

Opponensi vélemény

Hegedűs Attila: **A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése**

című Akadémiai Doktori Értekezésről

Az antioxidánsok kutatása Szentgyörgyi Albert munkásságától napjainkig rendkívül fontos terület a humánegészség szempontjából. Az, hogy a természet ilyen bőséggel ajándékozta meg Földünket, külön öröm. A csonthéjas gyümölcsök ilyen irányú kutatása talán kisebb figyelmet kapott az elmúlt időben. A *Prunus* nemzetség genetikai modell növénye az őszibarack, melynek esetében találkozhatunk a legtöbb ilyen jellegű szakirodalommal. Így Hegedűs Attila munkája kiemelten fontos, magában hordozza a tudományos kíváncsiságot, de jelentős lehet a gazdasági haszna is, és nem elhanyagolható a társadalmi jelentősége sem.

A dolgozat 183, a mellékletekkel együtt 205 oldalból áll, 6 nagy fejezetre osztott. Továbbá tartalmaz még kiemelt új tudományos eredményeket (7.), felhasznált irodalom jegyzéket (8.) és köszönetnyilvánítást (9.). A Tartalomjegyzék szerint ezt követik a mellékletek, melyben faj- és fajtanév szerint került felsorolásra a vizsgált növényi anyag és egyes jellemzőik több oldalon keresztül. Egy korábbi változatból maradhatott a Tartalomjegyzékben a 189. oldal megjelöléssel a Faj- és Fajtanév című mellékletre utaló rész, mely a részemre eljuttatott verzióban nem található, csak úgy, mint a 188. oldal sem. A dolgozatban 14 táblázat és 31 ábra található. A megértést segíti az értekezésben használt rövidítések jegyzéke, segítség lett volna egy táblázat és ábra jegyzék összeállítása is. 401 szakirodalmi forrást idéz.

Az értekezés formai értékelése

A mű, jelentős részét (73 oldal) az irodalmi áttekintés teszi ki. A célkitűzéseit két nagy csoportra bontva összesen 10 pontba foglalja össze. Az Anyag és módszer fejezet 15 oldalból áll, habár vizsgálatai sokrétűek és több különböző laboratóriumi módszert alkalmazott az évek során ezeket megfelelő tömörséggel, a módszerek első alkalmazóira történő hivatkozásokkal közli. Eredményeit (42 oldal) egyetlen fejezetbe, 5 alpontra bontva mutatja be decimális leosztással, ahol elég lett volna két alábontást végezni. Nagy figyelmet fordít az eredményeinek megvitatására, melyre 27 oldalt áldozott. Kiemelt új tudományos eredményeit 11 pontba foglalta össze. A felhasznált irodalmat sorszámozta és betűrendbe is rakta, mely segíti a bíráló munkáját.

Az első betűelütéssel, melyből alig van, egyből a Tartalomjegyzékben találkozunk a Felhasznált irodalom címből egy 'a' betű maradt ki. A továbbiakban ki listáztam az általam észrevett betűelütéseket:

A 47. oldalon bizonyára lipoxigenázt szertett volna írni a lipoxignázt helyett.

48. oldalon 9. sorban kvercetin helyett kercetin szerepel.

51. oldal 2 bekezdés 2 sor izulinrezisztencia helyett inzulinrezisztencia a helyes.

124. oldalon az 5. sorban monochaharid helyett monoszacharid lett volna helyes.

128. oldal utolsó sor cspadékmennyiséggel szóból kimaradt egy "a" betű.

136. oldalon utolsó sor héj fejülete, gondolom felülete akart lenni.

141. oldal 3. bekezdés 5 sor namesítési helyett nemesítési.

158. oldalon a 6.6 alfejezet utolsó mondata kis 'a' betűvel kezdődik.

Nem mindig egyértelmű az írásmód alkalmazása. Az L-gülonolakton-oxidáz enzimet egyszer dőlt betűvel írja másszor meg nem? Más oxidáz enzimeket nem ír dőlt betűvel?

