Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR
MEZŐGAZDASÁGI MÉRNÖKI BSC
NAPPALI TAGOZAT

AZ ANTOCIÁNOS EPIDERMISSZEL RENDELKEZŐ PARADICSOMFAJTÁK BELTARTALMI ÉS MOLEKULÁRIS ÖSSZEHASONLÍTÁSA ÉS GAZDASÁGI FELHASZNÁLÁSI LEHETŐSÉGEINEK VIZSGÁLATA

témavezetők:
Dr. Veres Anikó
Egyetemi docens
Genetika és Biotechnológiai Intézet

Kovács Zsófia
PhD hallgató
Genetika és Biotechnológiai Intézet

Készítette:
Turcsányi tamás

Gödöllő

2023

TARTALOMJEGYZÉK:

1. BEVEZETÉS....4
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS....5
2.1. A paradicsom eredete....5
2.2. A paradicsom rendszertana....5
2.3. A paradicsom növénytani és élettani jellemzése....6
2.4. A paradicsom hazai termesztésének kezdete....8
2.5. A paradicsom gazdasági jelentősége....9
2.6. A paradicsom nemesítése és a célitűzések....10
2.7. A paradicsom beltartalmi mutatói....11
2.8. Szabadgyökök és antioxidánsok....11
2.9. Polifenol....12
2.10. Antociánok....12
2.11. Az antocián bioszintézise....14
2.12. Az antociántartalommal rendelkező nem transzgénikus fajták....15
2.12.1. Az antocián termelődésére ható tényezők....17
2.12.2. Az antociántartalmú paradicsomok fogyasztásának egészségre gyakorolt hatásai..17
2.12.3. Az antociános paradicsomok felhasználási irányai....18
3. ANYAG ÉS MÓDSZER....19
3.1. Felhasznált anyagok....19
3.2. Analitikai mérések....20
3.2.1. Totál Polifenol (TPC) meghatározása....20
3.2.2. Totál Monomer Antocianin tartalom (TMA) meghatározása....21
3.2.3. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározása....21
3.3. A fajták molekuláris összehasonlítása....21
3.4. Kérdőív alapú kutatás....22

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK 24

4.1 Total Polifenol (TPC) tartalom eredményei 24

4.2 Totál Monomer Antocianin (TMA) tartalom eredményei 26

4.3. Antioxidáns kapacitás (FRAP) eredményei 28

4.4. A molekuláris összehasonlítás kiértékelése 30

4.5. Kérdőív eredménye és értékelése 33

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK 41

6. ÖSSZEFOGLALÁS 42

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS 43

8. FELHASZNÁLT IRODALOM 44

1. BEVEZETÉS

A hazai paradicsomtermesztésnek és fogyasztásnak valódi kultúrája van, ami már több, mint 200 éves múltra tekint vissza. Az utóbbi 10 évben új igények kezdtek megjelenni a fogyasztók körében, egyre fontosabb szemponttá váltak termések beltartalmi értékeik és a külső tulajdonságaik is. A hagyományos piros termések mellett megjelentek a cseresznyeparadicsomok, majd a különböző színváltozatok. Néhány éve köztudatba kerültek a sötét lila héjjal rendelkező fajták is, melyek mind kinézetükkel, mind beltartalmi értékeikkel kitudnák elégíteni az elvárt új igényeket.

A téma személyesen is érint, mert 2014 óta termesztem ezeket az úgynevezett „indigó" fajtákat, ez idő alatt majdnem 100 ilyen fajta került gyűjteményembe, melyek közül ebben a dolgozatban 3 ismertebb fajtának hasonlítottam a polifenol, antocianin tartalmát, antioxidáns kapacitását és molekuláris hátterét. A beltartalmi vizsgálat mellett a paradicsomfogyasztók véleményét is felmértük, hogy milyen véleménnyel vannak ezekről a viszonylag új fajtákról.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A paradicsom eredete

A paradicsom, mint egyik legfontosabb kultúrnövényünk eredeti élőhelyét legpontosabban, legkorábban Vavilov írta le, ő úgy gondolta, hogy ez a terület Dél-Amerikában, Peruban található (Vavilov 1927). Jelenleg két hipotézis van, az egyik, amit már Vavilov is megírt, hogy Peruból származik. A másik szerint Mexikóból származik, ugyanis ezen a területen nagyobb fajtavariabilitás található, illetve az európai fajták a mexikóiakhoz hasonló izoenzimekkel rendelkeznek (Peralta et. al. 2006). Az első európai hódítók valószínűleg a *Lycopersicon esculentum var. cerasiforme* fajt találhatták meg és vitték magukkal, melyből az európai fajták kialakulhattak. Az ehhez a fajhoz nagyban hasonlító *Lycopersicon pimpinellifolium*, amely szintén primitív paradicsomnak tekinthető és a *cerasiforme* oldalági leszármazottja (Surányi 2018).

2.2. A paradicsom rendszertana

A *Lycopersicon esculentum* a növények országába (*Plantea*), a zárvatermők törzsében (*Magnoliophyta*), a kétszikűek (*Magnoliopsida*) osztályában, a burgonyavirágúak rendjében (*Solanales*), a burgonyafélék családjában (*Solanceae*), a csucsor nemzetségébe (*Solanum*) tartozó zöldségünk.

A *Solanum* nemzetségbe jelenleg 13 faj tartozik, ami az 1. ábrán látható, melyek nagyon változatos élőhelyeken élnek és hatalmas genetikai sokféleséget hordoznak. A *Lycopersicon esculentum* fajon kívül a többi fajt csak a rezisztencia nemesítésekben hasznosítják, köztermesztésben nem vesznek részt (Bergougnoux 2014).

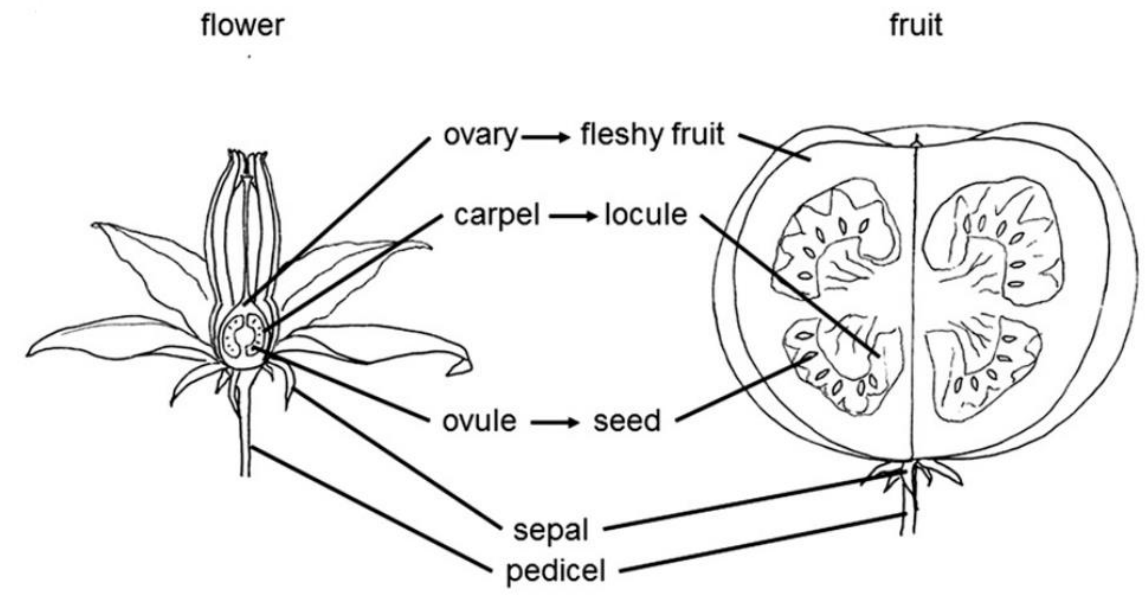
Species (*Solanum* name)		*Lycopersicon* equivalent
S. cheesmaniae		*L. cheesmaniae*
S. galapagense		*L. cheesmaniae* var. *minor*
S. lycopersicum		*L. esculentum*
S. pimpinellifolium		*L. pimpinellifolium*
S. chilense		*L. chilense*
S. chmielewskii		*L. chmielewskii*
S. habrochaites		*L. hirsutum*
S. pennellii		*L. pennellii*
S. neorickii		*L. parviflorum*
S. peruvianum north	*S. arcanum*	*L. peruvianum* var. *hirsutum*
	S. huaylasense	*L. peruvianum*
S. peruvianum south	*S. peruvianum*	*L. peruvianum*
	S. corneliomuelleri	*L. peruvianum* var. *glandulosum*

1. ábra A *Lycopericon* nemzetségbe tartozó paradicsom fajok (forrás: Bergougnoux 2014)

2.3. A paradicsom növénytani és élettani jellemzése

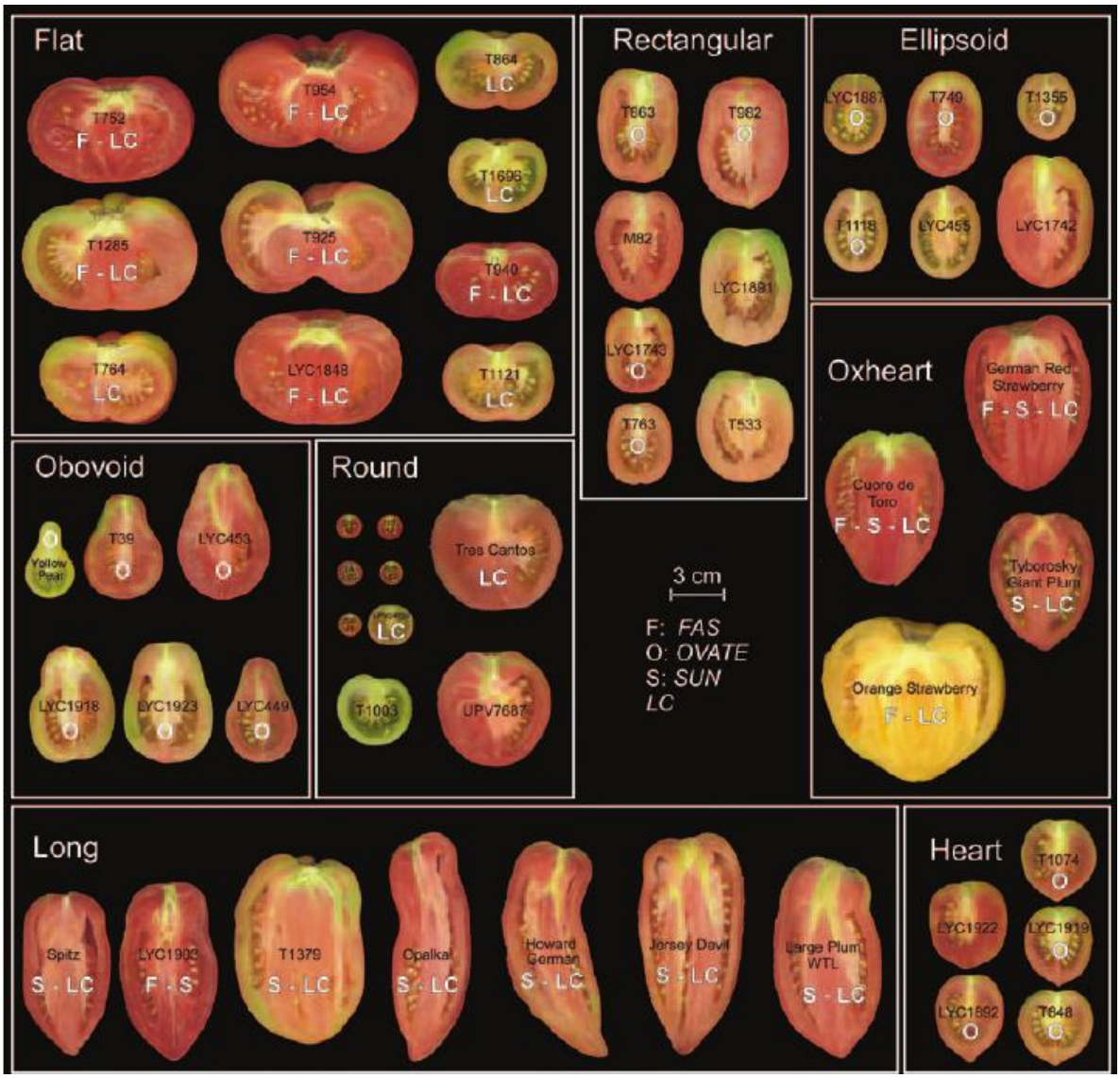
Termesztése és élettana szerint is egyéves növény, ami hatalmas fényigénnyel rendelkezik. A fejlődésére és a pollenek képződésére a fényerőssége van hatással, aminek erőssége el kell érje a minimum 100J/cm^2/nap értéket. A fény időtartalmára közömbös, de minimum 8, maximum 16 óra megvilágítás az ideális, a rövid nappalok viszont negatívan érintik a virágok képződését. Hőoptimuma 22°C+-7°C, ezen a hőmérsékleten is csírázik a legmegfelelőbben. Vízigénye igen nagy, de jól tudja hasznosítani 20-40cm mélyre hatoló gyökereivel. Nagyon igényes a tápanyagok tenyész idény szerinti jó eloszlására, ezt az eloszlást nehezíti a könnyen felboruló NPK egyensúly (Balázs S. 2004).

