

## A meggy mag mint ipari gamma-tokoferol forrás

Biró Attila – Nemes Andrea – Remenyik Judit

Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar,  
Állattudományi, Biotechnológiai és Természetvédelmi Intézet, Debrecen  
attila.biro88@gmail.com

### ÖSSZEFOGLALÁS

*Kísérleteink során vizsgáltuk és meghatároztuk az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft.-től kapott, 2012-ben betakarított meggyfajták magjainak a csonthéjhoz viszonyított endospermium arányát, olajhozamát, valamint feltérképeztük a különböző fajtákból származó magolajok tokoferol profilját.*

*A kísérletek a meggy magok preparálásával kezdődtek, az előkészítés után nyert apoláros frakcióval dolgoztunk tovább. Kromatográfiai rendszert fejlesztettünk a tokoferol izomerek hatékony elválasztására, ezek után meghatároztuk a különböző tokoferol formák koncentrációját, illetve összehasonlítottuk azok arányát az egyes olajmintákban.*

*Alapvetően azt kellett tapasztalnunk, hogy a különböző izomerformák közül az alfa-, gamma- és delta-tokoferol megjelenik a mintákban, míg béta-tokoferolt nem detektáltunk az analitikai vizsgálatok során. Az is világosan látszik, hogy az alfa- és delta-izomerekhez képest kimagaslóan magas értékeket mérünk a gamma-tokoferolt illetően, hozzávetőleg 1–1,5 mg/g-os koncentrációkat. Eme információ tükrében körvonalazódik, hogy a vizsgált magyarországi meggyfajták endospermium részei jelentős gamma-tokoferol felhalmozók.*

**Kulcsszavak:** meggy, tokoferol, magolaj, nagyfelbontású folyadékkromatográfia

### SUMMARY

*In our experiments sour cherry kernels were investigated. The kernels of different sour cherry cultivars were originated from Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft. Tocopherol profile, oil yields and nutritional value were studied in focus of examinations.*

*We started processes preparing of sour cherry kernels. After the preparation recovered non-polar fraction was investigated. We worked with formerly developed chromatographic system, which is capable to separate different tocopherol isomers efficiently. We measured concentration of each tocopherol isomers and registered those and their relation in different oil samples.*

*According to received data, alpha-, gamma- and delta-tocopherol appeared in samples, but beta-tocopherol could not be detected. It became clear that level of gamma-tocopherol is far higher than alfa- or gamma-isomer; its concentration exceeded 1–1.5 mg ml<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** sour cherry, tocopherol, kernel oil, HPLC

### BEVEZETÉS

Az Európai Unióban Magyarország jelentős meggy-termesztése révén a vezető exportáló országok egyike. (Soltész, 1997; Apáti, 2009) Elsősorban konzervként, illetve ipari nyersanyagként értékesítjük a meggyt külföldre, de a friss fogyasztásra szánt exporttermékként is jelentős, tehát a magyar mezőgazdaság perspektívájában a meggy egy meghatározó eleme gyümölcs-kertészetünknek.

Napjaink egyik kardinális kérdése a rohamosan növekvő népesség minőségi élelmezése. Ebben meghatározó szerephez juthatnak az agrárszféra különböző biotechnológiai innovációi (zöld biotechnológia), vagy a már meglévő kondíciók egészség- és környezet-tudatos, a fenntartható fejlődés eszméjét követő értelmezése és hatékony feldolgozása. Az alábbi értekezésben ez utóbbi kerül a figyelem középpontjába a meggytermesztés mellett keletkező, napjainkban csak élelmiszeripari hulladékként értelmezett melléktermék, a meggy magok analitikai jellemzése nyomán.

Az elmúlt években az érdeklődés középpontjába kerültek a funkcionális élelmiszerek, egyre nagyobb szerephez jut a diétetika tudománya, valamint nagy hangsúlyt fektetnek az úgynevezett antioxidáns kapacitású vegyületek kutatására.

Táplálkozástudományi szempontból a tokoferolok, tokotrienolok (E-vitamin) bizonyos betegségek preventív és hagyományos terápiájában is alternatívát jelenthetnek, gyulladáscsökkentő hatásuk és magas antioxidáns kapacitásuk okán. Ilyen szempontból különösen fontos lehet a számos jótékony élettani hatással rendelkező gamma-forma, melynek forrását – a feldolgozó és élelmiszeriparban nagy mennyiségben keletkező – meggy magok jelenthetik.