Néha, nagyon ritkán, a mondatszerkesztés sem sikerült. A 31. oldalon olvasható utolsó mondatának szó sorrendje hibás, helyesen: Az urzolsav és oleanolsav ateroszlerózist gátló hatását számos állatkísérletben igazolták.

A grafikonok informatívak jól értelmezhetőek. Világosan követhetők az eredmények, a leírás pontos. Helyesen választotta meg, hogy mikor közli táblázatban az adatait. Talán kivétel ez alól a 16. ábra, melyen az értékek és a fajtanevek csak nagyítóval láthatóak. Nagyon helyesen a grafikonok és táblázatok címében teljes magyarázatot kapunk a tartalomra vonatkozóan.

Tartalmi értékelés

Ennek során fejezetenként tekintem át a mondanivalót. Az általam ismert tudásanyagra támaszkodva értékelem a jelölt munkáját, teszem meg a megjegyzéseimet, teszem fel a kérdéseimet.

A „Bevezetés” 2. sorában említi a szerző, hogy a piros színt az antocianinok okozzák- a kéket, a lilát stb. nem? A 3. bekezdésben egy célként megjelenő új tulajdonságról ír, majd azt nem nevezi meg. Szerintem ez nem egy tulajdonság, hanem ahogy a későbbiekben írja, a funkcionális táplálkozáshoz illesztett nemesítés.

Nagyszerűen emeli ki a bevezetésben a téma jelentőségét, mely az emberek egészségi állapotához szorosan kapcsolódó kutatás.

Irodalmi áttekintés

A szakirodalmat a gyümölcsök általános jelentőségétől egészen a részletekbe menő antioxidáns kapacitás módosításának lehetőségéig tárgyalja. A vegetarianizmusra vonatkoztatni Mózes első könyve sorait nem teljesen helyén való, pláne egy természettudományos műben. A gyümölcs, mint táplálék alfejezetben a Föld teremtésétől napjainkig próbál eljutni a szerző a gyümölcs, étkezésben betöltött szerepének hangsúlyozásával. Viszonylag kevés, általában tapasztalati úton szerzett információkra hivatkozik átugorva olyan jelentős ismereteket melyek az ókori Egyiptomból, görögöktől származnak, majd a rómaiak említése nélkül érünk el a 18., a 19. századig. Egyrésről hiányos, másrésről nem a tudományos előzményeket tartalmazza. Érdekes, olvasmányos, de nem tudományos!

A gyümölcsfogyasztás és egyes betegségek előfordulását bemutató szakirodalom jól összefogott rész. Rávilágít az ellentmondásokra is, melyeket az újabb tudományos eredmények ismertetésével old fel pl. antioxidáns kapacitás egy-egy gyümölcs esetében nem köthető egyetlen szerves vegyülethez pl. C-vitamin.

Nagyon helyesen világít rá, hogy a gyümölcsökben található komplexekből kiragadva egy-egy csoportot a hatásfok csökken, mivel azok komplementer módon erősítik fel egymás működését.

A gyümölcsök kedvező egészségi hatású vegyületei kerülnek bemutatásra a következőkben nagyobb csoportokra bontva. Ezek közül a legrészletesebben a flavonoidok bioszintézisével foglalkozik, mely a kutatásainak is a középpontjában áll. Célszerű lett volna az alfejezetnek, a szerző által a 19. oldalon található 2.3 alfejezet felvezetőjének utolsó mondatát címnek adni, ami „A gyümölcsök antioxidáns hatásának kialakításában meghatározó vegyületek” címre hallgat. Az A-vitamin előanyaga, a β -karotin és más karotinoidok alfejezetben a második bekezdésben csak többszöri olvasásra derül ki, hogy mire vonatkozik a 3. sorban leírt „túlzott mennyiség mérgező” megfogalmazás, a retinolra?

Az E-vitamin kerül még részletesen tárgyalásra. A 29. oldal utolsó bekezdésében zárójelben említi a gyümölcsök között a faepret? Bizonyára a *Morus alba*, *Morus nigra* fajokra gondolt, aminek hétköznapi nevei eperfa. Furcsa a szerző által használt elnevezés.