Hajtásrendszer szerint lehetnek indeterminánltak és determináltak, ahol attól függően, hogy hány fürt van a főhajtáson megkülönböztethetjük a féldeterminált típust is, ahol a 8.-9- fürttel zárul a főhajtás. A főtengelyhez kapcsolódó levelek összetettek és a fajtára jellemzőek. A virágok 5 sziromlevéllel rendelkeznek, a portokok a virághoz részben zárt csövet alkotva kapcsolódnak, melyen túlnyúlik a bibeszál (2. ábra).



2. ábra A paradicsom virág és termésszerkezete (forrás: Bergougnoux 2014)

A termések fejlődésének 4 szakaszát lehet elkülöníteni, a 2-3 hetes virágnövekedést, a nagyjából 2 hétig tartó intenzív meiotikus osztódási időszakot, a sejt expanziós időszakot és a végső érési időszakot, amelyben végbe mennek a kémiai és biokémiai változások (Bergougnoux 2014.). A termések alakjai nagy diverzitást mutatnak, összesen pedig 8 nagy formacsoportba lehet besorolni őket (3. ábra).



3. ábra A termésformák csoportosítása

2.4. A paradicsom hazai termesztésének kezdete

A paradicsom 1651-ben került Magyarországra Bécsből, 1664-ben már Lippay János is beszámolt erről a növényről. Az új kultúrnövény betelepülése másik irányból a 17. században bevándorló szerbek által is végbe ment. Az 1870-es évekre már a termesztése meghonosodott és termesztési központok jöttek létre (Surányi 2018). Az leghíresebb ilyen körzetek a fóti, mogyoródi vagy a rákospalotai, majd a Kecskemét környéki és a hatvani. Az 1930-as évektől kezdett iparszerűvé nőni az ágazat, a II. világháború után pedig tekintélyes méreteket öltött. Az ehhez szükséges hátteret a Zöldségtermesztési Kutatóintézet biztosította. A konzervipari

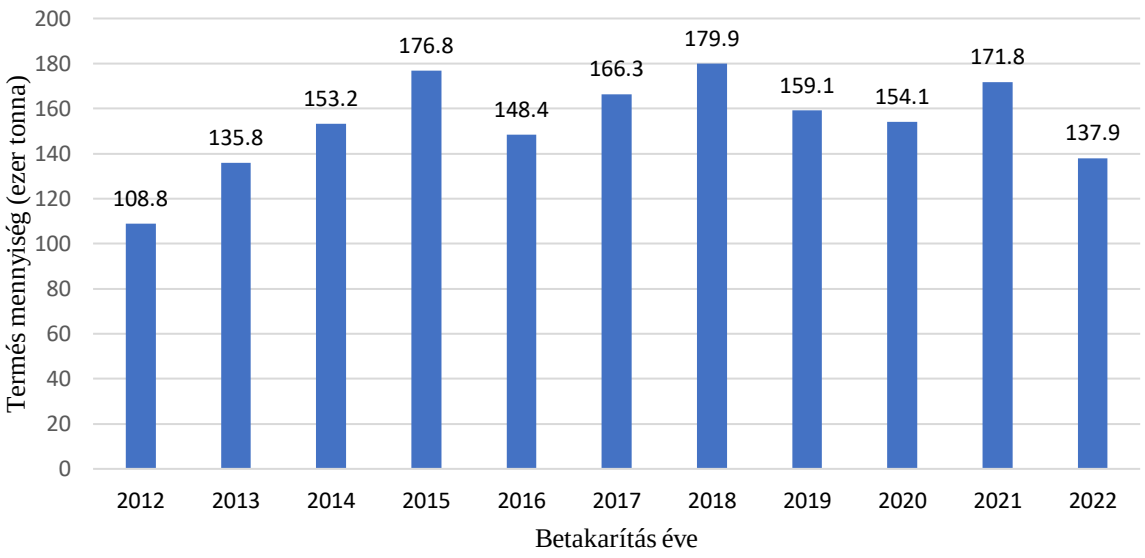
fajtákat itt nemesítették és kísérletezték ki, melyben hatalmas szerepet vállalt Mészöly Gyula, aki 13 állami elismerésű fajtát alkotott, köztük az első hazai hibridet is (Kertészet és Szőlészet 2010).

2.5. A paradicsom gazdasági jelentősége

Magyarországon 2022-ben 1683 hektárról takarítottak be paradicsomot összesen 137,8 ezer tonnát, ami elmarad az utóbbi évek átlagaitól (1. diagram).

Az itthon felhasznált mennyiség 14%-át importból fedezik. Az összes hazai termés kb. 5%-át

1. diagram betakarított paradicsom termésmennyiség (ezer tonna)

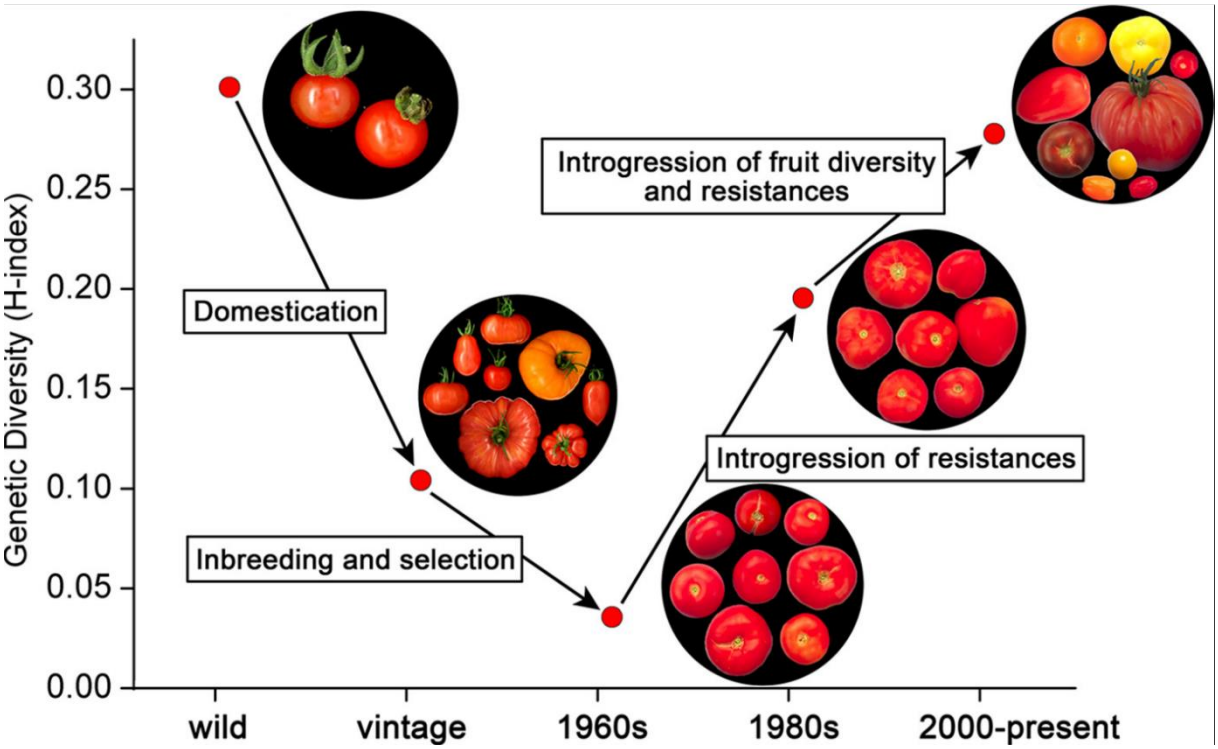


exportálják főként Szlovákiába és Romániába. A 2020-as adatok szerint az itthon betakarított paradicsom 54,5%-a volt ipari paradicsom és 70,1 ezer tonna volt friss étkezésiként értékesítve. A hazai fogyasztás a KSH adatai szerint átlagosan 6-7 kg, ami egyértelműen növekedett az utóbbi 10 évben (KSH 2020). 2021-ben a világon összesen 184 millió tonna paradicsom termett, ami 2%-os növekedés 2020-hoz képest és továbbra is növekedő tendenciát mutat. A legnagyobb európai exportőrök továbbra is Hollandia és Spanyolország, de a külkereskedelmi egyenleg még mindig negatív a harmadik országszágokkal szemben. Főleg a tavaszi és téli időszakban érkezik Marokkóból nagymennyiségű import (NAIK 2020).

2.6. A paradicsom nemesítése és a célitűzések

A paradicsomot, mint a legtöbb zöldségnövényt a XX. század elejéig kizárólag szelektálták és így állítottak első új fajtákat. Az első hibrid vetőmag csak 1946-ban került forgalomba, itthon pedig a Kecskeméti 3 F1, amely 1969-ben kapott állami elismerést (Kertészet és Szőlészet, 2010). A hibridekkel jobban ki lehetett már aknázni a keresztezéseknél fellépő heterózist és nagyban meggyorsította új rezisztens fajták létrehozását. Már a hibridek megjelenése előtt is használtak vad fajokat, amik génjeinek beépítése nagyon hosszadalmas volt, de az új technikával már pár év alatt sikerült beépíteni ezeket. Ezeket a vad fajokat, mint a L. peruvianum, L. chilense a mai napig felhasználják és olyan kórokozók ellen sikerült ellenállóságot szerezni, mint a ToMV vagy a TYLCV (Rezk et. al. 2021).

A nemesítési célkitűzések az 1970-es években a minél magasabb egy négyzetméterről lehozható termésmennyiség volt. Ezt váltotta az 1980-as években a termések eltarthatóságának javítása, a 90-es években pedig már a vásárlói igényekhez alkalmazkodva a termések íze, színe és mérete is meghatározó lett (Bai et. al. 2007). Ezek a trendek nagyban befolyásolták a jelenleg termesztésben lévő fajták genetikai hátterét. Az 4. ábrán látható, hogyan változott a termesztett fajták diverzitása a vad őshöz képest (Schouten et. al. 2019). Az utóbbi évtizedek trendjei közé tartozik, hogy minél egészségesebb, jobb beltartalmi mutatókkal rendelkező paradicsomot hozzanak létre, ide tartoznak a lila, nagyon magas antociántartalommal rendelkező fajták.