### E-VITAMIN IZOMEREK

A műszeres analitikai és kromatográfiai rendszerek fejlődése lehetővé tették, hogy felismerjék, az alfa-tokoferolon kívül más, kémiaiilag hozzá hasonló vegyületek is előfordulnak a természetben (Traber et al., 1999). Ennek következtében az E-vitamin elnevezés nem csak egy, hanem a természetben előforduló nyolc vegyület összefoglaló neve. Ezek közül négyet tokoferol, négyet tokotrienol néven ismerünk. Mindkét csoportban közös a kromán gyűrű (2,3-dihidro-benzopirán gyűrű), melyhez a tokoferolok esetében egy tizenhat szénatomos, telített, a tokotrienolok esetében szintén egy tizenhat szénatomos, de három kettőskötést tartalmazó oldallánc csatlakozik.

A természetben előforduló négy tokoferolt és négy tokotrienolt alfa, béta, gamma és delta előtaggal jelölik, a metilcsoportok krománvázon való helyzetétől és számától függően (1. ábra) (Antal és Regöly-Mérei, 2012).

Fizikai tulajdonságait illetően a tokoferolok a halvány sárgától a borostyánig változó színűek, majdnem szagtalan, tiszta, viszkózus olajok, amelyek levegőre, hőre, fényre, oxidálószerekre és bázisokra érzékenyek.

Vízben nem, alkoholban kevésbé jól, zsírokban, olajokban jól oldódnak (Fitzpatrick et al., 2012).

**A TOKOFEROLOK SZINTÉZISE ANÖVÉNYI MAGVAKBAN**

A tokoferolok szerepe a növények anyagcsere-folyamatában nem ismertek teljes egészében, de az elmúlt években sikerült feltérképezni a bioszintézisutat (2. ábra).

