
SZABADGYÖK-KUTATÁS ÉVTIZEDEI

A Szent István Egyetem Budai Campusán és jogelőd intézményeiben folytatott szabadgyök-kutatások rövid történeti áttekintése 1996-tól napjainkig A növényi stresszhatásoktól az antioxidáns védelemig

Free radical research at the Department of Applied Chemistry and of Genetic and Plant Breeding, at the Szent István University

Prof. Dr. Stefanovits-Bányai Éva DSc¹, Prof. Dr. Sárdi Éva DSc², Dr. Papp Nóra PhD¹, Prof. Dr. Hegedűs Attila DSc^{1,2} (és még nagyon sokan mások)

¹Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar, Alkalmazott Kémia Tanszék

²Szent István Egyetem Kertészettudományi Kar, Genetika és Növénynevelési Tanszék

Banyai.Eva@etk.szie.hu

Initially submitted March 26, 2018; accepted for publication April 18, 2018

Abstract

The actual free radical research in the Institutes of Applied Chemistry and the Department of Genetics and Plant Breeding of Horticultural Sciences of the Faculty of Food Sciences at the Szent István University dates back to 1996. Initially, the research was limited biotic and abiotic stress effects, in order to determine activity changes of endogenous compounds and stress enzymes in specific horticultural plants. Afterwards, through a wide variety of horticultural plants we explored the differences between species and varieties by their valuable endogenous compounds, antioxidant capacity and health protection effect.

Kulcsszavak: Szent István Egyetem, szabadgyök-kutatás

Keywords: Szent István University, free radical research

Kezdetek

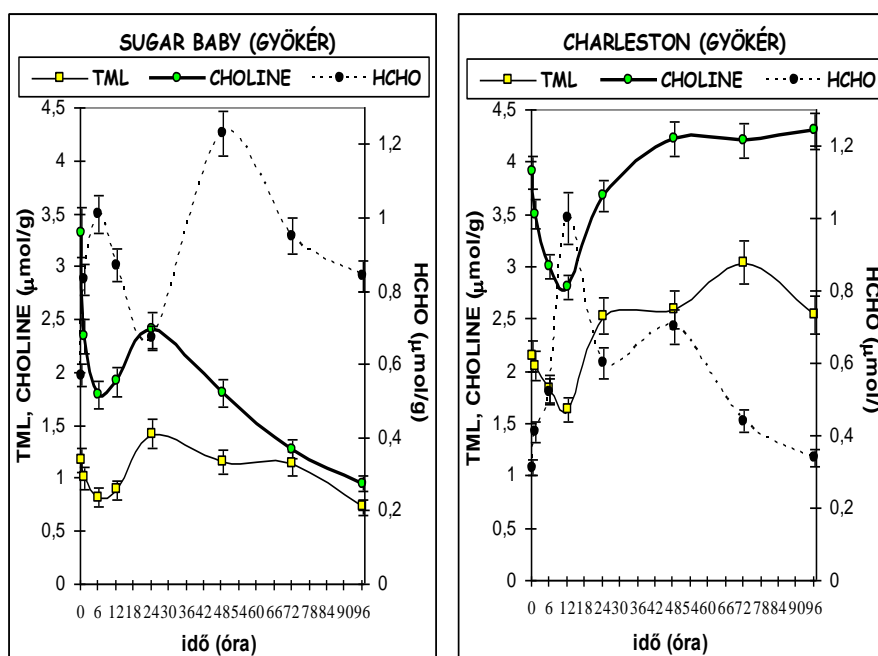
A jelenleg, Szent István Egyetemen dolgozó kutatók régóta tartó szakmai együttműködése a növényi stresszhatások, más kutatói csoportoktól eltérő megközelítésű tanulmányozásán keresztül jutott el az antioxidáns védelem vizsgálatáig.

Ezen hosszú útnak néhány érdekesebb kutatási-eredményére térnénk ki, mintegy történeti áttekintést nyújtva a több mint 20 éves kutatásunkról. Már most az elején meg kell említeni, hogy ez egy olyan, máig tartó csapatmunka volt/van, amibe az egyetemi kutatótársakon kívül a több mint 100 szakdolgozó és diplomázó hallgató, valamint közvetve, vagy közvetlenül számos PhD képzésben résztvevő hallgató munkája is benne volt és van. A csapatmunkával kapcsolatban meg kell említeni a más intézményekben dolgozó kollegákat és hallgatókat is, akiknek az együttműködését köszönet illeti. Ezen kollégák nevének a felsorolásánál sokkal többet mond a közösen publikált több, mint 200 cikk, amelyekből itt csak néhányra van lehetőség hivatkozni a szűkös terjedelem miatt.

Kezdetben, ez az 1996-os évre tehető, a növényeket ért különböző stressz-hatásokat vizsgáltuk és kerestük azokat az endogén vegyületeket, amelyek a növényi védekezés során minőségileg, vagy mennyiségileg megváltoznak, és vizsgáltuk alkalmas a válaszreakciók nyomon követésére. Elsősorban a szabadgyökök elleni védelemben szerepet játszó peroxidáz, mint stresszenzim aktivitásának, izoenzim mintázatának változását követtük nyomon, a párhuzamosan végzett szénhidrát vizsgálatokkal, számos növényi stressz folyamatban. Ezek a kísérletek a későbbiekben nagyobb hangot kapó szénhidrát-anyagcserében bekövetkező változások felé mutattak [1].

A következő év már egy minőségi áttörést hozott, a Kémia Tanszék (Stefanovitsné Dr. Bányai Éva) munkája szorosabban összekapcsolódott a Genetika és Növénynevelési Tanszék (Dr. Sárdi Éva) munkájával. Ez, a hallgatói „közreműködések” révén kialakult, és azóta is tartó gyümölcsöző kapcsolat szakmailag is új lehetőségeket nyitott meg a stresszélettani kutatásokban, aminek alapját Dr. Sárdi Éva 1996-ban megvédett kadidátusi értekezése jelentette [2].