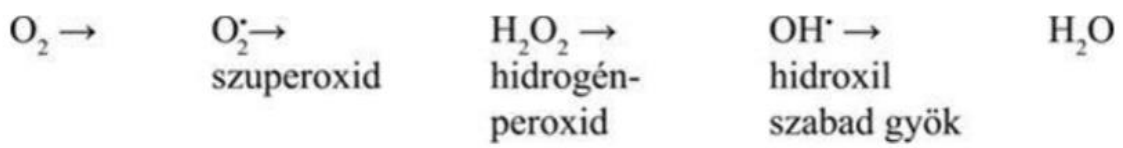
4. ábra A köztermesztésben lévő fajták genetikai varianciájának alakulása (forrás: Monforte et. al. 2013)

2.7. A paradicsom beltartalmi mutatói

A paradicsom víztartalma 93-97% körül mozog, a maradék szárazanyag határozza meg a BRIX°-ot, ami 100 gramm nyers mintában mutatja meg a vízoldható szárazanyag-tartalmat. A jellemző BRIX° így 3-7 körül mozog, melynek nagyrésze kb. 60%-a cukor (Helyes 1999). A teljesen érett paradicsom C-vitamin tartalma 20-30mg/100g, karotin tartalma 0,5-0,9mg/100g, tehát elmondható, hogy 2-3db 100g nagyságú paradicsom fedezi a C-vitamin szükségletet és a karotintartalma is meghaladja az ajánlott napi mennyiséget. Átlagosan 50 mikrogramm B1 és B2 vitamint tartalmaz. 100 gramm termésben pedig 22 kalória van, így tökéletesen beépíthető a legtöbb étrendbe (Fehér 1998).

2.8. Szabadgyökök és antioxidánsok

Szabadgyökként definiálható minden olyan molekula vagy atom, amelynek párosítatlan elektronja van a külső elektronhéjon. A párosítatlan elektron olyan közös tulajdonságokat eredményez, mint a nagyfokú reaktivitás és az instabilitás. Redukáló vagy oxidálószerként viselkedve elektront adhatnak vagy vehetnek el molekuláktól. Az ilyen folyamatok alatt olyan fontos molekulákat is megtámadnak, mint a DNS, lipidek vagy a fehérjék, ezzel sejtek károsodását okozzák (Lobo et. al. 2010). A szabadgyökök fontos szerepet is betöltenek. A szervezet védekező folyamatait igazítják és több molekuláris biológiai folyamatban is részt vesznek, mint a sejtciklus szabályozása (Davis 2000). A szabadgyökképződés leggyakoribb útja, amikor a mitokondriális működés során az oxigén vízzé alakul, viszont ez a reakció megszakadhat. A folyamat a 5. ábrán látható, megszakadásakor pedig oxigénszármazékok keletkeznek.



5. ábra Oxigén származék gyökök képződése (Pepó, 2011)

Ezeket viszont a sejt hasznos célra is tudja hasznosítani (Szeberényi 2014).

Az oxidánsok semlegesítésére vannak olyan molekulák, melyek képesek ezeket a megkötni, illetve vannak olyanok, melyek megakadályozzák a szabadgyökök kialakulását (Lobo et. al 2010). Az antioxidánsoknak 4 szintje van. A hierarchia „csúcsán” a katalázok és peroxidázok

vannak, ezek a legaktívabb endogén antioxidáns rendszerek, amik szükség szerint stimulálhatóak. A következő szinten a sokk abszorberek vannak, ide tartozik a szövetekben és vérben elérhető albumin, transzferin és a húgysav. A harmadik kategóriát az esszenciális antioxidánsok képviselik, melyek közül sokat a táplálékkal is képes felvenni az emberi szervezet, ilyenek az aminosavak, vitaminok (E és C-vitamin). Ide tartoznak még olyan komplexebb molekulák intermedierjei, mint a szkvalén vagy összetettebb makromolekula részeiként a koenzim Q10. A hierarchia alján a flavonoidok, polifenolok vannak. Emellett létezik olyan rendszerezésük is, ahol a láncreakciót úgy nevezett elsődleges antioxidánsok szakítják meg, mint a C-vitamin. A másodlagos, védő hatást olyan molekulák végzik, mint a flavonoidok és polifenolok. A védő hatás egyik legjobb példája a Fenton reakció, ahol a hidroxil gyökök keletkezése ellen nyújtanak védelmet (Cornetti 2009).

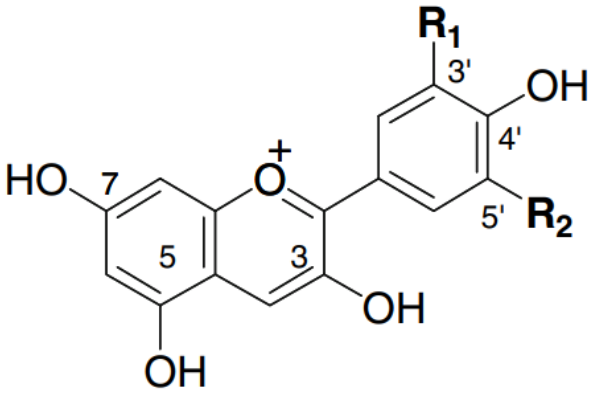
2.9. Polifenol

A polifenolok növények által termelt másodlagos anyagcsere termékek. Ezek a vegyületek az oxidatív stressz mérséklésére alkalmasak, mérséklik a kelátképződést és az oxidációt, mert szabadgyökök megkötésére képesek. A növényekben védelmet nyújtanak az abiotikus és biotikus stressz ellen. A külső növényi rétegekben felhalmozódva védelmet nyújtanak az UV sugárzástól és a kórokozók és kártevők által kiváltott stresszt mérséklik (Dini and Grumetto 2022). Az emberi étkezésben a polifenolok fontosak, számos egészségügyi előnnyel rendelkeznek, antioxidáns és gyulladáscsökkentő hatással rendelkeznek. Ezen hatásai miatt az utóbbi években az ilyen tartalommal rendelkező élelmiszerek iránti kereslet megnövekedett (Zhang et. al 2021).

2.10. Antociánok

Az antocianin molekulák a növényi szervek legfontosabb színanyagai. Jelen vannak a gyümölcsökben, szárakban, levelekben és a virágokban, ahol a lila, kék, piros és narancssárga színt hozzák létre (Gombkötő 1985). Az antocianinok a fenolos vegyületek flavonoidjai, vízben és alkoholban is jól oldódnak, a vizes oldatban alacsonyabb pH-n stabilabb, ami befolyásolja a színét is. Az alacsony pH szinten az antocianin fő formája flavyum kation, amely vörös színt ad. A pH szint növekedésével a vörös árnyalat egyre csökken és kék színbe vált át (Wahyuningsih et. al. 2017). A pH mellett a növények genetikája és a növényt ért abiotikus hatások is kihatással vannak a színre, ilynek az UV, a fény intenzitása és a hőmérséklet. A természetben leggyakrabban előforduló antocianidinek a delfinidin (12%), cianidin (50%),

petunidin (7%), pelargonidin (12%), peonidin (12%) és a malvidin (7%) (6. ábra). A delfinidin, cianidin és a pelargonidin nem metilezett antocianidinek, ezek alkotják a levelek pigmentjeinek 80%-át, a gyümülcsök pigmentjeinek 69%-át és a virágok pigmentjeinek felét (de Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta, et. al. 2007).



R1	R2	Anthocyanidin
H		Pelargonidin
OH	H	Cyanidin
OH	OH	Delphinidin
OH	OCH3	Petunidin
OCH3	H	Peonidin
OCH3	OCH3	Malvidin

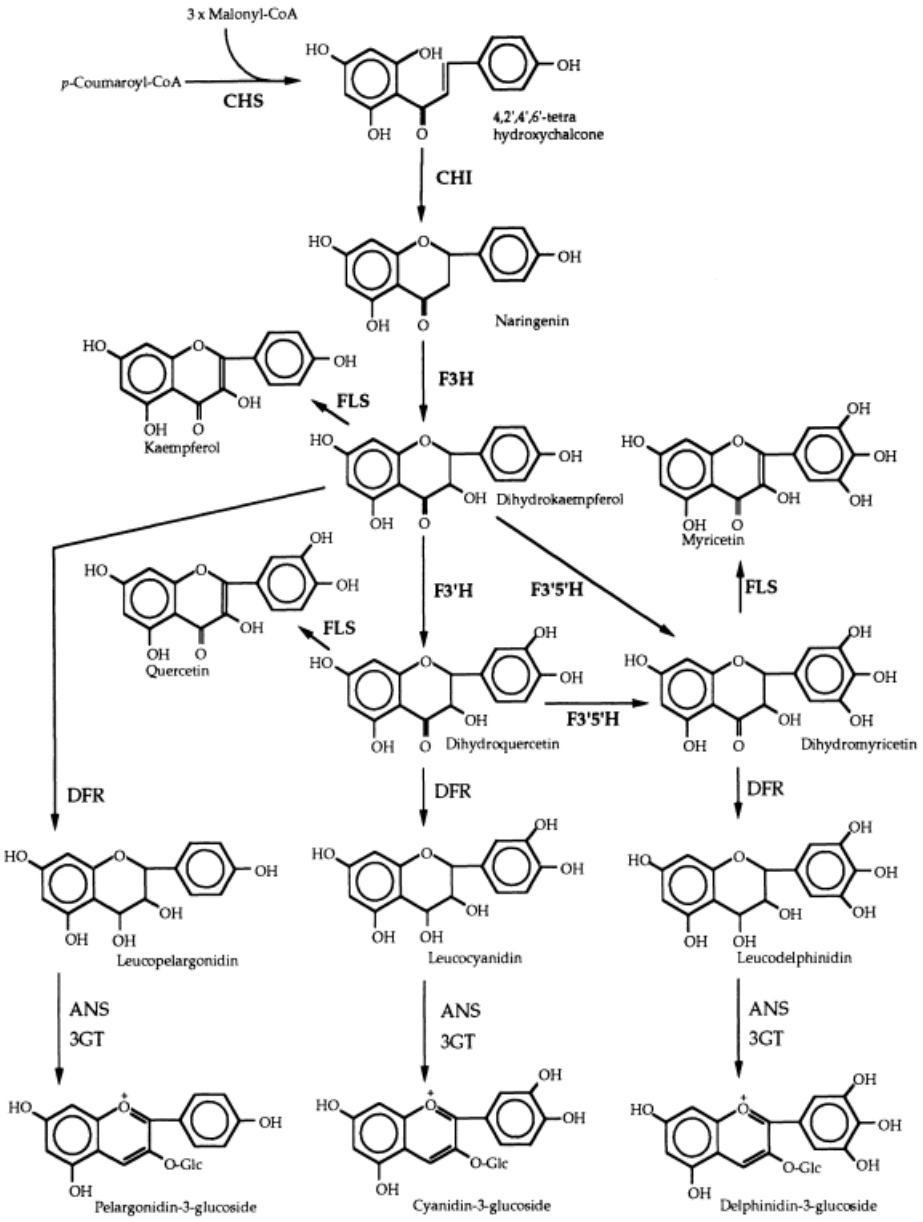
6.ábra Az antocianidek szerkezete (de Pascual-Teresa and Sanchez-Ballesta, et. al. 2007).