Egy-egy önálló alfejezetben szerepelnek a telítetlen zsírsavak és a triterpenoidok is. Jól összefoglalt, lényegre törő áttekintés a témához kapcsolódóan.

A polifenolokat tárgyalja szintén nagyon részletesen tárgyalja. A csoportjaiknál szerintem nem célszerű a flavanolok-at követően a flavan-3-olok-at is kiírni, vagy zárójelbe kellett volna tenni. A kékszőlőket idéző irodalomban nem említi Kállay és Tusnádi (2001) cikkét. Vagy ugyancsak célszerű lett volna a zöldségnövények esetében a cékláról is szólni idézve Takácsné Hájos Mária és Horváthné Almási Katalin (1991): „A párostenyésztés hatása a cékla színanyag tartalmára” művét, hogy ne csak nemzetközi irodalmakat citáljunk.

Az összes eddig tárgyalt szerves vegyületek közül a flavanoidokkal részletesebben foglalkozik. A bioszintézis utat egy kiváló ábrában foglalta össze. A bioszintézisük alapjait és azontúl a gyümölcsöket kettő nagy csoportra osztva, azok genetikai hátterét is tárgyalja. A bogyósgyümölcsöknél a szőlő bogyókban szintetizálódó antocianinok genetikai hátterének tárgyalásával kezdi. A külföldi irodalmak idézése mellett célszerűnek tartottam volna Kiss Erzsébet és munkatársainak ezen a területen végzett munkáját is idézni, akik megemlítik, hogy bizonyos fajták esetében a bogyószín változatok kialakulásáért az említett Gret1 retrotranszpozon VvMYBA1 transzkripció faktorba való inszercióján kívül más genetikai különbség is lehet felelős.

A mű egy alcím alatt a 47. oldaltól az 52. oldalig tárgyalja a flavonoidok emberi szervezetben történő felszívódását és metabolizmusát. Véleményem szerint ez nem egészen tartozik a témához. Ennek a rövid, 5 oldalnyi áttekintésnek az elhagyása nem jelentett volna problémát. Ugyanúgy a biológiai funkciója és egészségi hatása szintén elhagyható lett volna.

A 2.4 alfejezetben a gyümölcsök antioxidáns kapacitását befolyásoló endogén és exogén tényezőkről ad rövid áttekintést. Nagyobb várakozással fogtam hozzá ehhez a fejezethez, különösen az endogéntényezők kapcsán maradt hiányérzetem. De úgy gondolom, hogy a külső tényezők is sokkal részletesebben kutatott terület, mint azt az itt bemutatott szakirodalom tükrözi.

A 2.5 alfejezet a csonthéjas gyümölcsfajok fajtaválasztékáról és a gyümölcsök antioxidáns jellemzéséről szól. Ennek az alfejezetnek az első része kizárólag az antioxidáns kapacitás meghatározásának a módszereiről szól. Véleményem szerint ezt célszerű lett volna önálló alfejezetben szerepeltetni, mert a fenti alfejezetcím egyáltalán nem utal arra, hogy itt a módszerek szakirodalmi összehasonlításáról lesz szó. Inkább az anyag és módszer főfejezetbe illő rész. Az egyes csonthéjas fajok fajtáiról az alfejezet alatti bontásban olvashatunk. Nagyon jó, hogy az ezt megelőző részben áttekintést kapunk az antioxidáns kapacitást mérő módszerekről, mivel így az egyes gyümölcsfajok eltérő antioxidáns kapacitással történő jellemzését megfelelő kritikával fogadhatjuk. Nagyon jó, hogy a szerző az egyes szakirodalmak ismertetésekor mellé teszi, hogy melyik módszerrel mért értékről van szó pl. 61. oldalon japán szilvafajták esetében FRAP stb.

A 2.6. alfejezet a gyümölcsök antioxidáns kapacitásának módosítását tárgyalja a szakirodalom utolsó fejezeteként.