Ez a munka szinte úttörőmunkaként világított rá a stressz-válaszok transzmetilezési folyamatok vizsgálatával történő nyomon követhetőségére, a metil-donor komponensek szerepének jelentőségére. A görögdinnye-*Fusarium* gazda-patogén kapcsolat vizsgálatával, különböző növényi részek analízise alapján megállapította, hogy a metil-donor vegyületekben gazdagabb fajták a fertőzéssel szemben nagyobb potenciális védelemmel rendelkeznek, továbbá azt, hogy az endogén formaldehid (HCHO), és az előanyagainak tekinthető kvaterner ammónium vegyületek fertőzés hatására bekövetkező mennyiségi változásainak tanulmányozásával a stressz szindróma fázisai nyomon követhetők, „megjeleníthetők” (1. ábra).

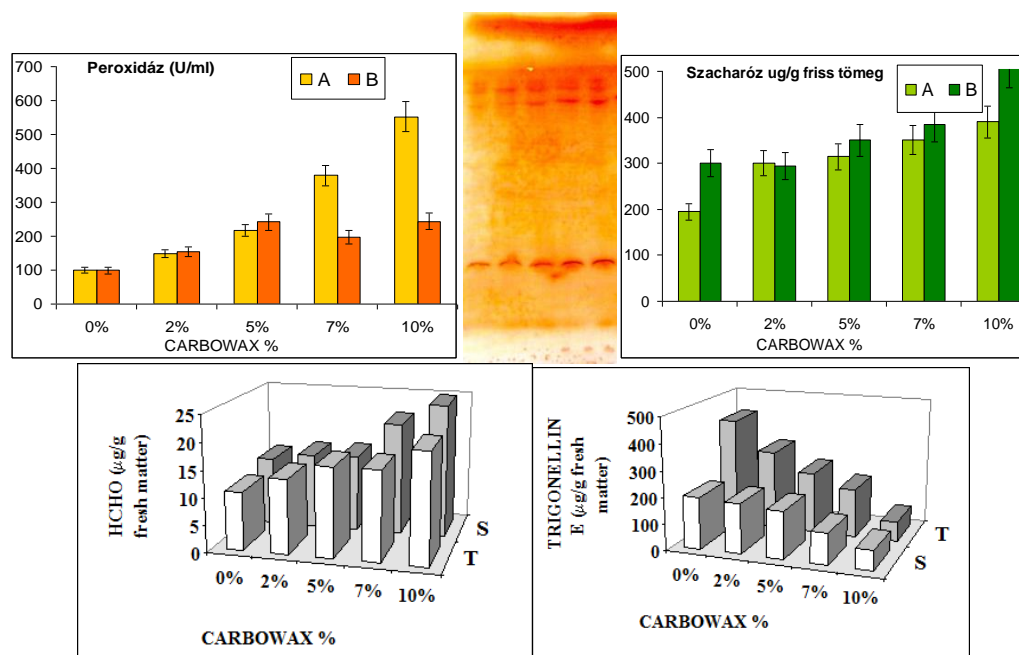


1. ábra. *Fusarium* fertőzés hatása fogékony és ellenálló görögdinnye fajták gyökerében mérhető HCHO és kvaterner ammónium vegyületek mennyiségére [2, 3].

Ezen alapokon, ezzel a megközelítéssel folytattuk a stresszélettani kutatásokat az abiotikus stresszre adott válaszok kapcsán is. Ehhez kapcsolódóan a vízhiánnyal szemben különböző érzékenyséű bab genotípusok levélvizsgálatával a szárazság stressz hatására megváltozó peroxidáz enzimaktivitást, szénhidrát tartalom

(elsősorban glükóz, fruktóz, szacharóz) változását, valamint a peroxidáz izoenzim mintázatban történő változásokat mértük a lehetséges összefüggések keresése céljából, [4], (2. ábra).

Az abiotikus stresszhatásokra, - bármelyikről is essen szó - a stressz hatására szabadgyökök képződnek és ezekre az eltérő érzékenységű babfajták, (de ez igaz más növényfajokra is), eltérő módon reagálnak. Az ábrákról egyértelműen látható, hogy a stresszhatásra a különböző érzékenységű fajták különböző válaszreakciót adnak, mind az endogén vegyületeikben, mind az enzimaktivitás változásában bekövetkező változásaik, ill. az izoenzim mintázat alapján.



2. ábra. A szárazság stressz hatására, érzékeny és ellenálló bab fajtán bekövetkező peroxidáz enzim, a szacharóztartalom változás, és a peroxidáz izoenzim mintázat, a formaldehid és a trigonellin alakulása Carbowax kezelés hatására [4, 5].

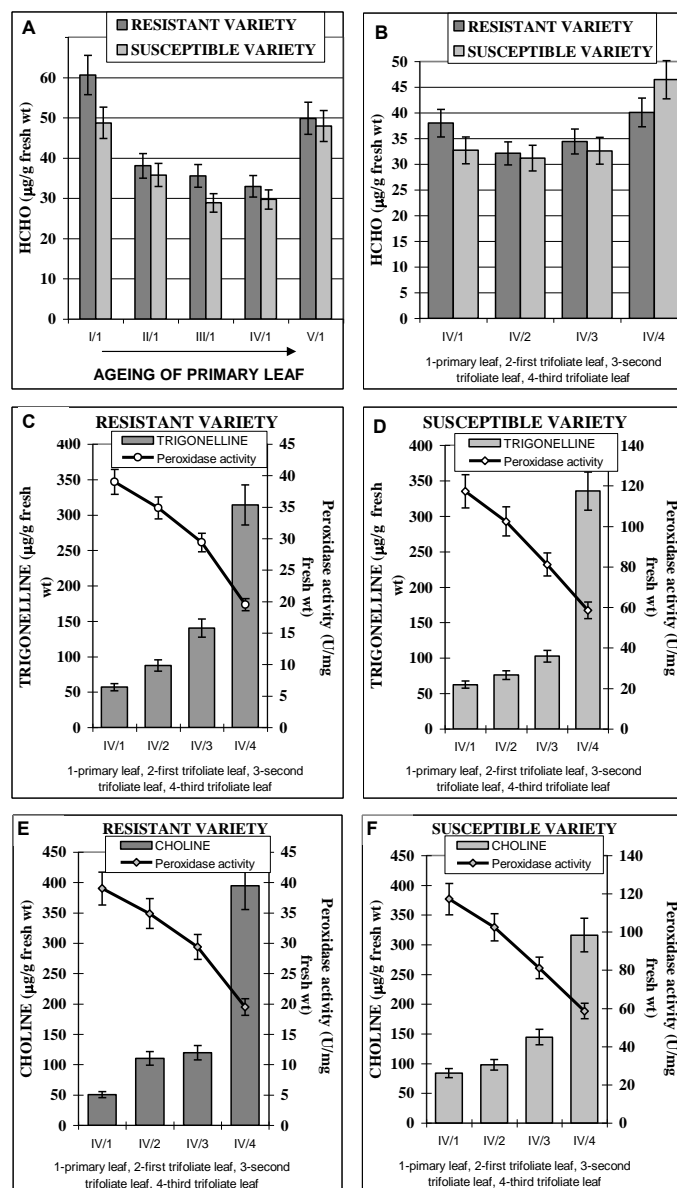
Hosszú lenne részletesen kitérni azokra a kísérletekre, amelyek során számos abiotikus stressz vizsgálatára került sor a kertészeti és mezőgazdasági növények széles skáláján, pl. kajszinál és szőlőnél a fagyűrést és a szárazságstresszt vizsgáltuk, búzán, árpán, ginkgón és számos egynyári dísnövényen a nehézfém-stressz (Cd, Hg, As, Zr, Al) hatását, valamint a Ti-aszkorbát stressz csökkentő hatását követtük nyomon stb. [6,7,8].