1. ábra: A tokoferol izomerek kémiai szerkezete

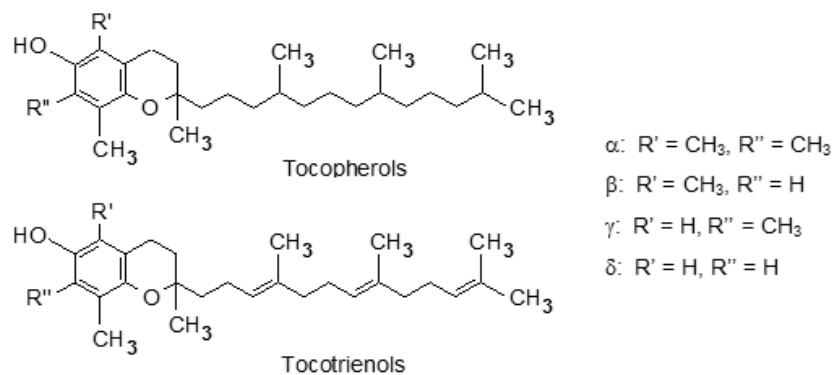


Figure 1: The chemical structure of tocopherol isomers

2. ábra: A tokoferol izomerek bioszintézise

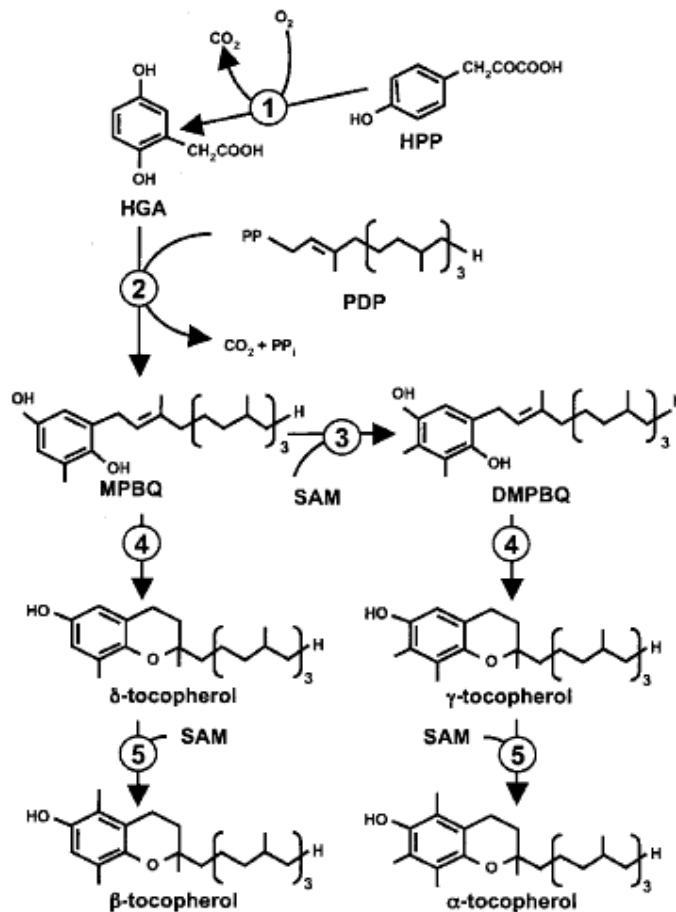


Figure 2: Biosynthesis of tocopherol isomers

A tokoferol-szintézis kiindulási vegyületei az aro-  
más aminosav-anyagcseréből és az izoprén-szintézis-  
ből származnak, azok intermedierei. Első lépésében a  
*p*-hidroxi-fenilpiruvát dekarboxileződik citoszolikus  
dioxigenáz katalizálta reakciókban és képződik belőle  
homogentizinsav. A további reakciók a kloroplasztisz  
belső membránján lokalizálódnak. A homogentizinsav-  
hoz – a mevalonsav-út köztiterméke – egy fitil oldal-  
lánc kapcsolódik a homogentizát fitiltranszferáz által  
katalizált reakcióban, és képződik belőle 2-metil-6-  
fitil-1,4-benzokinol (MPBQ). Az MPBQ vagy delta-  
tokoferollá alakul a tokoferol-cikláz által, vagy pedig  
metileződik létrehozva a 2,3-dimetil-6-fetil-1,4-benzo-  
kinolt (DMPBQ), majd szintén a tokoferol cikláz en-  
zim katalizálása mellett kialakul a gamma-tokoferol. A  
gamma-tokoferol-metil-transzferáz katalizálta reakció-  
ban a gamma-tokoferolból alfa-tokoferol, a delta-toko-  
ferolból pedig béta-tokoferol képződik (Arango és Heise,  
1998; Sattler et al., 2003).

A tokoferol szintézisét a növényekben a környezeti  
stressz és az arra érzékeny stresszhormonok szabályoz-  
zák (Szarka et al., 2012).

Mint minden olajraktározó növényben – így a meggy-  
ben is – az olajban jelen lévő makromolekulák ATP szin-  
tézisre, azaz energia felszabadulásra fordítódnak. Ezt  
az energiát a sejtek mitokondriumában lejátszódó béta-  
oxidáció, végső soron a terminális oxidáció szolgálta-  
ja. Ezen enzimatikus folyamatok során számos szabad-  
gyök keletkezik a sejtben. Feltehetően ezen szabad-  
gyökök eliminálását, degradációját valósítja meg a  
magban nagy koncentrációban felhalmozódó gamma-  
tokoferol a magas antioxidáns kapacitása nyomán.

### TOKOFEROLOK HATÁSA A HUMÁN SZERVE- ZETRE

Az E-vitamin formák (tokoferolok és tokotrienol-  
ok) számos biológiai hatással rendelkeznek. Csökken-  
tik a véredények permeabilitását és befolyásolják a  
kollagén képződését. Újabb kutatások szerint az E-  
vitamin egyedülállóan részt vesz számos gén szabályo-  
zásában. Továbbá a gamma-tokoferol képes gátolni a  
humán daganatos sejtek sejtciklusának előrehaladását  
és a sejtosztódást (Blázovics, 2009). Mindazonáltal  
legismertebb élettani befolyásuk az antioxidáns és  
gyulladáscsökkentő tulajdonság (Mandl, 2004).

### Gamma-tokoferol antioxidáns hatása

A gamma-tokoferol képes reakcióba lépni a szer-  
vezetben képződő nitrogén-monoxid gyök és a super-  
oxid anion reakciójában létrejövő peroxinitrit anionnal,  
amelyet egy stabilisabb formává 5-nitro-gamma-toko-  
ferollá alakít, így képes eliminálni a szervezetre káros  
peroxinitrit anionokat. A nitrálás egy fontos mechaniz-  
musnak minősül a reaktív nitrogén-oxidok méregtele-  
nitésében (Williamson et al., 2002; Brannan és Decker,  
2003; Campbell et al., 2003).

A májban csak alfa-tokoferol transzfer-protein ta-  
lálható, ami nem tudja szállítani a gamma-tokoferolt,  
ennek következtében a gamma-izomer az eperendsze-  
ren keresztül a bélbe kerül. Az epeúti kiválasztódás is  
hozzájárul a székletben lévő mutagének megszünteté-  
séhez, végeredményben a vastagbélrák kialakulási koc-  
kázatának csökkenéséhez (Campbell et al., 2003) (3.  
ábra).

3. ábra: Az RNS (reaktív nitrogén származékok) és a reaktív oxigén metabolitok (ROS) kapcsolata  
tokoferol aktivitással a vastagbélben