Az antocianinoknak nagy szerepe van az abiotikus stressz mérséklésében, az ilyen körülmények közt a reaktív oxigén gyökök túltermelődik a növényekben és ezzel oxidatív stresszt okozva. A reaktív oxigén gyökök jelátvitele után a növények antociánokat termelnek az antocianin bioszintézis gének transzkripcióján keresztül. Az így keletkező antocianinok ezután az antioxidáns tevékenységben fognak hasznosulni (Naing et. al. 2021). Paradicsomban ilyen folyamatok zajlanak le a hideg hatására is, ami stresszt okoz a növényben, a szárakon és leveleken pedig megjelenik az antocianin jelenlétére utaló lila szín (Kiferle et. al. 2015).
Az antocianinok nem tartoznak az esszenciális tápanyagok közé, emiatt nem írnak elő napi javasolt minimális bevitelt. Az átlagos napi fogyasztás nagyjából 15 és 50 mg közt alakul. Kínában az igazolt egészség megőrző hatása miatt napi 50 mg-os napi normát javasolnak. A napi fogyasztása védő hatással van a szív és érrendszeri megbetegedésekkel szemben és a neurodegeneratív betegségek ellen is hatásosnak bizonyult (Mattioli et. al. 2020). Emellett a rákos megbetegedések megelőzésében is fel lehet használni, például patkányokban csökkentették a nyelőcső daganatának esélyét (Wang et. al. 2019). A 2-es típusú

cukorbetegségben szenvedőknél sikerült megakadályozni antioxidánsok (főleg antocianinek) segítségével az inzulinrezisztencia kialakulását (Li et. al. 2015).

2.11. Az antocián bioszintézise

Az antocián bioszintézise egy nagyon stabil útvonal, amely minden magasabb rendű növényben közel azonos reakciókkal megy végbe. A folyamat elején egy kondenzáció megy végbe egy 4-kumeroil-CoA és három malonil-CoA közt, a malonil-CoA naringenin kalkonnná, majd naringeninné alakul, a kalkon-szintáz, a kalkon-izomeráz és a flavanoid 3'-hidroxiláz (F3H) hatása miatt. A következő folyamatban az F3H enzim a naringenint dihidrokaempferollá alakítja a flavanon hatása miatt. A dihidrokaempferol tovább hidroxilezve a flavanoid 3'-hidroxilázzal vagy a flavonoid 3'5'-hidroxilázzal dihidroflavonollá alakulhat, amiből dihidroquercentin és dihidromiricetin állítható elő (7. ábra). A folyamatok legvégén 3 enzimre a dihidroflavonol 4-reduktázra, a flavonoid 3-O-glükozitranszferázra és az antocianidin-szintázra van szükség a színanyagok létrehozásához (Holton and Cornish 1995, Springob and Mtsai, 2003). A végső képződött glükozidok 3 színt fognak adni, a cianidin 3-glükozid pirosat, delfinidin 3-glükozid kéket a perlagonidin 3-glükozid sárgát. Az antociánra jellemző lilás színt a glükozidek együttesen fogják adni (Sasaki et. al. 2014).



7.ábra Az antocianidek szintézis útvonala (Holton & Cornish 1995)

2.12. Az antociántartalommal rendelkező nem transzgénikus fajták

A L. esculentum fajba tartozó paradicsom fajták termései nem tartalmaznak egyáltalán antociánt, de tartalmaznak más flavonoidokat, mint a naringenin, kalkon és flavonolok (Colanero et. al. 2020). Az antocián viszont kis mértékben, de megtalálható a vegetatív részekben. A levelekben és a szárban az antocián bioszintézisét két tényező a hideg és az

abszcizinsav képes előidézni (Xu et. al. 2023). Az ismertetett tulajdonságai és az, hogy a legtöbb rokonfaj rendelkezik a szintézishez szükséges génekkel, megindított egy folyamatot a 90-es évek végén, hogy a paradicsom termések flavonoid tartalma növelve legyen. Két lehetséges mód van, amivel el lehet ezt a célt érni, az egyik az antociánt kódoló gének beültetése más fajokból. A másik, hogy olyan rokonfajokkal keresztezik, amelyek rendelkeznek már ilyen tulajdonságokkal (Jones et. al. 2003).

Az antociánt termelő gének a termesztett paradicsomban tehát származhatnak vad fajoktól is. A keresztezéseknél a *Lycopersicon chilense*, *Lycopersicon hirsutum*, *Lycopersicon cheesmanii* és *Lycopersicon peruvianum* fajokat használták már az 1960-as és 1970-es években. A *Lycopersicon esculentum* és *Lycopersicon chilense* keresztezéséből származó növények mutattak először lilás fedőszínt (Giorgiev 1972). Ezek a kísérletek csak kezdetlegesek voltak, az első stabil, kereskedelemben is elérhető fajta csak 2012-ben jelent meg. Az első fajtát Myers mutatta be, aki az Oregon államelbeli egyetemen végezte munkáit. Ez a fajta az 'Indigo Rose' neve viseli, az általuk nemesített fajták nevében pedig a továbbiakban is az indigo előtag szerepel (Myers 2012). Ennek oka, hogy a „Black" és „Purple" jelzők az elnevezéseknél problémát okozhatnak, amiatt, hogy antociánmentes termésű fajták is megkapták ezeket a jelzőket, például: 'Black Cherry', 'Purple Calabash' (8.ábra). Az indigo fajta előállításánál 3 potenciális genotípussal indultak, az Abg, Aft és atv elnevezésűekkel. Az eredmények alapján 2 kombináció termelt több antociánt a termés héjában az Abg-atvatv és AftAft atvatv genotípusú növények, melyből a 9.ábrán látható termésű AftAft atvatv génekkel rendelkező paradicsom lett kiemelve (Mese t. al. 2008).

8. ábra Purple Calabash termesztése saját fóliasátorban, 2023.08

9.ábra Indigo Rose termesztése saját fóliasátorban, 2023.08.

2.12.1. Az antocián termelődésére ható tényezők

A terméshéjon a lilás színű elszíneződés, ahogy a levélben, úgy itt is egy külső stresszfaktor hatására képződik. Az UV-A sugárzással kezelt paradicsomokon epidermiszén megindult az antociánképződés, ami a kezelés utáni 1. órában már mérhető volt. A termelés a 6. óráig növekedett, majd csökkent. Ennek oka, hogy a héjon fellépő felhalmozódás védő szerepet is nyújt a sugárzással szemben (Guo et. al. 2010). A leírtak miatt a termések felülete nem egyöntetűen lila, csak, ahol közvetlen sugárzást kapott. Az antocián mennyisége a fényintenzitásától és a megvilágítás hosszától is függ. A megvilágítás hossza is pozitívan hat az antocián növekedésére. A hőmérsékletről elmondható, hogy minimálisan befolyásol csak (Teo et. al. 2022).

2.12.2. Az antociántartalmú paradicsomok fogyasztásának egészségre gyakorolt hatásai

A paradicsomokat széleskörben termesztik és az emberiség egyik leggyakrabban fogyasztott zöldsége. Sok embernek a napi vitaminszükségletének nagy százalékát fedezi, emiatt fontos, hogy a termések beltartalmi értékei javuljanak. Ezeknél a fajtáknál az antioxidáns tartalom növelésével próbálják javítani ezeket az értékeket (Mattoo 2022) A lila héjjal rendelkező nem génmódosított fajtáknál a jelenleg elérhető antociántartalom 1,2mg/g száraztömegre viszonyítva vagy 7,1mg/100g nedves tömegre viszonyítva, ez összehasonlításban a vörös salátával vagy egy világosabb eperrel megegyező. A kivont fenoltartalom pedig átlagosan

kétszeres értéket mutatott a vadtípusú kontrollhoz képest. Összességében pedig az antociános epidermisszel rendelkező fajta TEAC értéke 200%-kal volt magasabb (Blando et. al. 2019).

2.12.3. Az antociános paradicsomok felhasználási irányai

A humán élelmezés talán a legelső helyen áll a felhasználási lehetőségeit nézve ezeknek a fajtáknak, megnövekedett antioxidáns tartalmuk és nem szokványos megjelenésük eladhatóbbá teszi őket. A következő, egyben az ipar számára nagyon fontos tulajdonságban, az eltarthatóságban jobban szerepelt, mint az antociánmentes terméssel rendelkező fajták. A kísérleteknél bebizonyosodott, hogy a magas antociántartalmú epidermisz képes arra, hogy kevesebb vizet adjon le, ezáltal a termések keménysége nagyobb maradt. Emellett a termésen belüli kicsírázás sem fordult elő. A termések *Botrytis cinerára* való érzékenysége is mérséklődött és megállapítható volt, hogy ez a tulajdonság nem a héjvastagsággal, hanem az antioxidáns tartalommal van összefüggésben (Bassolino 2013).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Felhasznált anyagok

A kísérletekhez három indigó színű epidermisszel rendelkező fajtát használtam, kontrollnak kettő olyan fajtát választottam, melyek nem rendelkeznek ilyen tulajdonságokkal. Az indigo fajták a saját gyűjteményből származnak, a kontroll fajták a Nemzeti Biodiverzitás- és Génmegőrzési Központtól lettek beszerezve. A Tápiószentmártoni *'RCAT078757'* katalógusszámmal, a Cigándi fajta pedig *'RCAT031095'* számmal érkezett. Mindegyik fajta a *Lycopersicon esculentum* fajba tartozott.

A fajták rövid tulajdonságai a 1. táblázatban láthatóak. A terméseket augusztusban szedtem le a mérésekhez és az 2. táblázatban láthatóak a termésekre legjellemzőbb fenotípusok.

1.táblázat A beltartalommérésben résztvevő fajták leírása

Fajta	**La Cadero**	**Glossy Rose**	**Tápiószentmártoni**	**Cigándi**	**Indigo Rose**
Héjszíne	Indigo	Indigo	Piros	Piros	Indigo
Termésméret	80-100gr	10-15gr	1-2gr	40-50gr	30-40gr
Terméshús színe	Piros	Világos piros	Piros	Piros	Piros

2. táblázat A beltartalommérésben részvevő fajták küllemi kinézete

Indigo Rose	Legnagyobb antociántartalommal rendelkezik.	
Glossy Rose	Az egyik szülő az Indigo Rose.	

La Cadero	Az egyik szülő az Indigo Rose	
Cigándi	Indigo génekkel nem rendelkezik	
Tápiószentmártoni	Indigo génekkel nem rendelkezik	

3.2. Analitikai mérések

A táblázatban szereplő minden fajtából 5 növény fóliasátorban volt termesztve, Nagybaracskán (46.045325, 18.898406). A mérésekhez felhasznált paradicsomokat minden fajtánál az 2.-3. termésszintről szedtem augusztus 10.-e és augusztus 12.-e közt. A fajtákra leginkább jellemző termések lettek csak a mérésekhez leszedve. A termésekből a magok még fagyasztás előtt eltávolításra kerültek, a mérésekig -20 fokon lettek tárolva a minták. A termések héjából 1-1 külön minta lett kialakítva, a héjas terméshúsból 3-3 minta lett készítve, amiket metanol:víz:hangyasav (60:39:1 v/v%) oldattal extraháltunk. A mintákat folyékony nitrogénben homogenizáltuk, majd ezeket 2 ml oldatba raktuk, és centrifugáltuk (20 perc, 4°C, 4300rpm). A felülúszókat használtuk a mérésekhez, melyeket -32°C-on tároltuk.