A kétezres évek elejétől az akkor még a Kémia tanszéken dolgozó Dr. Hegedűs Attila a növényélettani tapasztalatainak és jelentős publikációinak köszönhetően oroszlánrészt vállalt az abiotikus stresszhatások és az antioxidáns védelem közötti kapcsolat kutatásában. A „Titán-aszkorbát kezelés hatása a növények antioxidáns védekező rendszerére”, 2000-ben megjelent munkája [9] volt a Kémia tanszéken az az úttörő munka, amikor a stresszhatás és az antioxidáns védelem együttes említésére először került sor. Ezt talán érdemes volt felidézni, utalva arra, hogy a szabadgyökökhöz kapcsolódó antioxidáns védelem már a kutatásaink korai fázisában megjelent. Ebből nőtte/nőhet ki magát az, a már konkrétan a szabadgyök kutatásokhoz, az antioxidáns védelemhez kapcsolódó nagy horderejű, mai napig tartó munka, ami a kertészeti növényfajok és fajták ebből a szempontból történő megközelítésére szolgált. Ezekre az eredményekre a későbbiekben, egy hosszabb fejezet keretében térünk ki.

Ezen kis kitérő után a stresszhatások tanulmányozásán túlmenően, az ontogenezissel kapcsolatos olyan összefüggéseket is találtunk 1996-ban, amelyek szintén alátámasztották a transzmetilezési folyamatok és a peroxidázaktivitás közötti szoros kapcsolatot [10,11,12]. Kísérleteink legjobb összegzését az Acta

Physiologiae Plantarum folyóiratban publikáltuk [12], amely munka mintegy összegzését adta addigi eredményeinknek (3. ábra).

A vizsgált metil-donor komponenseknek, metilezett termékeknek stresszhatásra történő, jól követhető megváltozásai egyértelművé váltak, és szoros összefüggést tudtunk kimutatni ezen endogén komponensek mennyiségének és a peroxidáz enzim aktivitásának stresszhatásra bekövetkező változása között, az ontogenezisben betöltött jelentős szerepe mellett.

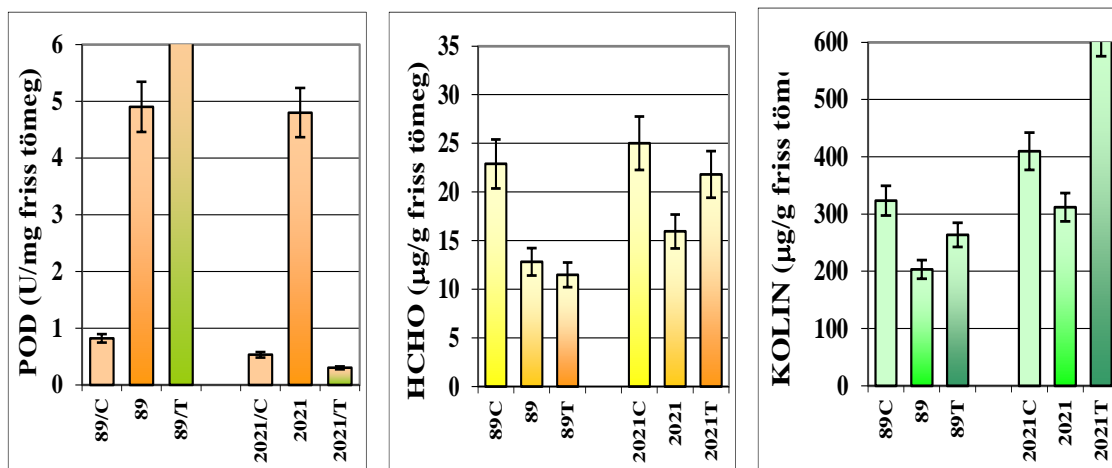


3. ábra. Különböző érzékenységű bab fajták endogén komponenseinek alakulása az ontogenezis során [12].

A kutatásaink következő fázisában arra a kérdésre kerestük a választ, hogy vajon lehet-e találni összefüggést a peroxidáz stresszenzim aktivitás változása és a stresszre megváltozó endogén vegyületekben bekövetkező változásai között. Ekkor már az abiotikus stresszhatás vizsgálatok kiegészültek biotikus stresszhatások vizsgálatával.