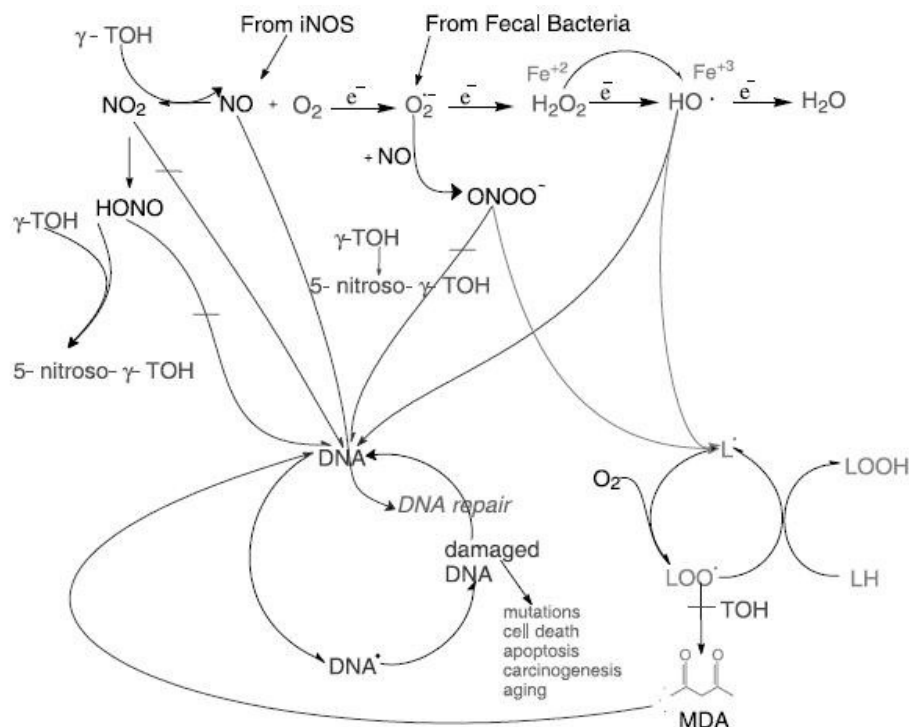


Figure 3: Relationship of the RNS (reactive nitrogen species) and reactive oxygen metabolites with activity of tocopherol in the large intestine

### A gamma- (és alfa) -tokoferol gyulladáscsökkentő hatása

2007-ben Reiter és Campbell világítottak rá az alfa- és a gamma-tokoferol gyulladáscsökkentő hatására. Az antiinflammatorikus hatás kétféleképpen működhet. Egyrészt a gyulladást kiváltó gének transzkripciójának befolyásolásával az ezen gének upregulációját előidéző jelátviteli útvonalak modulálásán keresztül. A másik alternatíva az eikozanoid bioszintézisben résztvevő enzimek aktivitásának gátlása. Az alfa-tokoferol jár élen a jelátvitel, míg a gamma-tokoferol az eikozanoid bioszintézis enzimrendszerének gátlásában.

A gamma-forma gyulladáscsökkentő hatása abban áll, hogy csökkenti a ciklooxygenáz enzim (COX-2) aktivitását, a COX-2 specifikus gátlása pedig csökkenti a

prostaglandinok (PGE<sub>2</sub>) szintézisét arachidonsavból, amelyek felelősek a fájdalom és a gyulladás kialakulásáért. Ily módon a gamma-tokoferol egy nem szteroid típusú gyulladáscsökkentő hatással is rendelkezik (Jiang et al., 2000; Campbell et al., 2003; Reiter et al., 2007) (4. ábra).

A COX-2 gátlás egy másik aspektusát – amely szervesen nem csatlakozik az antiinflammatorikus hatás értelmezéséhez – itt fontosnak tartom megemlíteni, ugyanis számos tudományos kutatás igazolja, hogy a gamma-tokoferol jótékony hatással van a prosztatatarák kialakulásának megelőzésére és kezelésére a COX-2 aktivitásának gátlásán és a következményes prosztaglandin-szintézis blokkolásán keresztül, tudniillik a COX-2 a prosztatatarák kialakulását, míg a PGE<sub>2</sub> az áttét-képződést segítheti elő (Bonn, 2001).

4. ábra: Alfa- és gamma-tokoferol által közvetített gyulladáscsökkentő hatások lehetséges molekuláris mechanizmusai