3.2.1. Totál Polifenol (TPC) meghatározása

A teljes polifenol tartalmat a Folin-Ciocalteau reagenssel mértük λ=760 nm-en egy Jenway 6105 UV/Vis spektrofotométerrel a Singleton és Rossi (1965) által leírt módszerrel. A mintákat így állítottuk össze: 1250 µl folin, 240 µl metanol:desztillált víz (80:20), 10 µl felülúszó, 1000 µl 0,7 M Na_2CO_3. Az eredményeket mmol galluszsav/g nedves tömeg mértékegységben adtuk meg a galluszsav standard kalibrációs görbéjéhez viszonyítva.

3.2.2. Totál Monomer Antocianin tartalom (TMA) meghatározása

A mérést Giusti és Wrolstad (1996) által leírtak szerint végeztük. A 250 µl mintához 2-2 ml 0,025 M kálium-klorid (pH 1,0) és 0,4 M nátrium-acetát (pH 4,5) puffereket mértünk. Tizenöt perc elteltével az abszorbanciát Jenway 6105 UV/Vis spektrofotométerrel mértük λ = 520 nm és λ = 700 nm hullámhosszúságon. Az eredményeket µg cianidin-3-glükozid/g nedves tömegre adtuk meg, a következő formulát használtuk ennek alapjául:

$$\text{TMA (cianidin} - 3 - \text{glükozid mg/l)} = \frac{A \times MW \times Df \times 10^3}{\varepsilon \times l}$$

Ahol $A=(A_{520}- A_{700})pH\ 1{,}0 - (A_{520} - A_{700})pH\ 4{,}5$, MW = 449,2 g/mol cianidin-3-glükozid, Df = hígítás, ε = 26,900 extinkciós koefficiense a cianidin-3-glükozidnak (GIUSTI és Wrolstad, 1996).

3.2.3. Antioxidáns kapacitás (FRAP) meghatározása

Az antioxidáns kapacitást a FRAP módszer segítségével határoztuk meg. Először a már elkészített növényi kivonatokból mértünk ki 10-10µl mennyiséget a reakcióelegyhez. Ami 300mM acetát puffer, 10mM 2,4,6-tripiridil-s-triazin (TPTZ), 20mM FeCl3 X 6 H2O oldatok 10:1:1 arányú elegye. Az összekeverés után 37°C fokon 15 perc inkubációs idő következett. A méréseket egy Jenway 6105 UV/Vis spektrométerrel végeztük λ=593 nm hullámhosszon. Az antioxidáns aktivitást az aszkorbinsav standard kalibrációs görbéjéhez viszonyítva számítottuk ki. Az eredményeket mmol aszkorbinsav egyenérték/g nedves tömegére vonatkoztatva adtuk meg.

3.3. A fajták molekuláris összehasonlítása

Az RNS izoláshoz szükséges leveleket azonos levélszintekről szedtem le és -20°C fokon tároltam egészen az izolálásig. Az izolálást az E.Z.N.A.® HP Plant DNA Mini Kit segítségével végeztem a gyártó protokollja szerint. A kapott RNS-t a NanoDrop ND-1000 spektrofotométerrel és agaróz gélelektroforézissel ellenőriztük le.

A PCR teszthez 12 iPBS-t használtunk, ezeknek a primereknek a szekvenciája a 3. táblázatban láthatóak. A PCR-eket Bio-Rad iCycler készülékben végeztük, ThermoScientific™ DreamTaq polimeráz felhasználásával a gyártói protokoll alapján.

3. táblázat Az összehasonlításhoz felhasznált primerek

Név	Szekvencia 5'-3'	Forrás
2074	GCTCTGATACCA	Kalendar (2010)
2095	GCTCGGATACCA	
2220	ACCTGGCTCATGATGCCA	
2221	ACCTAGCTCACGATGCCA	
2228	CATTGGCTCTTGATACCA	
2230	TCTAGGCGTCTGATACCA	
2232	AGAGAGGCTCGGATACCA	
2257	CTCTCAATGAAAGCACCA	
2272	GGCTCAGATGCCA	
2277	GGCGATGATACCA	
2373	GAACTTGCTCCGATGCCA	
2380	CAACCTGATCCA	

3.4. Kérdőív alapú kutatás

Helyszín:

A kutatás teljes mértékben online felületen történt. A kérdőív terjesztéséhez saját weboldalam, illetve közösségi média oldalaimat használtam.

Ideje: 2023. október 10.-október 20.

Célcsoport:

Kifejezetten azokat kerestem, akik minimum egy hónapban egyszer vásárolnak vagy fogyasztanak paradicsomot, minden más tényező csak másodrendű volt. A kitöltés önkéntes alapú volt, de törekedtem a minél nagyobb minta eléréséhez.

Módszer:

A kérdőívek elkészítéséhez a Microsoft űrlapkészítő programját használtam, melyben 16 darab eldöntendő és kiválasztható kérdésből, illetve Likert-skálából álló kérdést raktam össze. A kérdések nagyon egyszerűek, gyorsan megválaszolhatóak, tesztként néhány próbakitöltést végeztem, ahol mindegyik visszaérkezett kérdőív használható volt. Összesen 474 fő töltötte ki a kérdőívet, ezekből 468 db volt értékelhető.

Eredmények feldolgozása:

A kérdőívekből kapott adatok feldolgozását a Microsoft Excel programjának segítségével készítettem. A feldolgozott adatokat diagrammok segítségével mutatom be.

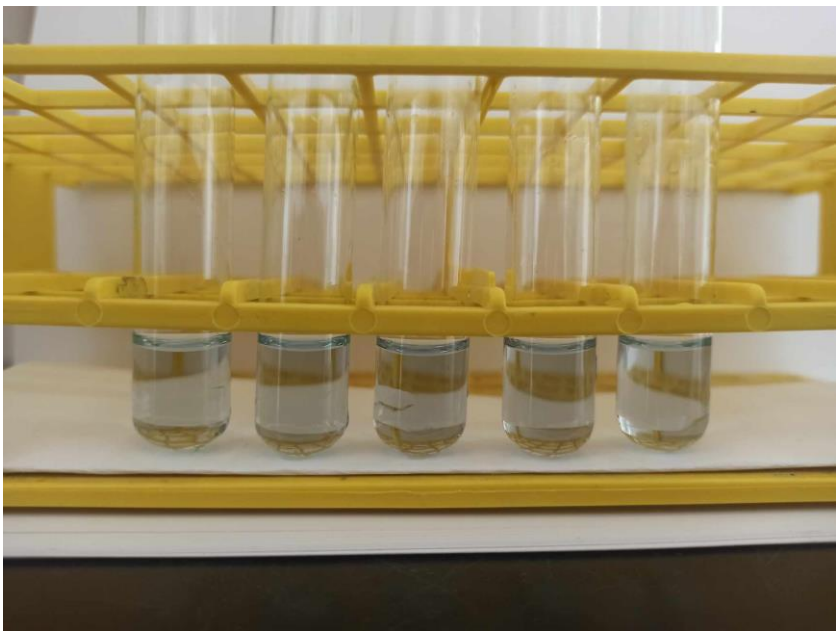
A statisztikai elemzés:

A felmérés során kapott adatokat, ahol lehetett külső forrással hasonlítottam össze. Az alábbi adatokat vetettem össze statisztikailag:

- Az általános paradicsomfogyasztási szokások
- Az indigo fajtákról alkotott vélemények
- Az indigo fajták felhasználása

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

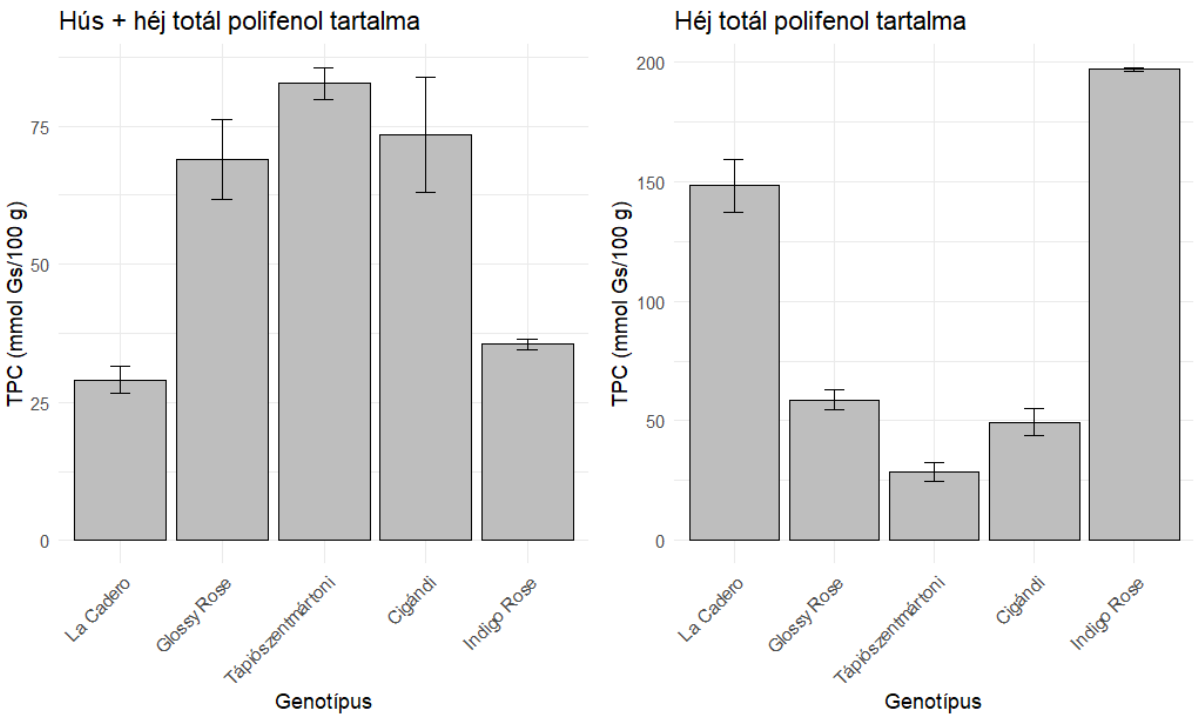
4.1 Total Polifenol (TPC) tartalom eredményei



10. ábra A vizsgált paradicsomminták (terméshéj+terméshús) total polifenol tartalom mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

11. ábra A vizsgált paradicsomminták (terméshéj) total polifenol tartalom mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

2.diagram Az összes használt genotípus polifenol tartalma



Az általam használt fajták teljes polifenol tartalom mérési eredményeit az 2. diagram mutatja be genotípusonként, illetve külön a héj és a héj+hús tartalmát. Az eredményeket mmol galluszsav/g nedves tömeg mértékegységben adtuk meg.

Az eredmények alapján a terméshús és terméshéj mixében az előzetesen vártak alapján nem az antociános fajták tartalmazták a legtöbb polifenolt, hanem a ’Tápiószentmártoni’ kontroll, melynél az ’Indigo Rose’ genotípushoz képes kétszeres 83mmol GS/100g-ot mértünk.