Ennek eredményeként az azonos homogenizált mintákból végzett peroxidáz enzim aktivitás vizsgálatokkal újabb, az előbbi megállapításokat tovább erősítő összefüggéseket találtunk a bab-*Pseudomonas*

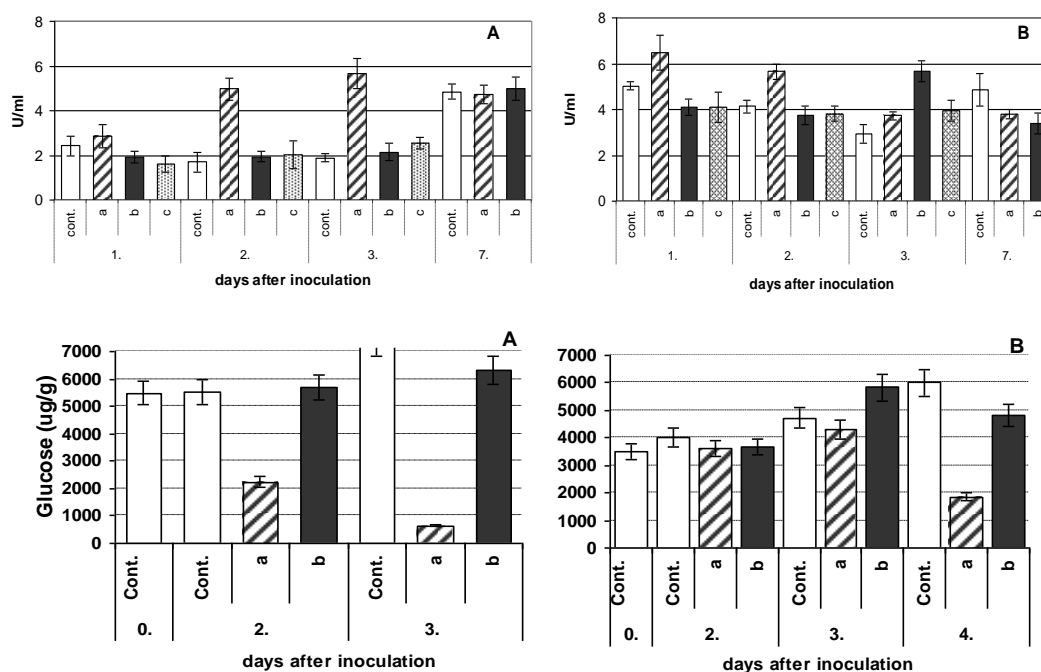
kapcsolatban. Ezen kutatásaink kezdete a 2000-s évek elejére tehető, amikor a *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* fertőzésnek kitett különböző érzékenyséű babnövények szénhidrát anyagcseréjében történő változásokat az eddigiekhez hasonlóan követtük nyomon a megváltozó peroxidáz enzim aktivitás és izoenzim mintázat alapján, valamint az endogén HCHO és különböző metil-donor vegyületek szintjén [13,14,15,16]. Ezen kísérletekből is összegzésként Sárdi és Stefanovits-Bányai nyomán [12] álljon itt egy példa (4. ábra).



4. ábra. A fogékony bab vonalak összehasonlító vizsgálata a peroxidáz enzim aktivitásának, valamint a formaldehid és a kolin mennyiségi változása alapján [12].

A biotikus stresszhatások vizsgálatához kapcsolódóan, sikeres doktori fokozatszerzéssel végződő PhD kutatási téma keretében, a paprika-*Xanthomonas* gazda-patogén kapcsolatot vizsgáltuk fogékony, rezisztens, és általános védekezési rendszerrel (*gds*) bíró vonalakon a szénhidrátok, a peroxidáz aktivitás, és a metilezési körfolyamatban szerepet játszó vegyületek (metil-donorok és endogén formaldehid) időfüggő mennyiség-változásainak nyomon követésével. A betegség-ellenállóság és a vizsgált endogén vegyületek (HCHO, metil-donor vegyületek, szénhidrát frakciók), valamint a peroxidáz enzimaktivitás közötti addigi összefüggéseket ezek a vizsgálatok is igazolták, és ugyancsak megerősítették a különböző paraméterek közötti korrelációkat is [17,18,19].

A biotikus stresszhatásokkal foglalkozó kutatásaink eredményei egyértelműen bebizonyították, hogy a különböző kártevők és kórokozók kártételei megváltoztatják a növény antioxidáns védelmi rendszerét, és ezek analitikai módszerekkel követhetők. Így került sor *Erwinia amylovora* körtén és almán [20, 21], a dohánytripsz káposztán, a levéltetű és atka fertőzés bodzán okozott kártételének vizsgálatára. Helyhiány miatt most csak a két hivatkozás szerepel, ill. a különböző érzékenyséű körtéken a fertőzés hatására megváltozó peroxidáz enzim aktivitás és a glükóz koncentráció alakulásának bemutatására kerül sor (5. ábra), annak ellenére, hogy az e témakörhöz kapcsolódó kísérleteink száma rohamosan nő.



5. ábra. A peroxidáz enzim aktivitásának és a glukóz koncentrációjának a változása az *Erwinia* fertőzés után az érzékeny (A) és az ellenálló (B) körtefajták esetében a kontrollhoz viszonyítva a fertőzés helyén (a) és a fertőzéstől 1cm-re levő (b) részeken [21].

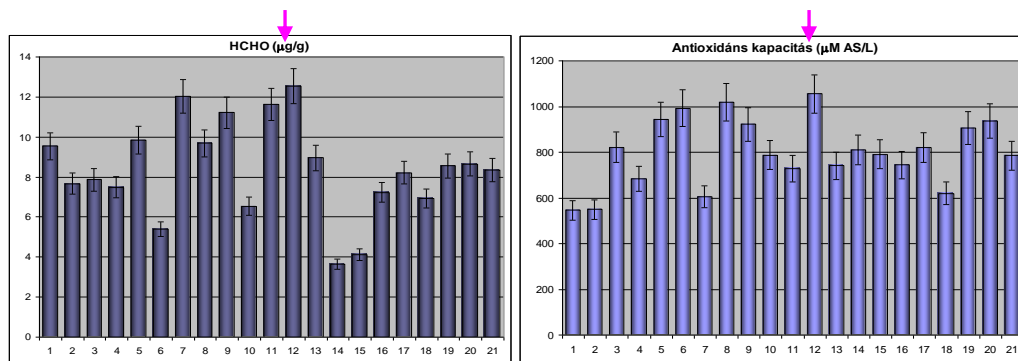
A különböző stresszhatásokra bekövetkező változások tanulmányozására irányuló vizsgálataink közvetlenül és közvetett módon is a szabadgyök kutatás témaköréhez kapcsolódtak, hiszen a stresszhatásokra bekövetkező szabadgyök felhalmozódás irodalmi hivatkozások alapján bizonyított volt, és ezt eredményeinkkel is igazolni tudtuk.