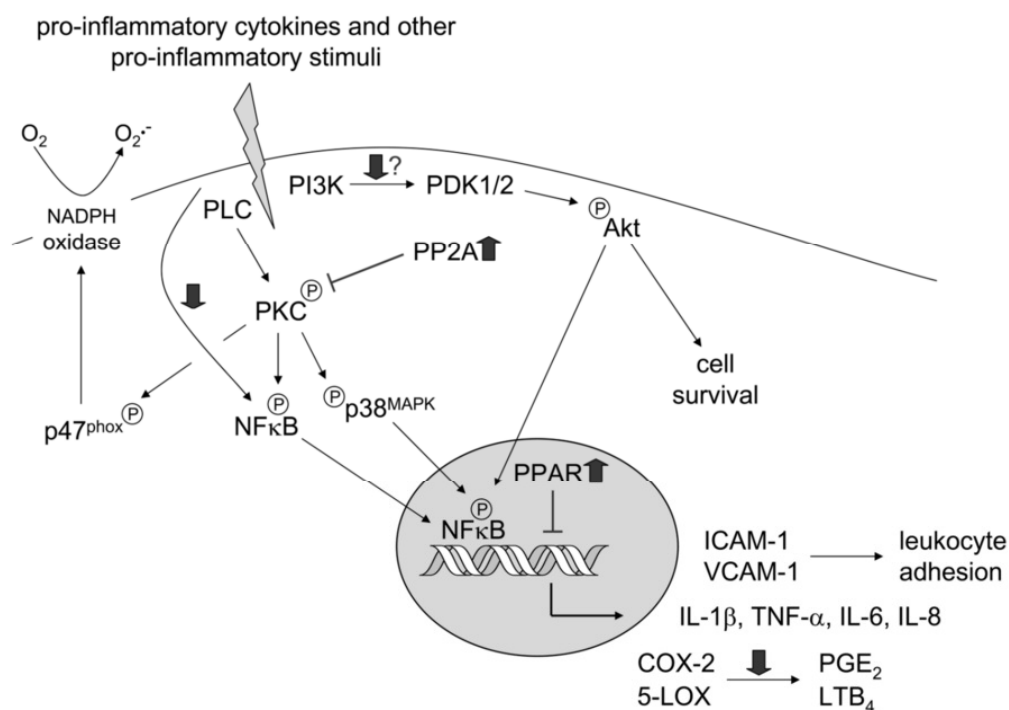


Figure 4: Possible molecular mechanism of antiinflammatory effects mediated by alfa- and gamma-tocopherol

### ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek során vizsgált meggyfajták az Újfehértói Gyümölcsstermesztési Kutató és Szaktanácsadó Nonprofit Közhasznú Kft.-től származnak. A mintagyűjtés 2012. június és július közepe között történt, az érés utolsó szakaszában. A betakarított meggyet a laboratóriumba érkezés után fagyasztva tároltuk (-20 °C).

### Az olajminták preparálása

A gyümölcshús eltávolítása után a magokat szobahőmérsékleten szárítottuk. A szárítást követően fajtánként, Sartorius BL210S analitikai mérlegem lemértük a magok tömegét. Ezt követően a magokat feltörtük és elválasztottuk az endospermiumtól, melyet dörzszo-

zsárban homogenizáltunk. BIOSAN MSH300 mágneses keverőn a homogenizált mintákat 45 ml térfogatú n-hexánnal kevertettük egy órán keresztül. Az extraktókat minden minta esetében egyszer ismételtük meg. Az erős apoláros oldószeres kivonást követően a mintákat szűrőpapíron szűrtük. A szűrés során keletkezett permeátumot BÜCHI R-210 vákuumbepárlóval pároltuk be. A módszer utolsó lépéseként a visszamaradt apoláros frakciót 5 percen keresztül 10 000 s<sup>-1</sup>-en centrifugáltuk (2-16 Sartorius). Az olajokat a műszeres méresekig hűtve (-20 °C-on) tároltuk.

### Alkalmazott kromatográfias rendszer

Meg kell említenünk, hogy az irodalmi munkákban az izomerány-értékelést megnehezíti, hogy nem min-

den esetben választják el a gamma- és béta-tokoferol származékokat egymástól, az izomerek kémiai szerkezetét illető nagyfokú analógiából adódó elválasztás-technikai komplikációk okán (Ball, 2000; Pyka és Sliwiok, 2001; Kornsteiner et al., 2005; Tuberoso et al., 2007).

Munkacsoportunk ezen probléma megoldását sikeresen végrehajtotta, ugyanis a különböző tokoferol-formák elválasztása hatékonyan megvalósult, melyet az 5. ábra kromatogramja bizonyít.

A kísérletek alkalmával 3 párhuzamos mérést végeztünk, melyek segítségével minden paraméter esetén megállapítottuk a szórásértékeket.

Az ismert irodalmi munkákhoz képest a hatékonyabb elválasztást a következő HPLC-rendszeren sikerült elvégeznünk. A mintákat Merck-Hitachi LaChrom nagy nyomású folyadékkromatográf diódasoros detektorral L-7455 analizáltuk, automata mintavevővel L-7250, interface L-7000, pumpa L-7100 és a HPLC rendszerhez Manager szoftvert használtunk. Állófázis: phenomenex Luna NH2 5  $\mu$ m, 250 mm $\times$ 4.6 mm (283104-16) kolonna. Izokratikus elúció mellett n-hexán: dioxán=80:20 1 ml/perc áramlási sebességgel 295 nm-en detektáltuk a komponenseket.