Célkitűzései két csoportra bontottak, melyek konkrétumokat tartalmaznak. Az első öt pontban szélesebb faj és fajtakörben tervezte megvalósítani célkitűzéseit, míg a második öt pontban a részletesebb vizsgálatokat két fajra alapozva tűzte ki célként.

Anyag és Módszer

A növényi anyag ismertetése esetén az 1. melléklet 135 genotípust ismertet, a 76. oldalon 133 genotípusról van szó. Kiemelem, hogy ilyen sok faj és fajta vizsgálata nagyon nagy feladatot ró a kutatóra, mivel rengeteg adattal kell dolgoznia és a sok-sok értékes információból kell a legértékesebbeket a tudományos közösség elé tárni. Tehát nem tartom lényegesnek az elírást, de jó lenne tudni, hogy melyik az a kettő, amelyik kimaradt, vagy a 133 csak elírás?

A fizikai-kémiai paraméterek esetében mi alapján döntötték el az ismétlés számokat, hisz az egyik esetben 10-35, míg a másik esetben 3-10 ismétlésben dolgoztak?

Az egyes antioxidáns kapacitást mérő módszerek esetében az ismétlések technikai jellegűek, vagy valós biológiai ismétlések voltak? Három ismétlésben történtek-e a vizsgálatok?

Az 54-56. oldalon leírtak részben ismétlődnek a 78-81. oldalakon. A korábbi leírást a szakirodalomból célszerű lett volna elhagyni. Az ismétlés persze sohasem árt.

A módszerek leírása nem részletes, de megfelelő pontosságú. Kifejezetten jónak tartom, hogy az egyes mért paraméterek, értékek mértékegységeit, azt hogy miben fejezi ki az adott mérést, rögzíti minden esetben.

Leírása alapján, a 82. oldalon (4.15 fejezet) felsorolt enzimeket kódoló génekre terveztek primereket. A felsorolásban szerepel a flavonol-szintáz (FLS) is, azonban az 1. táblázatban felsorolt primerek között a PCR amplifikálásra tervezettek között nem találtam. A 3. táblázatban a specifikus célgénekre tervezettek között azonban már erre is találtam tervezett primert. Tehát a korábbi szakaszból véletlenül maradt ki?

Az enzimeket kódoló génekre tervezett primer szekvenciákban több helyütt is alternatívát biztosító nukleotid került (1. táblázat).

Jó néhány esetben (C4H-F1; C4H-R1; CHI-F; CHI-R stb.) 4-5 ponton is alternatív lehetőséget biztosít, mely alapján a variációk száma hatványozottan növekszik. Hogyan ellenőrizték, hogy a nagyszámú variáns közül a célzott allélt kapta-e meg termékként, amit várt? A 83. oldalon hivatkozott 8. és 12. táblázat helyett 9. és 13. táblázat lett volna szerintem a helyes, hisz a 8. táblázat a gyümölcsök fizikai paramétereit tartalmazza stb.

A genetikai adatok kiértékelésére választott programok a legmodernebbek és a kitűzött célt kiválóan szolgálóak. A hozzájuk kapcsolódó matematikai modellek leírásával a szerző sokat segített az érthetőségen, világossá válik, az olvasó számára mit jelentenek az értékek.

Az antioxidáns kapacitás, a polifenol tartalom és a különböző paraméterek összehasonlítását, megfelelő statisztikai próbákkal igazolta.

Eredmények

A szerző és munkatársai hatalmas munkát végeztek el, azt jól érthető módon tárja az olvasó elé. Eredményeinek bemutatását a csonthéjas gyümölcsök antioxidáns kapacitásának összehasonlításával kezdi. A 11. ábrán látható értékek, az összes módszerrel elvégzett vizsgálatok a fajtákon, és azok szorzataként értelmezhető? Ha igen akkor nagyon meglepő, hogy a nagy fajtaszámmal jellemezhető őszibarack és cseresznye esetében milyen kicsi az adatok variabilitása, míg a kevés számú kökényre vonatkozóan és a nagyobb számú meggyénél is mennyire nagy. Mi lehet a háttérben?