Az abiotikus és biotikus stresszekre adott válaszokra vonatkozó kutatások jelenleg is folynak, de a korábbi vizsgálataink kiegészültek (HCHO, trigonellin, kolin, szénhidrátok) a stresszhatásra megváltozó, a növények antioxidáns státuszát jellemző vizsgálatokkal is (polifenoltartalom minőségi és mennyiségi meghatározása, antioxidáns kapacitás mérési módszerek használata, így a FRAP, a TEAC, a DPPH, az RLU és a H-donor aktivitás mérése).

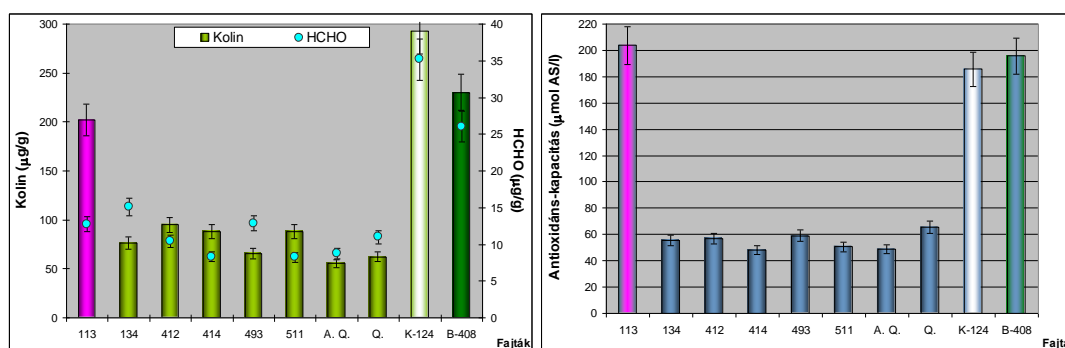
A kétezres évek elejére tehető, hogy az Alkalmazott Kémia Tanszéken Stefanovitsné Dr. Bányai Éva és Dr. Hegedűs Attila, a Genetika Tanszéken Dr. Sárdi Éva új irányt nyitottak kutatásaikban, a zöldség- és gyümölcsnövények biológiailag aktív vegyületeinek feltérképezésének céljával.

Már 2001-ben, az adott fajon belül a fajták összehasonlító vizsgálatával, a kertészeti növények vizsgálatainak eredményeire (a transz-metilezési folyamatokban szerepet játszó komponensek és antioxidáns kapacitás összefüggései) alapozva kezdtük meg együttműködésünket Dr. Blázovics Annával, aki időközben egyetemünk címzetes egyetemi tanára lett és rajta keresztül közös kutatások keretében Dr. Szentmihályi Klárával, Dr. Fébel Hedviggel, Dr. Lugasi Andreával.

Kezdetben cékla (6. ábra) [22] és káposztafélék (7. ábra), [23] vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy az egészségmegőrzésben szerepet játszó endogén vegyületek mennyisége és az antioxidáns kapacitás a fajfüggőség mellett jelentős fajtafüggőséget is mutat. A fajta-összehasonlítás alapján értékes beltartalmi mutatókkal (színanyagok, polifenol tartalom, metil-donor vegyületek, antioxidáns kapacitás, endogén formaldehid) rendelkező cékla fajtával, állatkísérletek keretében vizsgáltuk a cékla fogyasztás hatását [24, 25], ahol több kísérlet kapcsán beigazolódott a cékla pozitív egészségvédő hatása.



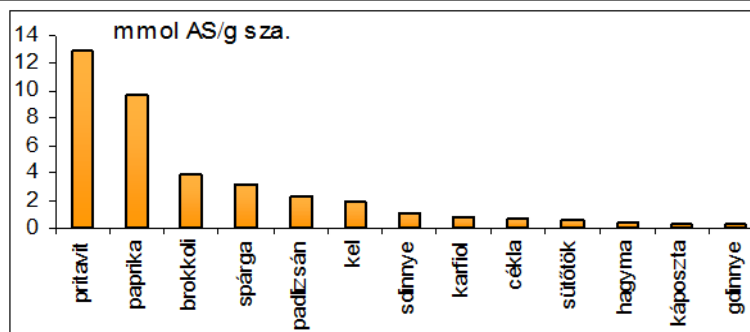
6. ábra. Különböző céklafajták formaldehid és FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása közötti összefüggések [22].



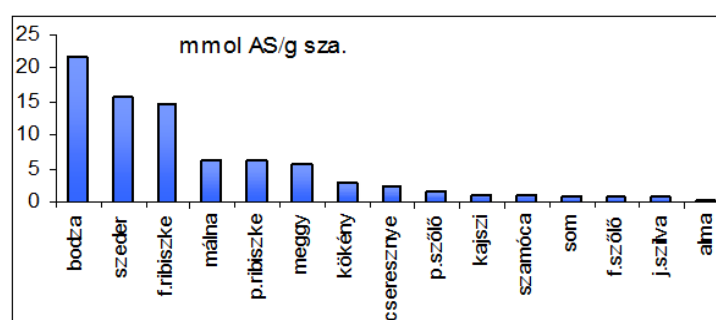
7. ábra Káposztafélék faj- és fajtaösszehasonlító vizsgálata kolintartalom és FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása közötti [23].

Innentől számítva a mai napig egyetemi kutatócsapatunk összegyűjtötte és végigvizsgálta a kertészeti növényfajokban és azon belül az egyes fajtákban rejlő azon értékeket, amelyek szerepet játszanak/játszhatnak az egészségmegőrzésben, az antioxidáns védelemben.

E hatalmas munka eredményeként több mint 20 zöldségfaj több mint 100 fajtáját, és több mint 30 gyümölcsfaj több mint 300 fajtáját vizsgáltuk végig, hogy jellemezni tudjuk az egyes fajokat és azon belül számos fajtát, ami lehetőséget nyújthat az egészségesebb, értékesebb beltartalmi értékekkel rendelkező fajták kiválasztására, nem csak a fogyasztás, de a nemesítés, valamint a feldolgozóipar számára is. A zöldség-és gyümölcsfajokat számos szempont szerint végigvizsgálva bebizonyítottuk, hogy igen jelentős különbségek vannak az egyes fajok között, amennyiben az antioxidáns kapacitásukat vizsgáljuk. Jelentős összefüggéseket tudunk kimutatni nem csak a különböző termőhelyről származó azonos fajták, de az évjáratok, a mintavételi időpontok, a növény-nemesítési szempontból jelentős termékenyülési viszonyok, és egyéb termesztéstechnológiai fontos tényezők és az antioxidáns kapacitás között [26, 27, 28, 29, 30]. A fajok és fajták közötti összefüggések bemutatására [31] álljon itt két példa (7., 8. ábra) [31].



