antioxidant Methods) megvitatásra került a nemzetközi harmonizálás szükségessége, mivel az eddig leírt módszerek száma már megközelíti a százat. A kongresszuson elhangzottak és számos szakirodalmi vélemény leginkább az ORAC és TEAC (ABTS) módszert látja olyannak, amely alapja lehet a további vitáknak és döntéseknek. Javasolják továbbá a polifenol-tartalom mérésére a Folin-Ciocalteu reagenst. Szerző úgy véli, hogy csak a további fiziológiai vizsgálatok adhatnak végleges választ az alkalmazandó módszer(ek)re és értékelésre a szervezetben ténylegesen betöltött szerep teljes megismerése után.

Irodalom

Anon: European Research on Functional Effects of Dietary Antioxidants (EuroDEFA)

Apak, R., Güclü, K.G., Özyürek, M., Karademir, S.E. (2004): Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C- and E, using their cupric iron reducing capacity in the presence of neocuproin: CUPRAC method. *J. Agri. Food Chem.* **52**, 7970-7981

Apáti Pál György (2003): Antioxidáns hatóanyagok a *Solidago Canadensis* L-ben és tradicionális készítményekben. PhD értekezés, SOTE

- Aruoma, O.I. (2001): In vitro and in vivo methods for the assessment of antioxidant activity. In: Pfannhauser,W., Fenwick,G.R., Khokhar,S. (eds.) *Biologically active phytochemicals in food*. RSC, Cambridge, pp.285-295
- Arnao, M.B. (2000): Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. *Trends in Food Science and Technology* **11**, 419-421
- Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M. (1998): Methods to measure the antioxidant activity in plant material. A comparative discussion. *Free Rad. Res.* **31**, 889-896
- Bóhm, W., Schlesier, K., Harwat, M., Bitsch, R. (2001): Comparison of different in vitro methods to evaluate the antioxidant activity with ascorbic acid, gallic acid, Trolox and uric acid as standard antioxidants. In: Pfannhauser,W., Fenwick,G.R., Khokhar,S.: *Biologically active phytochemicals in food*. RSC, Cambridge, pp. 296-299
- Campos, A.M., Sotomayor, C.P., Pino, E., Lissi, E. (2004): A Pyranin based Procedure for Evaluation of the Total Antioxidant Potential (TRAP) of Polyphenols. A Comparison with closely related Methodologies. *Biol. Res.* **37**, 287-292
- Cao, G., Alessio, H.M., Cutler, R.G. (1993): Oxygen Radical Absorbance Capacity assay for antioxidants. *Free Rad.Biol.Med.* **14**(3), 303-311
- Joon-Kwan Moon and Takayuki Shimamoto (2009): Antioxidant Assays for Plant and Food Components. *J. Agric. Food Chem.* **57**(5), 1655-1666
- Kocsis, J., Pallai, Zs., Fehér, J., Blazovits, A (2003): Az oxidatív károsodás monitorozásának lehetőségei és a vizsgálatok klinikai vonatkozásai. *Orvosi Hetilap*, **144**(47), 2315-2319
- Kuyung, M.Y., Kim, D.O., Lee, C.Y. (2007): Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food Sci. Biotechnol.* **16**, 177-182
- Lugasi A. (2004): Élelmiszer eredetű antioxidánsok hatása primer és szekunder prevencióban: Állatkísérletes és humán tanulmányok. PhD értekezés, SOTE
- Miller,N.J., Diplock,A.T., Rice-Evanc,C., Davies,M.J., Gopinazhan,V., Milner A.A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* **84**, 407-413
- Pellegrini,N, Serafini,M., Colombi,B. (2003): Total antioxidant capacity of plant foods, beverages and oils consumed in Italy assessed by three different in vitro assay. *J. Nutr.* **133**, 2812-2819
- Popov,I., Völker,H., Levin,G. (2001): Photoluminescent detection of antiradical activity.V. Application in combination with the hydrogen peroxide initiated chemiluminescence of blood plasma proteins to evaluate antioxidant homeostasis in humans. *Redox Report* **5**, 43-48
- Prior, R.L., Wu,X., Schaih,K. (2005): Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements *J. Agric. Food Chem.:* **53**, 4290-4302

- Re,R., Pellegrini,N., Protegente,A., Pannala.A., Yang,M., Rice-Evans,C. (1999): Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay . *Free Radical Biol. Med.* **26**, 1231-1237
- Seppanen, C.M., Saari Csallany, A. (2002): The effect of paprika carotenoids on in vivo lipid peroxidation measured by urinary excretion of secondary oxidation products. *Nutr. Res.* **22**, 1055-1063
- Son-Suk, K., Gallacher, D.D. Saari-Csallany, A. (1999): Lipophilic aldehydes and related carbonyl compounds in rat and human urine. *Lipids*, **34** (5) 489-495
- USDA (2007): Oxigen Radical Absorbance Capacity (ORAC) of Selected Foods
- Wu, X., Gu, L., Holden, J., Haytowitz, D., Gebgardt, S.E., Becher, G., Prior, R.L. (2004): Factors in the development of a database of food total antioxidant capacity using lipophylic and hydrophylic oxigen radical absorbance capacity (ORACFL): A preliminary study of 28 foods. *J. Food Compos. Anal.* **17**, 407-422

Természetes antioxidánsok antioxidatív hatásának meghatározása

Összefoglalás

A természetes antioxidánsok fontos táplálkozási szerepének megismerése, a funkcionális élelmiszerek és a gyógyszernek nem minősülő étrend kiegészítők elterjedése szükségessé teszi az antioxidáns hatás mérésére, a termékek ellenőrzésére alkalmas módszerek egységesítését. Rövid történeti áttekintést követően, a leggyakrabban használt módszereket ismerteti a közlemény. Érinti a módszerek nemzetközi szintű harmonizálásának kérdését is.

Determination of the Antioxidant Potential of the Natural Antioxidants

Abstract

The identification of the important nutrification role of the natural antioxidants as well as the wide spread application of the dietary supplements require the unification of the methods used for measuring antioxidant potential and for the product control. The short historic review followed the publication explains the methods mostly used. The international harmonisation of the methods is also mentioned.