A kajszi fajtáknál gyönyörűen látszik az adatokból, habár csak kettő év adata áll rendelkezésre, hogy a genotípus a meghatározó az antioxidáns kapacitás esetében, míg a polifenoloknál már az évjárat hatás is jelentős mértékben jelentkezik. Az érésidő és FRAP értékek esetében a nagyon alacsony korrelációs értékek miként mutathattak szignifikáns összefüggést? Nem tartom szerencsésnek a 100. oldalon az utolsó bekezdésben szereplő új kajszifajták és hagyományos fajtákból képzett csoportok összehasonlítását. Logikusnak tűnik a csoportosítás, de nem tekinthető egzaktnak, inkább önkényesnek. A hibája még, hogy a fajtákat nem azonos évben vizsgálta, a 'Bergarouge', 'Latter Sabatini', 'Ninfa' stb. adatai 2010-ből származnak, míg a többi majdnem mind 2006., 2007. évekből. Ezekből az adatokból semmilyen következtetést nem szabad levonni.

A 'Gönczi magyarkajszi' és a 'Preventa' összehasonlító vizsgálata jól mutatja a genotípus meghatározó szerepét a FRAP, a TAC és a TPC értékekre. Azonos alanyon termesztett a két genotípus?

A gyümölcshéj és hús génexpressziójában kimutatott különbségek nagyon fontos információk, ha ezeket a kapott különbségeket sikerül az antioxidánsok és polifenolok szintézisével összekapcsolni.

A cseresznyefajták antioxidáns kapacitása vizsgálatánál az árufajták esetében tett megállapítás, hogy a legnagyobb FRAP értékeket mely fajtáknál mérték, úgy lenne helyes, ha a legnagyobbhoz egyetlen érték tartozna, a többes szám itt nem helyes.

Az ukrán és főárfajták boxplot analízise szerintem nem mutathat valós információt, mint ahogy a kajszinál sem tudom ezt elfogadni.

Kiváló a populáció vizsgálatára, de összehasonlításra olyan esetben, amikor nincs pontos definíciója, hogy miért azt a 13 cseresznyefajtát választottam ki az árufajták közül, akkor ez megtévesztő.

A csapadékmennyiséggel való összefüggést érdekes megközelítésnek vélem. Nem a talaj vízkapacitása lett volna érdekes? A januári csapadék és az érésben lévő gyümölcs antioxidáns kapacitás összefüggése milyen élettani folyamatokon keresztül vezethető le?

A meggy gyümölcserése során említi, hogy a gének expressziója a 4. érési fázisig növekedett és felsorolja az érintett enzimeket. Szerintem a CHS és a CHI a VN-1 genotípus gyümölcshéjában ez folyamatosan növekedett az 5. érési fázisig. Meg lehet-e mondani a szintézis utak egyes lépcsőit követve, hogy melyik génexpresszió segíti az antocianinok, melyik az antioxidánsok és melyik a C-vitamin gyarapodását?

A 6.1.1 alfejezetben a gyümölcsfajok fajon belüli variabilitásának sorrendjét helyesen állítja fel, de szerényen illene megjegyezni, hogy a szerző által vizsgált genotípusok alapján. Teljes biztonsággal jelenti-e ki a variabilitás mértékére vonatkozóan a szerző azt az állítását, hogy további genotípusok ezt nem befolyásolnák pl. a kisebb genotípus számmal szereplő japánszilva több fajtáját bevonva stb. esetében? Erre utal az eredmények megvitatása során a szilvafajták esetében hivatkozott irodalom is (Gil és mtsai., 2002; Vizotto és mtsai., 2007), melyben a 3-5-szörös mértéket meghaladó értéket mértek a hivatkozott irodalmakhoz képest. Ugyanezt említi a cseresznyénél is.

A dolgozat külön kiemelkedő érdeme, hogy az egyes fajokon belül vizsgált fajták felhasználására, nemesítési kombinációkra az antioxidáns kapacitás vizsgálatok alapján konkrét javaslatokat tesz. Alaputatástól a felhasználásig. Gratulálok!