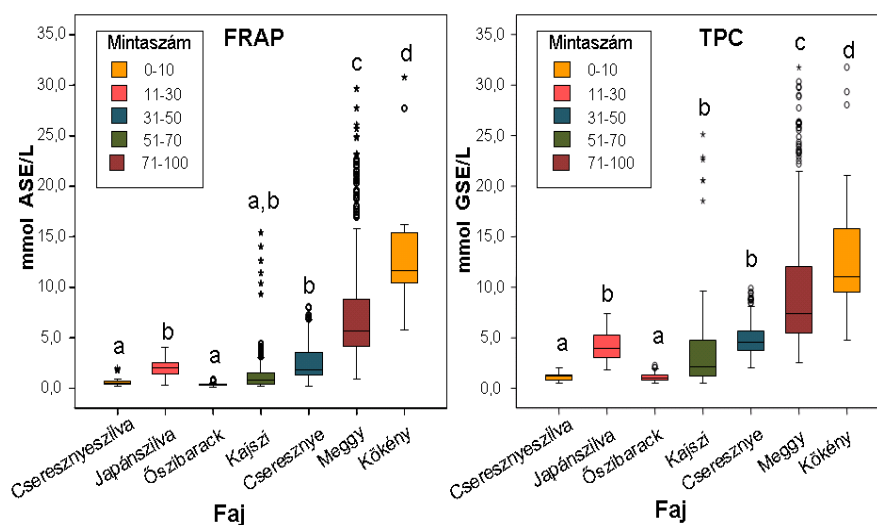
8. ábra Különböző zöldségfajok FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása [31].



9. ábra. Különböző gyümölcsfajok FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása [31].

A jelentős, egy eddig nem vizsgált összefüggést és szoros korrelációt sikerült kimutatni, a szabadgyökök elleni védelemben szerepet játszó endogén vegyületek és a metilezett termékek között, ami alapját képezte/képezi azoknak az állat és humán kísérleteknek, amelyek jelenleg is folynak a társintézményekben [32].

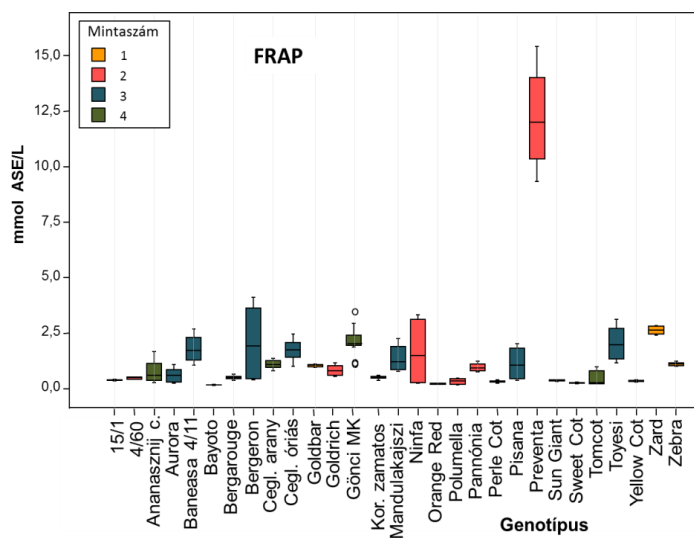
A fajok/fajták közötti különbségek kimutatása után figyelmünk egyre jobban a csonthéjasok közé tartozó fajok és fajták kutatása felé irányult, hiszen óriási különbségeket tapasztaltunk a több módszerrel mért antioxidáns kapacitásuk között [33], melynek szemléltetésére jó példa a 9. ábra, [33].



10. ábra. Csonthéjas gyümölcsök antioxidáns kapacitásának összehasonlítása [33].

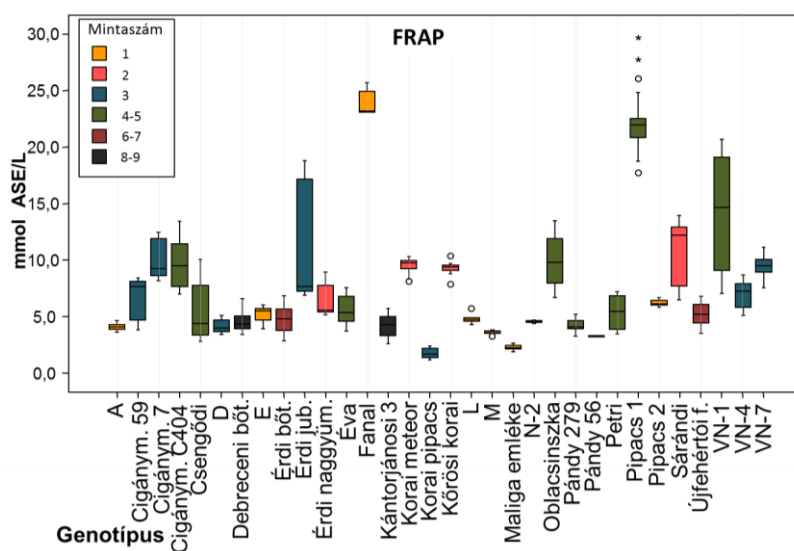
Az ábra alapján is jól látható, hogy igen érdekes/jelentős különbségek voltak a fajokon belül vizsgált fajták között a kajszi, a meggy és a kökény esetében. Ennek okát keresve a kajszi és a meggy fajták vizsgálatával igen figyelemreméltó eredményekre jutottunk.

Az egyes genotípusok között akár 10-12 szerez különbség is adódott. Ennek szemléltetésére a kajszi genotípusok vizsgálata során a *Preventa*, egy ősi genotípusnak a kimagasló értékét mutatjuk be. Ez a felfedezés nem csak nemesítők számára lehet fontos, de táplálkozásélettani szempontból a feldolgozóipar számára a későbbiekben fontos szerepe lehet (10. ábra).