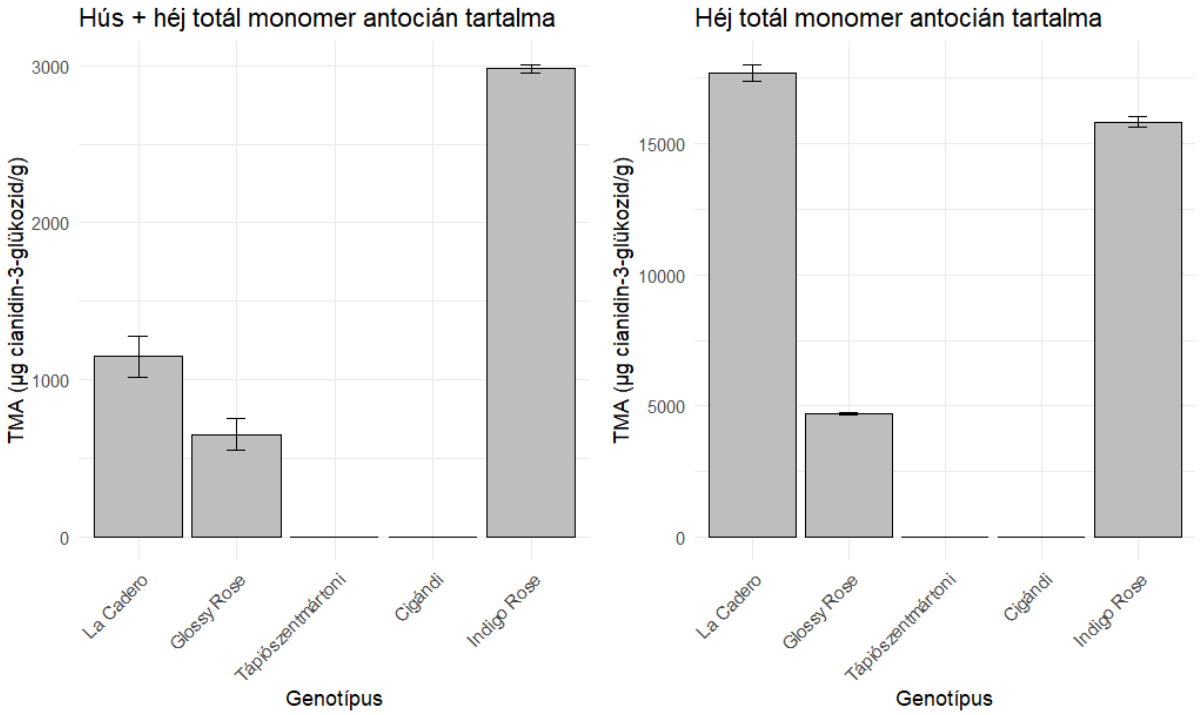
A héj polifenoltartalmának eredményei már a hipotézis szerint alakultak. A legmagasabb értéket a tiszta indigo fajta adta, majd ezt követték a már csak részben indigo fajták. Ezek az adatok hasonlóak Peter J. Mes (2008) tanulmányához, ahol különféle antociánint tartalmazó paradicsomvonalakkal kísérletezett. A kísérletben szereplő összes antocianint tartalmazó vonal magasabb polifenol szintet mutatott az epidermiszben.

4.2 Totál Monomer Antocianin (TMA) tartalom eredményei

12. ábra A vizsgált paradicsomminták (terméshéj+terméshús) teljes monomer antocianin tartalom mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

13.ábra A vizsgált paradicsomminták terméshéjának teljes monomer antocianin tartalom mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

3. diagram Az általunk használt genotípusok antocianin tartalma



A vártakkal megegyezően a hús+héj mixben a legmagasabb antocianin tartalmat az ’Indigo Rose’ adta, ami átszámítva 3mg cianinidin-3-glükozid/g. Ez az érték megegyezik Gonzali és Perata (2020) tanulmányával, ahol a legmagasabb mért antocianin szint a nemesítési vonalaknál maximum 3mg/g volt. A ’La Cadero’ és ’Glossy Rose’ fajta a tanulmánnyal összehasonlítva átlagos értéket mutat. A nagy eltérés oka egyrészt a bogyóméret, ugyanis azonos térfogatra több antocianinben gazdag héj jut. A másik oka, hogy a termések epidermiszét milyen mennyiségű UV érte, vagyis mennyire tudott a héj antocianineket létrehozni.

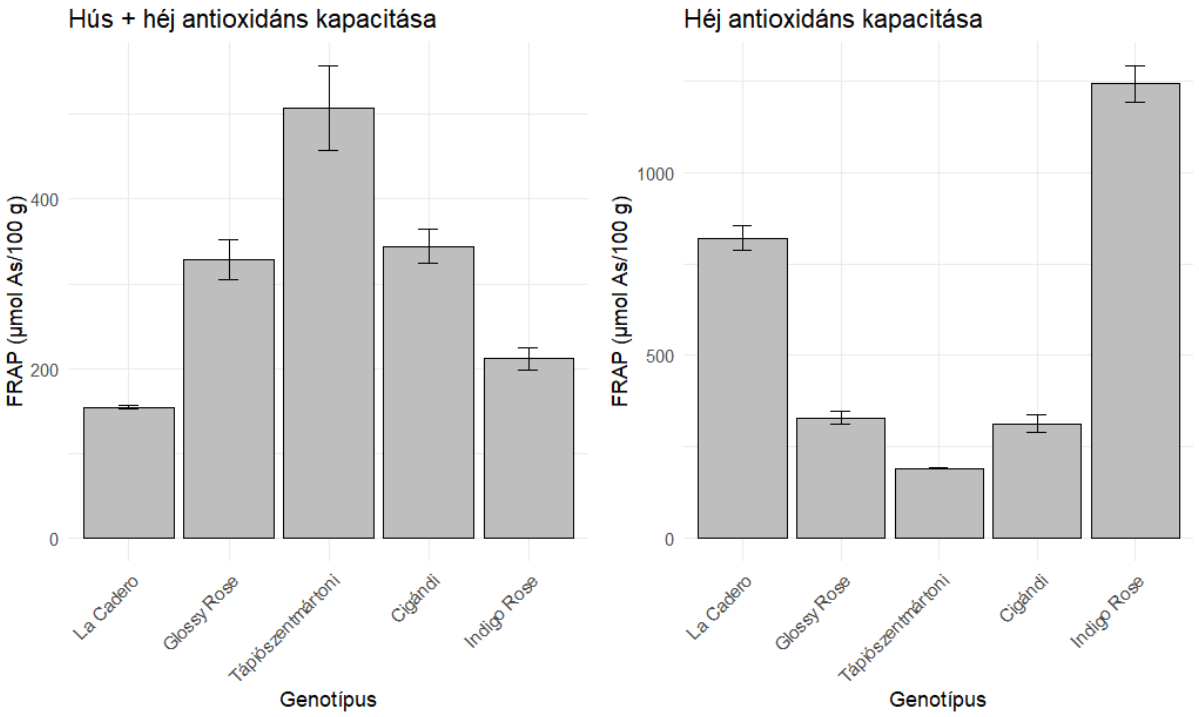
A ’La Cadero’ és az ’Indigo Rose’ közel hasonló mennyiségű antocianint tartalmazott, ez az eredmény várható volt, az 3. diagrammon lévő termésekből vett minták egyformán feketés-barnásak voltak. A ’Glossy Rose’ alacsonyabb antocianin tartalma összefüggésben az érett stádiumban látható héj színével, ami inkább kékes-lilás az ’Indigo Rose’ és ’La Cadero’ fajtákkal szemben.

4.3. Antioxidáns kapacitás (FRAP) eredményei

14. ábra A vizsgált paradicsomminták (terméshéj+terméshús) antioxidáns kapacitás (FRAP) mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

15. ábra A vizsgált paradicsomminták (terméshéj) antioxidáns kapacitás (FRAP) mérése alatt. Balról: ’La Cadero’, ’Glossy Rose’, ’Tápiószentmártoni’, ’Cigándi’, ’Indigo Rose’

4.diagram Az általunk használt genotípusok antioxidáns kapacitás eredményei

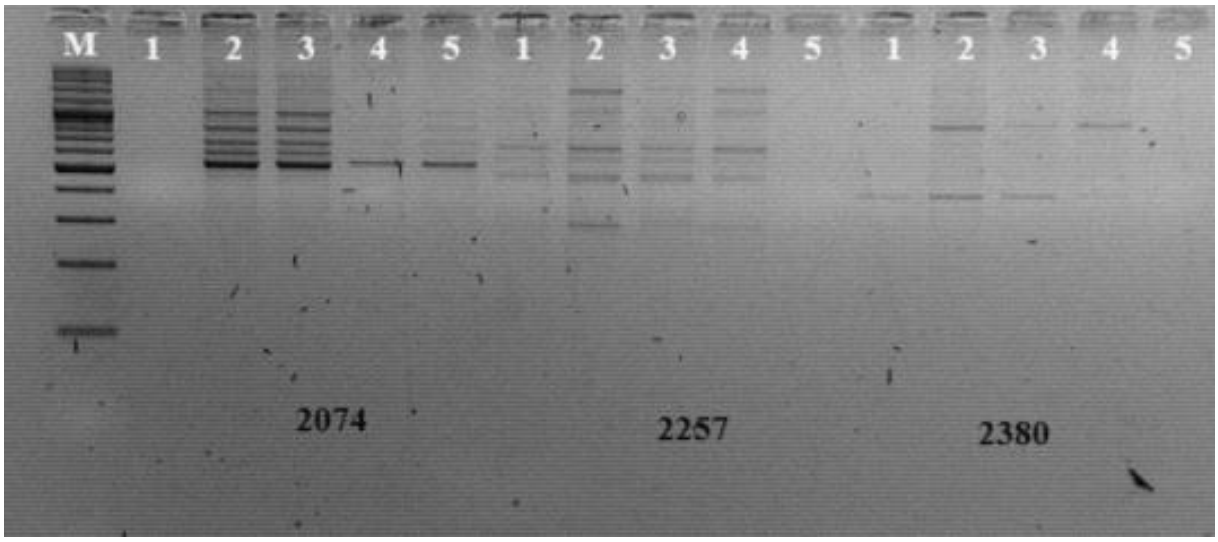


A felhasznált genotípusok antioxidáns kapacitás eredményeit a 4. diagram szemlélteti külön a terméshús és terméshéjét és a tiszta terméshéjét. A kapott eredményeket mmol aszkorbinsav egyenérték/g nedves tömegére vonatkoztatva adtuk meg.

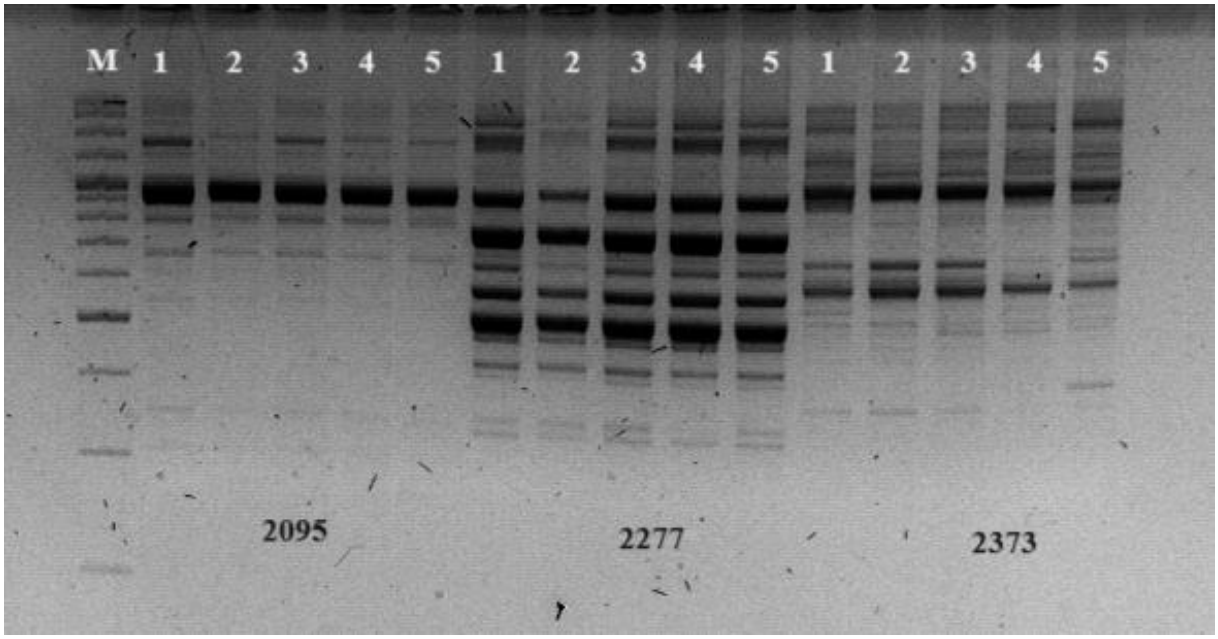
Ahogyan a teljes polifenolos vizsgálatnál, úgy itt is a hús+héj mix az indigó fajtáknál kevesebb antioxidánst tartalmazatt, a legmagasabb értéket itt is a kontrollcsoport adta átlagban több, mint 500µmol aszkorbinsav/100g nedves tömegre vonatkoztatva. Ez az eredmény, már a mérés során várható volt, melyet a 14. ábra mutat, ahol a sötétebb szín magasabb antioxidáns kapacitást jelez.