Nagyon fontos eredménynek tartom az antioxidáns kapacitás vonatkozásában a főbb vegyületcsoportok elkülönítését, mely több komplex vizsgálat összehasonlító elemzésével volt megvalósítható. Azonban elgondolkodtam azon, hogy mennyire pontosak ezek az elválasztási technikák az egyes vegyületcsoportok antioxidáns hatásának mérésében és együttes hatásuk összegződő, vagy egymást gerjesztő, tehát több mint az egyszerű összegük?

Fresnedo-Ramirez és mtsai. (2013) az őszibarack esetében, mint modell növény a *Prunus* nemzetség genetikai elemzésén belül, leírják a fajták teljes genomjára vonatkozóan, hogy komoly heterogenitásbeli különbségek figyelhetők meg közöttük. A vizsgált modern fajta 'Dr Davis' kevésbé heterogén a referencia fajtához képest, mint a régebbi fajta. Ez a doktori mű, Hegedűs Attila eredményeinek a fontosságát kiemeli, hisz ők hasonló következtetésre jutnak, hogy a nemesítésbe minél régebbi fajták bevonásával növelni lehet a genetikai variabilitást. Megjegyzik azt is, hogy a metabolikus utak is eltérőek, genotípusok szerint és ezeket célszerű vizsgálni a jövőben. Miként látja megvalósíthatónak a jelölt az általa azonosított flavonoid bioszintézisben feltehetően szerepet játszó gének funkcionális tesztelését?

A 6.5 alfejezet első mondatából szerintem hiányzik, hogy minek a növekedése figyelhető meg az érés korai szakaszában? Persze lehet arra következtetni, hogy a gyümölcstről van szó és nem a hajtásról, vagy valami beltartalmi értékről, de mégis hiányzik a mondatból, hogy mire vonatkozik az.

A katechin és epikatechin bioszintéziséhez szükséges enzimeket kódoló gének transzkriptumának mennyiségében a két vizsgált fajta között eltérést tapasztalt (következtetések 154. és 155. oldal). Leírása alapján mind a katechin, mind pedig az epikatechin szintéziséhez szükséges LAR (leukoantocianidin-reduktáz), illetve ANS (antocianidin-szintáz) és ANR (antocianidin-reduktáz) enzimeket kódoló gének transzkriptuma esetében a 'Preventa' rendelkezett nagyobb mennyiséggel. Katechinból a 'Preventa', epikatechinből azonban a 'Gönczi magyarkajszi' tartalmazott többet. Miből adódhat akkor ez a jelenség?

Nagyon jónak tartom, hogy a következtetései végén egy-egy mondatban az eddigi eredményein alapuló, jövőbeni lehetséges, vagy tervezett kutatásokra utal. Pl. megemlíti az izoflavonoidok bioszintézisének érdemleges vizsgálatát a 'Pipacs 1' meggyfajtában mért genisztein tartalommal összefüggésben. A fahéjsav-4-hidroxiláz (C4H) enzimet szabályozó gén 10-szeres transzkriptumot tartalmazott a VN-1 gyümölcshéjban a 'Pipacs 1'-hez képest, ami több p-kumársavat kellene, hogy eredményezzen, így elméletileg több szubsztrátummal indul útnak a flavonoidok szintéziséhez. Melyik enzimet szabályozó gén transzkriptuma volt az említett arányban alacsonyabb, hogy a VN-1 kisebb antioxidáns kapacitással rendelkezik?

Véleményem szerint az *in vivo* kísérletek beillesztése a dolgozatba szükségtelen volt. Egy fontos kutatást mutat be, de elő kísérletről van szó és sem az anyag és módszer, sem az eredmények fejezetekben nem tárgyalja. A célkitűzések utolsó, 10. pontjában ugyan megemlítésre kerül. Az eddigi eredmények alapján tett új tudományos eredmény megállapítása, még ha óvatosan is fogalmaz, nehezen állja meg a helyét.