11. ábra. Kajszi genotípusok FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása [33].

Ha a meggyel kapcsolatos kísérleti eredményeinket nézzük (11. ábra) kimagasló értékeket mutat a *Fanal* és a *Pipacs 1*, de az *Érdi bőtermő* és a *VN-1* is a legjobbak között szerepel (11. ábra).



12. ábra. Meggy genotípusok FRAP módszerrel mért antioxidáns kapacitása [33].

Érdekesképpen megjegyezzük, hogy a *Pipacs 1* kivételével mindegyik genotípus, természetesen eltérő mennyiségben ugyan, de jelentős antocianin tartalommal rendelkezik, addig a *Pipacs 1* antocianin tartalma

elenyésző. A polifenolos vegyületek profiljának meghatározásakor egy meglepő molekulának, a genisteinnek a jelenléte volt kimutatható, a *Fanal* és nagyobb mennyiségben a *Pipacs 1* fajtánál, míg a többi genotípus esetében ezek az értékek igen alacsonyok voltak [34].

Ezek az eredmények felbuzdulva egy etetéses patkánykísérlet is beállításra került, természetesen az előzőekben felsorolt kollegákkal együtt, melynek pozitív eredményéről egy jelentős folyóiratban számoltunk be [35]. Az eddig röviden ismertetett eredményeink genetikai hátterének magyarázatát Dr. Hegedűs Attila MTA Doktori „A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése” című értekezése adta [36], mely eredmények nem csak a kutatás, de az egész kertészeti ágazat szempontjából jelentősek.

Végezetül köszönetünket szeretnénk kifejezni mindazoknak a jelenleg a Szent István Egyetemen, ill. a társegyetemeken és intézményekben dolgozó kollegáknak és hallgatónak, akik hozzájárultak ahhoz, hogy ebből a több mint húsz éves munkából három MTA doktori értekezés, közel 20 PhD, és több mint 100 szakdolgozat, ill. diplomadolgozat született. Nem utolsó sorban köszönet illeti mindeazokat a pályázatokat, amelyek anyagilag is támogatták kutatásainkat.

Külön köszönet a szerzőtársaknak, akiknek álljon itt a képük [1, 2, 3, 4 kép].



1. kép.

2. kép.

3. kép.

4. kép.

1. kép. Prof. Dr. Stefanovits-Bányai Éva DSc.

2. kép. Prof. Dr. Sárdi Éva DSc.

3. kép. Dr. Papp Nóra PhD.

4. kép. Prof. Dr. Hegedűs Attila DSc.

BIBLIOGRÁFIA

- [1] KEREPESI, I., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., PRAZNIK, W., BOROSS, L.: Carbohydrates in wheat seedlings under heavy metal stress. Proceedings of the 7. International Trace Elements Symposium Ed.: Pais, I. University for Horticulture and Food Industry Budapest 275-278, 1996.
- [2] SÁRDI, É.: A formaldehid és egyes generátorainak tanulmányozása *Fusarium oxysporum* f. sp. niveum-mal fertőzött görög-dinnye növényeken. Kandidátusi disszertáció. 1996.
- [3] SÁRDI, É., TYIHÁK, E.: Change of biotransformation steps of formaldehyde cycle in water-melon plants after infection with *Fusarium oxysporum*. *Acta Biologica*, 49 (2-4), 353-362, 1998.
- [4] STEFANOVITS-BÁNYAI, É., SÁRDI, É., LAKATOS, S., ZAYAN, M., VELICH, I.: Drought stress, peroxidase activity and formaldehyde metabolism in bean plants. *Acta Biologica*, 49. 2-4. 309-616, 1998.

- [5] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., KEREPESI, I., VELICH, I.: Comparison of peroxidase activity and the quantity of fully N-methylated compounds in bean as a results of drought stress. Lippay János és Vas Károly Nemzetközi Tudományos Napok, Budapest, 485, 1998.
- [6] LESKÓ, K., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., PAIS, I., SIMON-SARKA, L.: Effect of cadmium and titanium-ascorbate stress on biological active compounds in wheat seedlings. Journal of Plant Nutrition, 25 (11) 2571-2581, 2002. <https://doi.org/10.1081/PLN-120014714>
- [7] DARKÓ, É., AMBRUS H., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., FODOR J., BAKO, F., BARNABÁS, B.: Aluminium toxicity, Al tolerance and oxidative stress in an Al-sensitive wheat genotype and in Al-tolerant lines developed by in vitro microspore selection. Plant Science, 166. 583-591, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2003.10.023>
- [8] FODOR, M., HEGEDŰS, A., LESKÓ, K., BÁNYA, É.: Effect of zirconium treatment on wheat seedlings developmnet, amino acid composition, and boron content. Journal of Plant Nutrition, 33. 10. 1555-1563, 2010.
- [9] HEGEDŰS, A., TÓTH, E., VAJDA, K., HAUPTMANN, G., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., ERDEI, S.: Titán-aszkorbát kezelés hatása a növények antioxidáns védekező rendszerére. 9th Symposium on Analitical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, ISBN Poszter 4, 2002.
- [10] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., BÉKEFI, ZS., BISZTRAY, GY., VELICH, I.: Comparison of the quantity of methylated compounds and peroxidase activity in snap genotypes during ontogenesis. Horticultural Science, Budapest, 29. 98-104, 1997.
- [11] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Investigation of some methylated compounds and peroxidase activity during plant ontogenesis in snap bean. Acta Biologica, 49. 2-4. 381-391, 1998.
- [12] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Relationship between peroxidase activity and the amount of fully-N-methylated compounds in bean plants infected by *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola*. Acta Physiologiae Plantarum, 28. 2. 523-528, 2006.
- [13] VÉGVÁRI, A., SÁRDI, É., CSÓKE, B., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., SZARKA, J., VELICH, I.: Changing of carbohydrates by inoculation of *Pseudomonas savastanoi* pv. *phaseolicola* on bean lines with different resistance. International Journal of Horticulture Science, 6. 1. 82-85, 2000.
- [14] SÁRD, É., VÉGVÁRI, A., KEREPESI, I., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Effect of natural infection of *Pseudomonas* on the peroxidases activities in bean. (*Phaseolus vulgaris* L.) Plant Physiology and Biochemistry, 38. 224, 2000.
- [15] SÁRDI, É., VÉGVÁRI, A., VELICH, I., STEFANOVITS BÁNYAI, É.: Relationship between content of fully N-methylated compounds and peroxidase activity in bean plants induced with *Pseudomonas*. 5th International Jubilee Conference on role of Formaldehyde in Biological Systems Methylation and Demethylation Processes, Sopron, 61, 2000.
- [16] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Relationship between peroxidase, as an antioxidant enzyme and the fully N-methylated compounds in bean plants infected by *Pseudomonas*. Oxygene free radicals and oxidative stress in plants. Nice, France, P-131, 2001.
- [17] SÁRDI, É., SZARKA, E., CSILLÉRY, G., SZARKA, J.: Biochemical examination of the general defense system of plants by OPLC. Journal of Planar Chromatography, - Modern TLC 19:(109) 233-237, 2006.
- [18] SZARKA, E. A Növények általános védekezési rendszerének biokémiai és genetikai vizsgálata. Budapesti Corvinus Egyetem, PhD Dolgozat, Budapest, 2008.
- [19] SÁRDI É.: A növények betegség-ellenállósága és az endogén transzmetilezési folyamatok kapcsolata. MTA Doktori Disszertáció, 2006.
- [20] KÁSA, K., HEVESI, M., G.TÓTH, M., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Effect of *Erwinia amylovora* infection on peroxidase enzyme activity in resistant apple cultivars. International Journal of Horticultural Science, 10. 3. 37-39, 2004.