A termések héjának eredményei az előzetesen vártak szerint alakultak. Az antocianineket tartalmazó héjú fajták sokkal magasabb eredményt értek el. A legmagasabbat az Indigo Rose genotípus a kontroll csoporthoz képest négyszer magasabb értéket mutattott, 1240µmol aszkorbinsav/100g nedves tömegre vonatkoztatva.

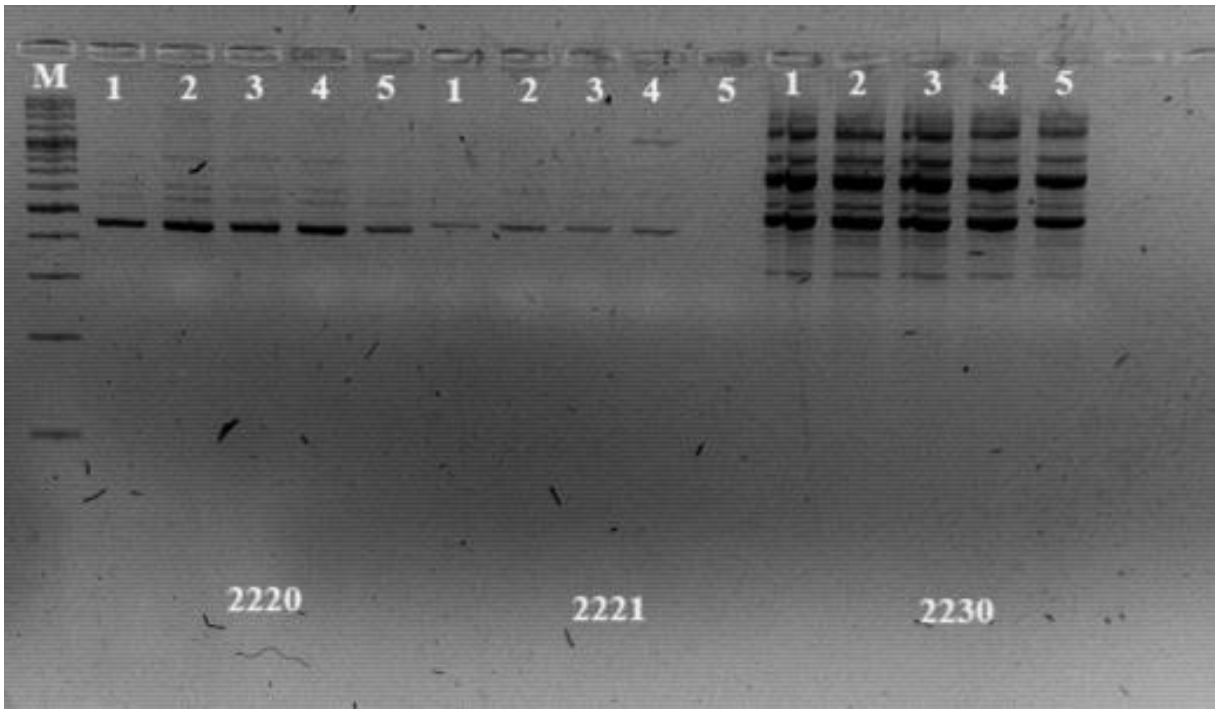
4.4. A molekuláris összehasonlítás kiértékelése



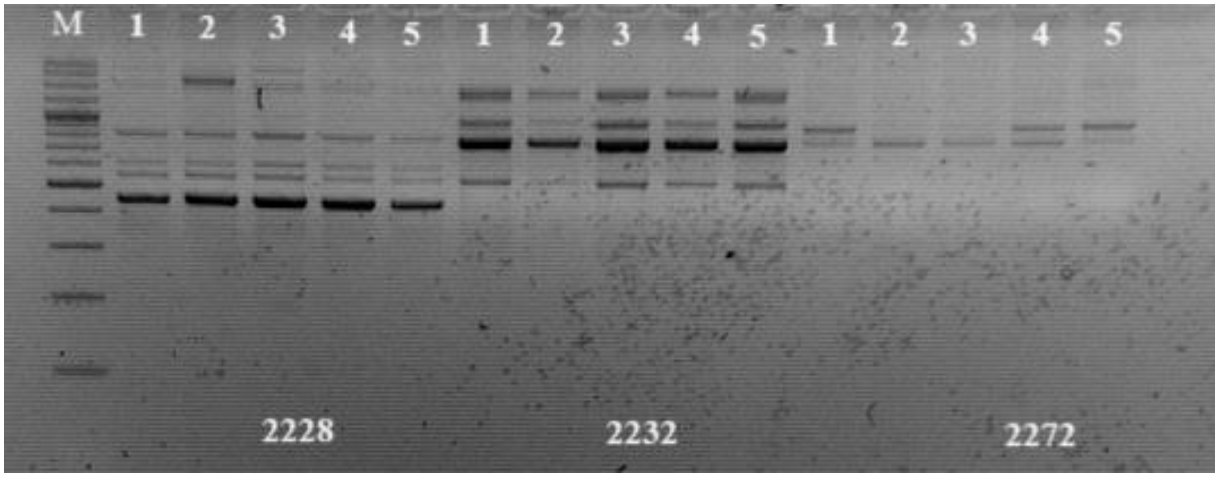
16.ábra A paradicsom genotípusok összehasonlítása primekerek segítségével. M: molekulatömeg marker, Thermo Scientific GeneRuler 100 bp Plus, 1: ’La Cadero’, 2: ’Glossy Rose’, 3: ’Tápiószentmártoni’, 4: ’Cigándi’, 5:’Indigo Rose’



17.ábra A paradicsom genotípusok összehasonlítása primekerek segítségével. M: molekulatömeg marker, Thermo Scientific GeneRuler 100 bp Plus, 1: ’La Cadero’, 2: ’Glossy Rose’, 3: ’Tápiószentmártoni’, 4: ’Cigándi’, 5:’Indigo Rose’



18.ábra A paradicsom genotípusok összehasonlítása primekerek segítségével. M: molekulatömeg marker, Thermo Scientific GeneRuler 100 bp Plus, 1: ’La Cadero’, 2: ’Glossy Rose’, 3: ’Tápiószentmártoni’, 4: ’Cigándi’, 5:’Indigo Rose’



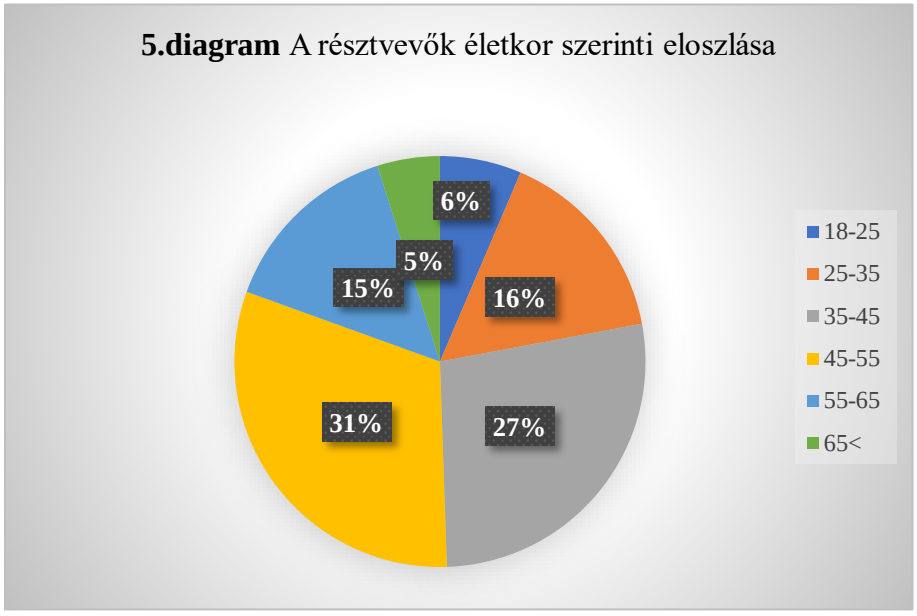
19.ábra A paradicsom genotípusok összehasonlítása primekerek segítségével. M: molekulatömeg marker, Thermo Scientific GeneRuler 100 bp Plus, 1: ’La Cadero’, 2: ’Glossy Rose’, 3: ’Tápiószentmártoni’, 4: ’Cigándi’, 5:’Indigo Rose’

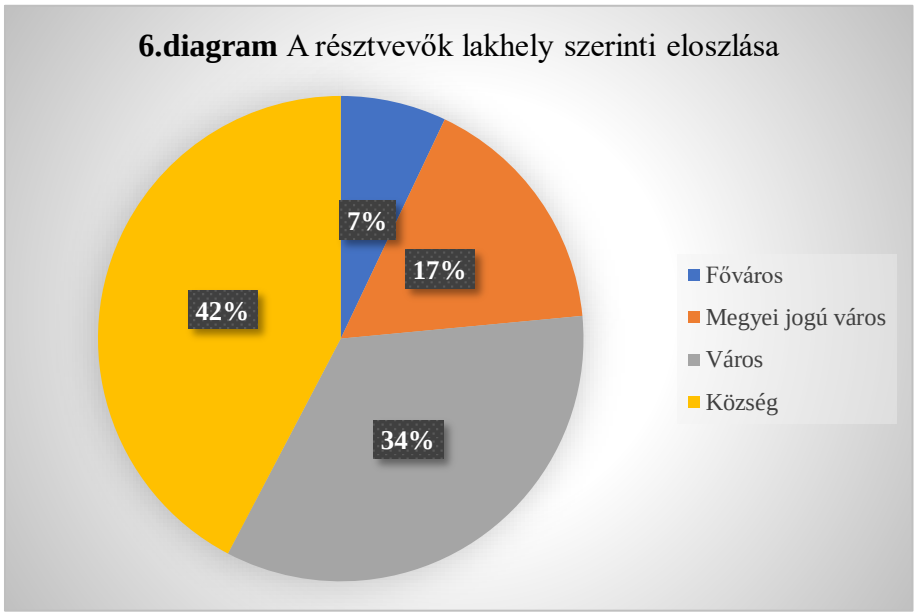
A kapott eredményekből, melyek a 16.,17.,18.,19. ábrán láthatóak, a különböző genotípusok elkülöníthetőek, mint a 18. ábrán a 2221-es számú primerrel végzett tesztnél az Indigo Rose vagy az 16. ábrán a 2380-as számú primerrel végeztt tesztnél szintén az Indigo Rose a kontrol

csoporttól. Olyan különbséget nem sikerült találni egy primerrel sem, aminél az antocianint tartalmazó termésű fajták elkülöníthetőek lennének.