5. ábra: Alfa-, béta-, gamma- és delta-tokoferol standard mix kromatogramja

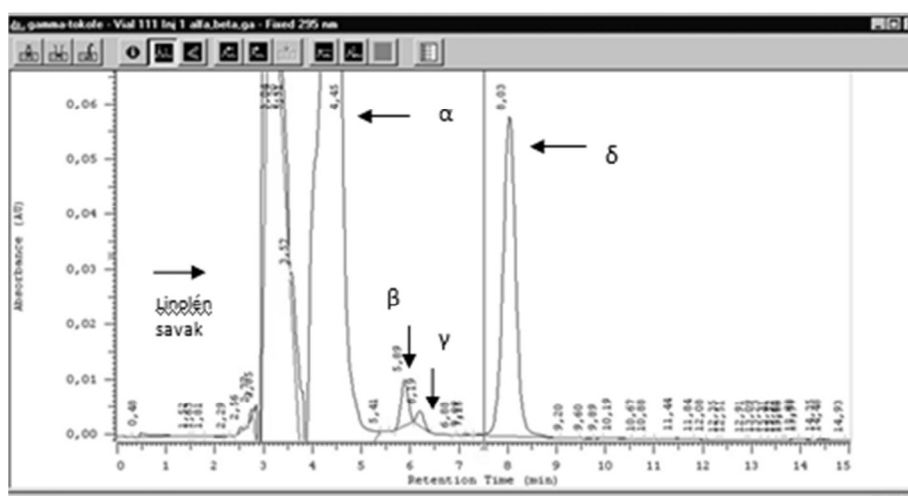


Figure 5: Chromatogram of standard mix of alpha-, beta-, gamma- and delta-tocopherols

## EREDMÉNYEK

A mérések során először meghatároztuk a különböző fajták endospermiumának csonthéjhoz viszonyított tömegarányát, majd az endospermiumok olajhozamait (1. táblázat), valamint a magolajban lévő tokoferol-izomerek koncentrációit (2. táblázat, 7. ábra).

1. táblázat

A meggy magbél- tartalom aránya és olajhozamok		
Meggy-fajták(1)	A meggy magbél-tartalom aránya (%) (2)	Olajhozam (%) (3)
M	17,96 $\pm$ 2,83	12,28 $\pm$ 2,73
A	19,87 $\pm$ 2,82	14,68 $\pm$ 2,85
E	18,21 $\pm$ 1,89	15,27 $\pm$ 1,19
Éva	24,88 $\pm$ 4,40	10,91 $\pm$ 2,32
Kántorjánosi	21,06 $\pm$ 2,20	8,38 $\pm$ 1,22
Petri	20,30 $\pm$ 2,58	13,44 $\pm$ 1,46

Table 1: Nutritional values of sour cherry seeds and the oil yield

Sour cherry cultivars(1), Kernel-content rate of sour cherry seeds(2), Oil yields(3)

Az 1. táblázatban látható, hogy a csonthéj beltartalmának százalékos arányát tekintve körülbelül 20%-os értékeket kaptunk, vagyis az endospermium a mag közel ötöd részét teszi ki. Viszonylag kiugró értéket kaptunk az 'Éva' esetében, melynél a beltartalom százalékos aránya közel 25%. A legkisebb értéket az 'M' fajtánál mértük, 17,96%-ot.

Az olajhozam 10–15% között van a vizsgált mintákban. A legkevesebb értéket adó 'Kántorjánosi' 8,38%-a jóval az átlagos olajhozam alatt van. A legmagasabb olajhozamot a vizsgált fajták közül az 'E' fajta produkálta 15,27%-kal.

Kromatográfias rendszert fejlesztettünk a tokoferol-izomerek kvalitatív és kvantitatív meghatározására. A tokoferolok azonosításához és mennyiségi meghatározásához standardokat használtunk (Alfa Aesar, Germany). A különböző izomerek retenció ideje látható a következő ábra kromatogramján (6. ábra).

A 2. táblázatban és 7. ábrán láthatóak az alfa-, gamma- és delta-tokoferol izomerek koncentrációi a különböző fajtákban.

Átlagosan 0,03 mg/g koncentrációban van jelen az alfa-forma a mintákban. A legmagasabb értéket, hozzávetőleg 0,05 mg/g-ot az 'M' fajtában detektáltuk. A legalacsonyabb koncentrációt az 'A' fajtában mértük, egészen pontosan 0,019 mg/g-ot.