- [21] HONTY, K., HEVESI, M., TÓTH, M., SÁRDI, E., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Effect of *Erwinia amylovora* infection in biochemical changes of different pear fruits. *Acta Horticulturae*, 800:879-884. 2008. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.119>
- [22] SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., KOCSIS, I., TAKÁCS-HÁJOS, M., FÉBE, H., BLÁZOVICS, A.: Importance of selection of table beet species for physiological aspect. *Acta Alimentaria*, 38 (3), Pp. 267–280, 2009.
- [23] SÁRDI, É., TORDAI, E., NÉMETH, CS., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Comparative study of some nutritionally important components on different cabbage genotypes. *International Journal of Horticultural Science* 10:(4) 81-84, 2004. <https://doi.org/10.1556/AAlim.38.2009.3.1>
- [24] BLÁZOVICS, A., TAKÁCS-HÁJOS, M., KOCSIS, I., FÉBEL, H., SZENTMIHÁLYI, K., VÁLI, L., SZÉKELY, E., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: The effect of table beet extract on hyperlipidemy. 47th Annual Meeting of the Hungarian Society of Gastroenterology. Balatonaliga, Juni. 07-11. *Zeitschrift für Gastroenterologie, German Journal of Gastroenterology*. Issue 05 Vol. 43. Abstracts 483. 2005.
- [25] VÁLI, L., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., SZENTMIHÁLYI, K., FÉBEL, H., SÁRDI, É., LUGASI, A., KOCSIS, I., BLÁZOVICS, A.: Liver protecting effects of table beet (*Beta vulgaris* var. *rubra*) during ischaemia-reperfusion. *Nutrition*, 23. 2. 172-178, 2007.
- [26] PAPP, N., SZILVÁSSY, B., ABRANKÓ, L., SZABÓ, T., PFEIFFER, P., SZABÓ, Z., NYÉKI, J., ERCISLI, S., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., HEGEDŰS, A.: Main quality attributes and antioxidants in Hungarian sour cherries: identification of genotypes with enhanced functional properties. *International Journal of Food Science and Technology*, 45. 395-402, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02168.x>
- [27] BALOGH, E., HEGEDŰS, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Application of and correlation among antioxidant and antiradical assays for characterizing antioxidant capacity of berries. *Scientia Horticulturae*. 125. 332-336, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.04.015>
- [28] HEGEDŰS, A., ENGEL, R., ABRANKÓ, L., BALOGH, E., BLÁZOVICS, A., HERMÁN, R., HALÁSZ, J., ERCISLI, S., PEDRYC, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Antioxidant and antiradical capacities in apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits: variations from genotypes, years, and analytical methods. *Journal of Food Science*, 75. 9. 722-730, 2010.
- [29] HEGEDŰS, A., PFEIFFER, P., PAPP, N., ABRANKÓ, L., PEDRYC, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Accumulation of antioxidants in apricot fruit through ripening: characterization of a genotype with enhanced functional properties.. *Biol. Res.* 44, 339-344, 2011. <https://doi.org/10.4067/S0716-97602011000400004>
- [30] HEGEDŰS, A., TALLER, D., PAPP, N., SZIKRISZT, B., ERCISLI, S., HALÁSZ, J., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Fruit antioxidant capacity and self-incompatibility genotype of Ukrainian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars highlight their breeding prospects. *Euphytica*, 191:153–164, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10681-013-0919-x>
- [31] STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Kertészeti növények antioxidáns kapacitásának vizsgálata. MTA Doktori Disszertáció, 2008.
- [32] SÁRDI, É., TORDAI, E., NAGY, E., PAPP, J., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Bogyós gyümölcsűek antioxidáns kapacitást befolyásoló beltartalmi értékeinek kapcsolata. *Növénynevelési Napok*, 16, Budapest, 2007.
- [33] PAPP, N.: Csonthéjas gyümölcsök antioxidáns kapacitásának és a meggy polifenol-mintázatának vizsgálata. PhD értekezés, Debrecen.
- [34] ABRANKÓ, L., NAGY, Á., SZILVÁSSY, B., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., HEGEDŰS, A.: Genistein isoflavone glycoconjugates in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 166:(1) pp. 215-222, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.007>

-
- [35] PAPP, N., BLÁZOVICS, A., FÉBEL, H., SALIDO, S., ALTAREJOS, J., FEHÉR, E., KOCSIS, I., SZENTMIHÁLYI, K., ABRANKÓ, L., HEGEDŰS, A., STEFANOVITS-BÁNYAI, É.: Antihyperlipidemic effects of sour cherries characterized by different in vitro antioxidant power and polyphenolic composition *Plants Food Hum Nutr*, 70. 408-413, 2015.
- [36] HEGEDŰS, A.: A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése. MTA Doktori Disszertáció, 2008. <http://real-d.mtak.hu/622/>