Egy kiemelten fontos kutatási terület, összefogott, jól értelmezhető és áttekinthető összefoglaló tanulmányát kaptuk a jelölttől. A kutatás fontos területeivel foglalkozott, módszerek összehasonlító elemzésével, genotípusok fenotípusos és genotípusában megjelenő eltéréseivel, a fenotípusban megjelenő és beltartalmi értékekben megjelenő 'termékek' előállításához vezető szintézis utak genetikai hátterének feltárásával. Ismételten gratulálok!

Új tudományos eredménynek fogadom el:

1. Antioxidáns és összes polifenol tartalma alapján a vizsgált genotípusok közül kiemelkedőnek tartja a PC4 cseresznyeszilvát, a 'Super Giant' japánszilvát, a vérbélű őszibarackot, a 'Preventa' kajszihibridet, egy szelektált fekete cseresznye klónt, néhány ukrán cseresznyefajtát, a 'Pipacs 1' és 'Fanal' meggy fajtákat és a VN-1 szelektált klónt, az S2 kökény genotípust.
2. Igazolta, hogy a 'Pipacs 1' meggyfajta és a 'Preventa' kajszihibrid kiemelkedő antioxidáns kapacitása döntő mértékben a polifenolos vegyületeknek köszönhető, és ez stabil tulajdonság, évjárártól kismértékben függő.
3. Igazolta, hogy a színtelen polifenoloknak bizonyos fajták esetében pl. 'Pipacs1' és 'Melitopolszkaja krapcsataja' az antioxidáns kapacitása mértékének alakításában legalább akkora jelentősége van, mint az antocianinok mennyiségének.
4. Bebizonyította, hogy a 'Preventa' és a 'Gönci magyarkajszi' gyümölcshéját nagyobb antioxidáns kapacitás jellemzi, mint a gyümölcsök mezokarpiumát. A gyümölcsök érése során az antioxidáns kapacitás a 'Gönci magyarkajszi' esetén általában csökkenő, míg a 'Preventa' esetén növekvő tendenciát mutatott.

5. Meghatározta 19 kajszi és 10 meggy gén részleges DNS-szekvenciáját, melyek valószínűsíthetően a gyümölcsök flavonoid szintézisében játszanak szerepet.
6. Igazolta, hogy a kajszi és a meggy putative flavonoid-bioszintézis géneinek expressziója az érés során eltérő tendencia mentén változik: a kajszi esetében az éretlen (kisméretű, zöld) gyümölcsben a legnagyobb, a meggy esetében a teljes érettség eléréséig növekszik.
7. Kimutatta a 'Preventa' gyümölcs kiemelkedő antioxidáns kapacitásának kialakításához vezető flavonoid-bioszintézis útvonalának kulcsenzimeit (PAL, C4H, CHS, CHI, F3H, F3'H, DFR, ANS, ANR és LAR) kódoló gének jelentős szerepét, melyek a legkorábbi érési állapotban jelentősen nagyobb expressziót mutatnak, mint a 'Gönci magyarkajszi' esetében.
8. Kimutatta a MYB és a MYB10 transzkripciós faktorok valószínűsíthető szerepét a meggy antocianin-bioszintézisének transzkripció szintű szabályozásában.

Kérdések:

Mennyire tartja elképzelhetőnek, hogy a Rosaceae családon belül meghatározott antioxidáns kapacitás kialakításáért felelős flavonoid-bioszintézis utat kódoló géneket genetikai transzformációval aktivizálva állítsanak elő egy-egy szupergyümölcsöt?

A *Prunus* nemzetség genomikai adatainak milyen adatbázisa és bioinformatikai szoftvere használható azok elemzésére?

Az antioxidáns kapacitás kialakításához hozzájáruló flavonoid-bioszintézis utat kódoló gének öröklődéséről milyen információkkal rendelkezik, a környezeti hatások szerepe mennyire erős expressziójuk kiváltásában, milyen más tulajdonságokhoz történő kapcsoltság jellemzi ezeket?

A nyilvános vitaülés kitűzését javaslom. A jelölt doktori műve és annak tézisei alapján a sikeres nyilvános vitaülést követően részére a Magyar Tudományos Akadémia Doktora cím odaítélését javaslom.

Keszthely, 2014. január 31.

Dr. Kocsis László

MTA doktora