6. ábra: Az „M” fajta kromatogramja

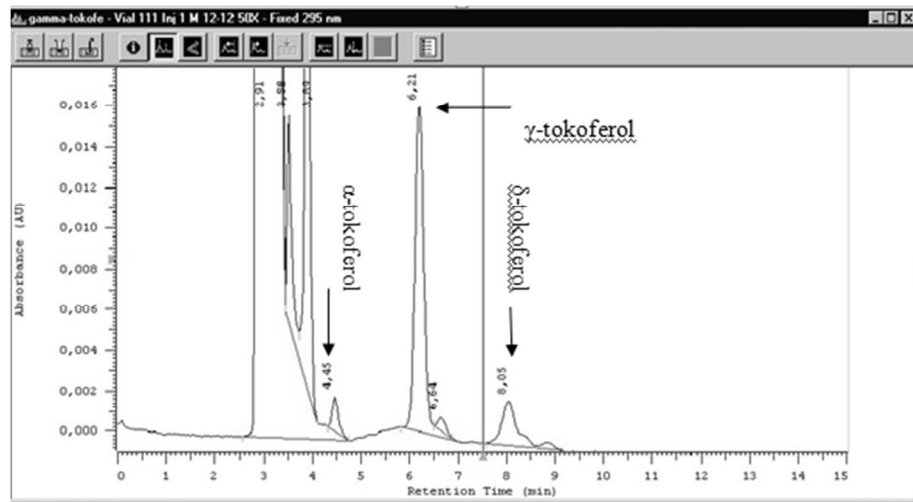


Figure 6: Chromatogram of the „M” species

2. táblázat

A vizsgált meggyfajták alfa-,gamma- és delta-tokoferol koncentrációi

Meggy-fajták(1)	Kiindulási tömeg (g)(2)	Alfa-tokoferol koncentrációja az endospermiumban (mg/g)(3)	Gamma-tokoferol koncentrációja az endospermiumban (mg/g)(4)	Delta-tokoferol koncentrációja az endospermiumban (mg/g)(5)
M	2,1002	0,0468±0,0166	1,5588±0,1402	0,0978±0,0062
A	1,9313	0,0186±0,0056	1,4725±0,1172	0,0796±0,0200
E	2,7160	0,0331±0,0030	1,0874±0,0813	0,0483±0,0075
Éva	1,1436	0,0225±0,0053	1,0108±0,0182	0,0437±0,0053
Kántorjánosi	2,5086	0,0291±0,0040	0,9920±0,1166	0,0427±0,0053
Petri	1,0179	0,0185±0,0040	1,0197±0,1101	0,0438±0,0053

Table 2: Concentration of alfa-,gamma- and delta-tocopherol of the investigated sour cherry species

Sour cherry cultivars(1), Weighed mass(2), Concentration of alfa-tocopherol in the endospermium(3), Concentration of gamma-tocopherol in the endospermium(4), Concentration of delta-tocopherol in the endospermium(5)

7. ábra: A vizsgált meggyfajták alfa-, gamma- és delta-tokoferol koncentrációi

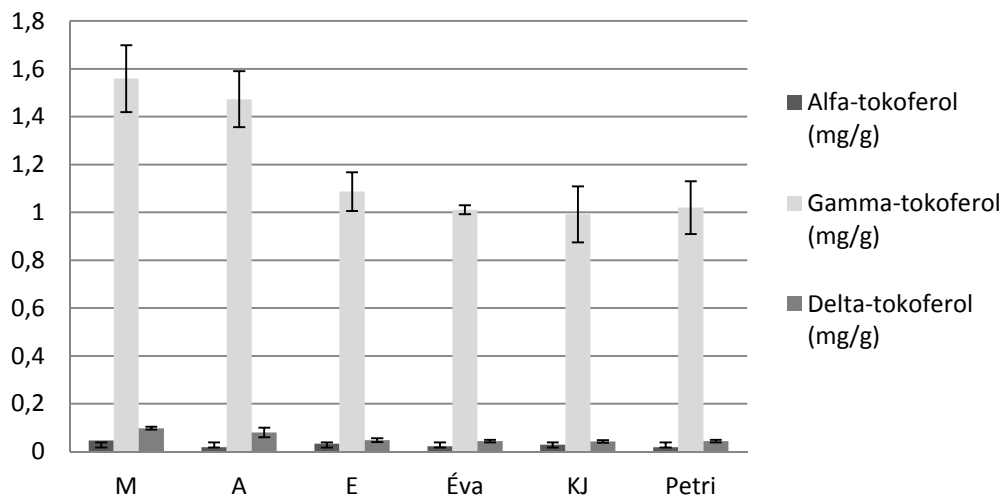


Figure 7: Concentration of alpha-, gamma- and delta-tocopherol of the investigated sour cherry species

Magasabb koncentrációban jelenik meg a delta-tokoferol a különböző fajtákban. Hasonlóan az alfa-tokoferolhoz, az 'M' fajtában mértük a legmagasabb delta-tokoferol koncentrációt (0,098 mg/g), a legalacsonyabbat viszont a 'Kántorjánosiban' (0,04 mg/g).

A gamma-forma megjelenése az előző két izomerhez képest sokkal hangsúlyosabb a különböző olajokban. A mérések során 1–1,5 mg/g értékeket kaptunk a gamma-tokoferolról, a legmagasabbat, 1,56 mg/g-ot az 'M' fajtában. Ezek az értékek mind az alfa-, mind

a delta-tokoferol koncentrációihoz képest nagyságrenddel nagyobbak.

Összefoglalva a négy tokoferol izomer közül három, az alfa-, gamma- és delta-forma megtalálható a meggy magolájában, béta-tokoferolt viszont nem detektáltunk.

A három izomer közül a gamma-tokoferol koncentrációja a legmagasabb. A különbség jelentős mind az alfa- és gamma-, mind a delta- és gamma-izomer korrelációjában.

#### IRODALOM

- Antal M.–Regöly-Mérei A. (2012): Az E vitamin szerepe az egészség megőrzésében. *Magyar Tudomány*. 7: 861–868.
- Apáti F. (2009): A meggytermesztés jelene és kilátásai a gazdaságosság tükrében I. A magyar meggytermesztés költség- és jövedelemviszonyai. *Agrofórum*. 20. 28: 34–38.
- Arango, Y.–Heise, K. P. (1998): Tocopherol synthesis from homogentisate in *Capsicum annuum* L. (yellow pepper) chromoplast membranes: evidence for tocopherol cyclase. *Biochem. J.* 336: 531–533.
- Ball, G. F. M. (2000): The Fat-Soluble Vitamins. [In: Nolett, L. M. L.–Marcel Dekker Inc. (eds.) *Food Analysis by HPLC2.*] Belgium. 321–402.
- Blázovics A. (2009): A szabad gyököktől a táplálkozás tudományáig. *Orvosi Hetilap*. 150. 2: 53–63.
- Bonn, D. (2001): Evidence gathers for gamma-tocopherol in prostate cancer prevention. *The Lancet Oncology*. 2. 2: 66.
- Brannan, R. G.–Decker, E. A. (2003): Degradation of gamma- and alfa-tocopherol and formation of 5-nitro-gamma-tocopherol induced by peroxynitrite in liposomes and skeletal muscle. *Meat Science*. 64: 149–156.
- Campbell, S.–Stone, W.–Whaley, S.–Krishnan, K. (2003): Development of gamma-tocopherol as a colorectal cancer chemopreventive agent. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*. 47: 249–259.
- Fitzpatrick, T. B.–Basset, G. J.–Borel, P.–Carrari, F.–Dellapenna, D.–Fraser, P. D.–Hellmann, H.–Osorio, S.–Rothan, C.–Valpuesta, V.–Caris-Veyrat, C.–Fernie, A. R. (2012): Vitamin deficiencies in humans: can plant science help? *The Plant Cell*. 24. 2: 395–414.
- Jiang, Q.–Elson-Schwab, I.–Courtemanche, C.–Ames, B. N. (2000): Gamma-tocopherol and its major metabolite, in contrast to alfa-tocopherol, inhibit cyclooxygenase epithelial cells. *PNAS*. 97. 21: 11494–11499.
- Kornsteiner, M.–Wagner, H. K.–Elmadfa, I. (2005): Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*. 98: 381–387.
- Mandl J. (2004): Biotranszformáció – méregtelenítés. [In: Ádám V. (szerk.) *Orvosi Biokémia.*] Medicina Könyvkiadó. Budapest. 312–313.
- Pyka, A.–Sliwiok, J. (2001): Chromatographic separation of tocopherols. *Journal of Chromatography A*. 935: 71–76.
- Reiter, E.–Jiang, Q.–Cristen, S. (2007): Anti-inflammatory properties of alfa and gamma-tocopherol. *Molecular Aspects of Medicine*. 28: 668–691.
- Sattler, S. E.–Cahoon, E. B.–Coughlan, S. J.–Dellapenna, D. (2003): Characterization of tocopherol cyclases from higher plants and cyanobacteria. evolutionary implications for tocopherol synthesis and function. *Plant Physiology*. 132: 2184–2195.
- Soltész M. (1997): Integrált gyümölcsstermesztés. *Mezőgazda Kiadó*. Budapest. 566–581.
- Szarka, A.–Tomasskovics, B.–Bánhegyi, G. (2012): The ascorbate-glutathione-alfa-tocopherol triad in abiotic stress response. *International Journal of Molecular Sciences*. 13. 4: 4458–4483.
- Traber, G. M.–Serbinova, A. E.–Packer, L. (1999): Biological Activities of Tocotrienols and Tocopyerols. [In: Packer, L. et al. (eds.) *Antioxidant Food Supplements in Human Health.*] Academic Press. San Diego–London–Boston–New York–Sydney–Tokyo–Toronto. 55–71.
- Tuberoso, C. I. G.–Kowalczyk, A.–Sarritzu, E.–Cabras, P. (2007): Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. *Food Chemistry*. 103: 1494–1501.
- Williamson, S. K.–Gabbita, P. S.–Mou, S.–West, M.–Pye, N. Q.–Markesbery, R. W.–Cooney, V. R.–Grammas, P.–Reimann, P. U.–Floyd, A. R.–Hensley, K. (2002): The nitration product 5-nitro-gamma-tocopherol is increased in the Alzheimer Brain. *Biology and Chemistry*. 6. 2: 221–227.