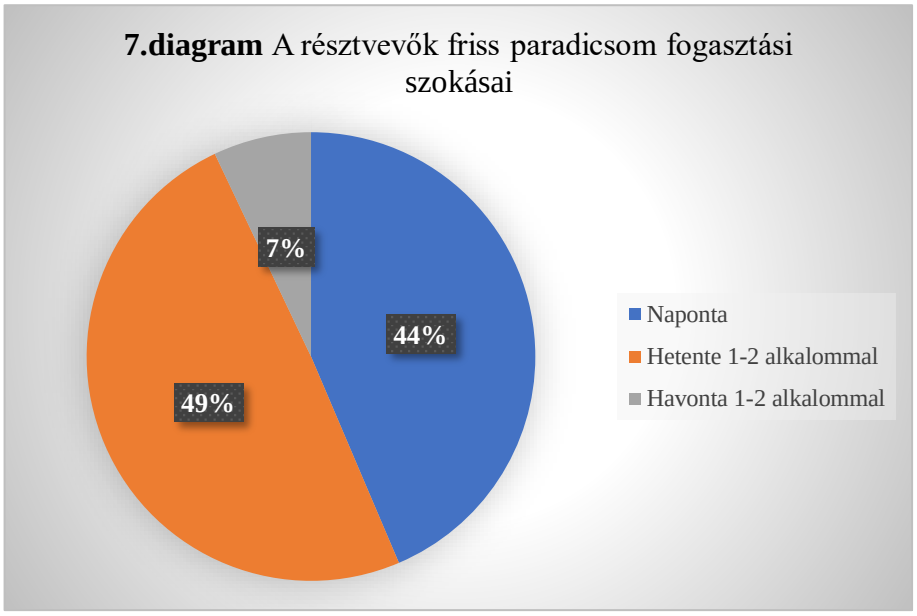
4.5. Kérdőív eredménye és értékelése

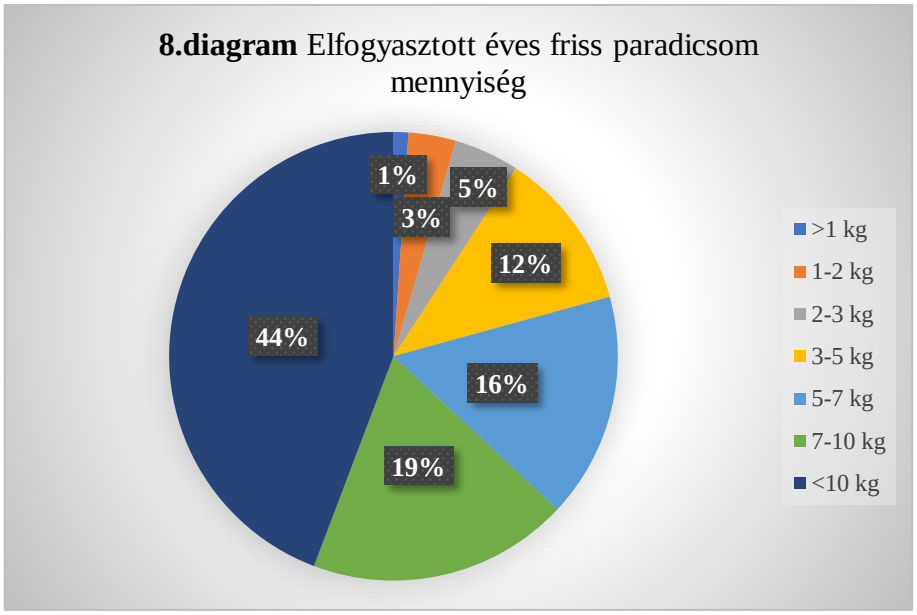
Az általunk felmért csoport megoszlásait részletesen az 4. és 5. diagram mutatja, a legtöbben városból töltötték ki, a legnagyobb korcsoport a 35-55 éves korosztály volt.

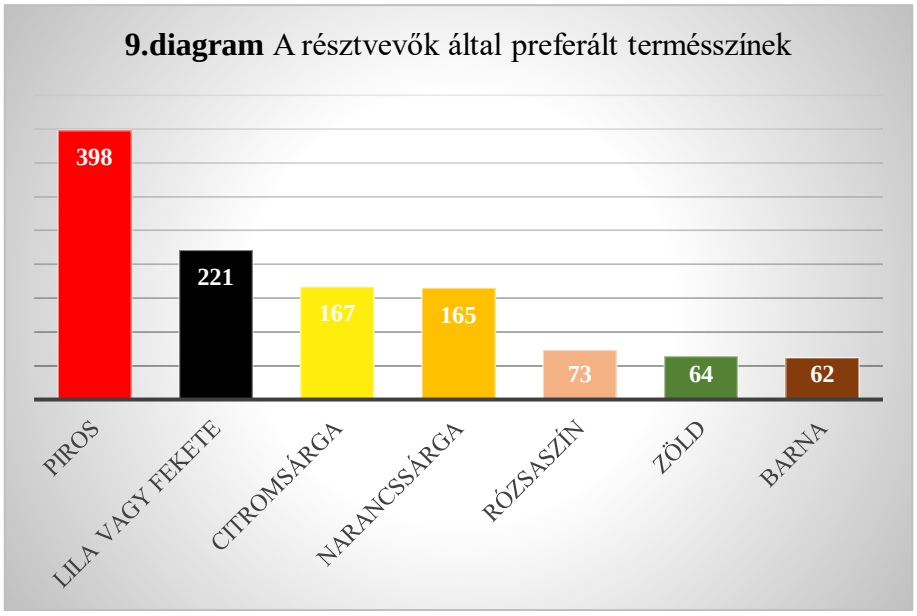


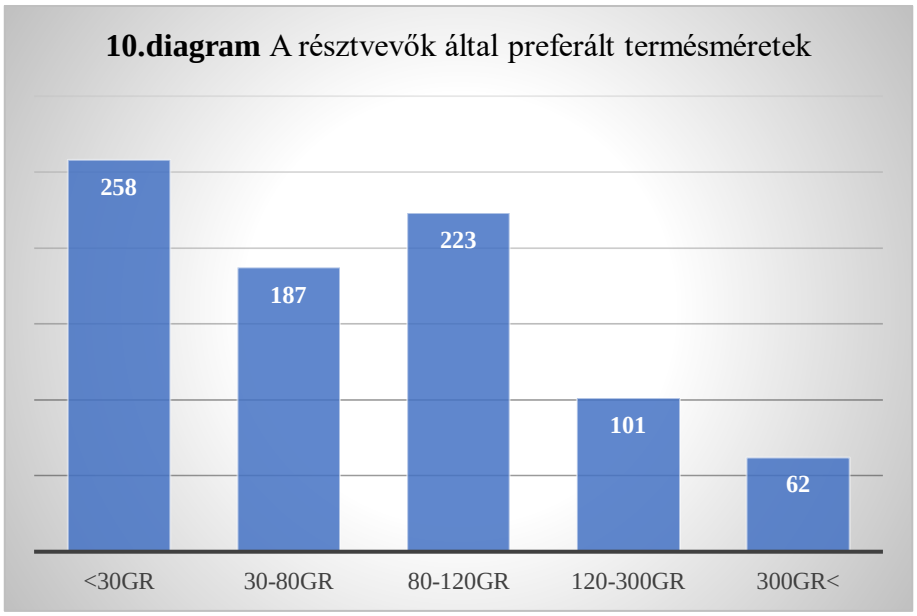


A 6. és 7. diagramon a paradicsomfogyasztási szokások láthatóak, mivel kifejezetten azokat kerestük, akik havonta esznek legalább egyszer paradicsomot, így a kapott éves friss fogyasztott paradicsom mennyisége is jóval magasabb lett, mint a KSH által előző években közölt adatok.

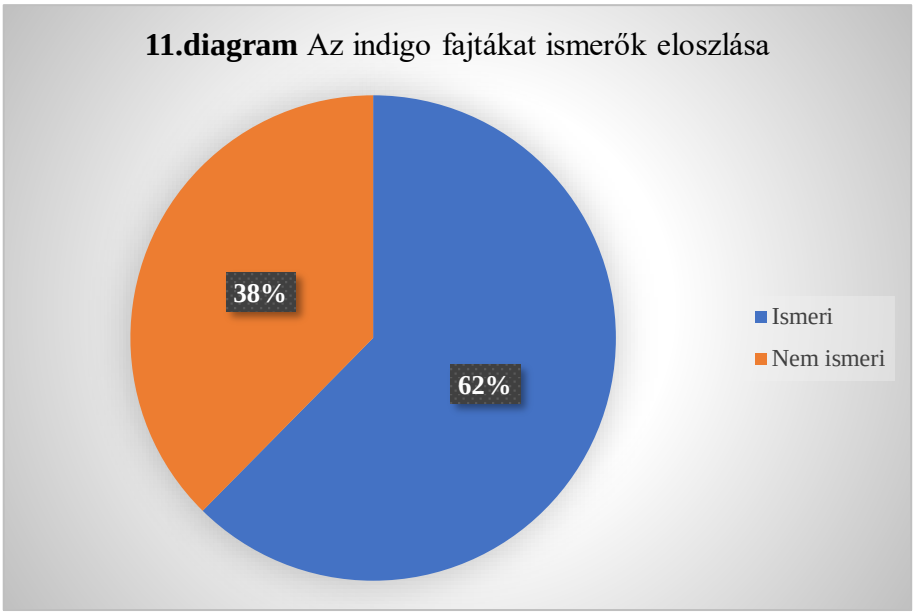




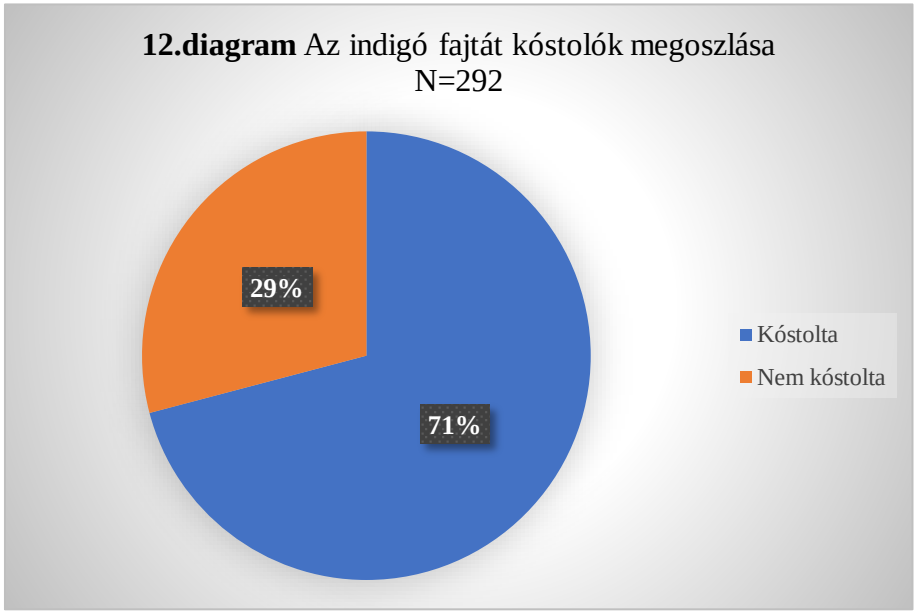


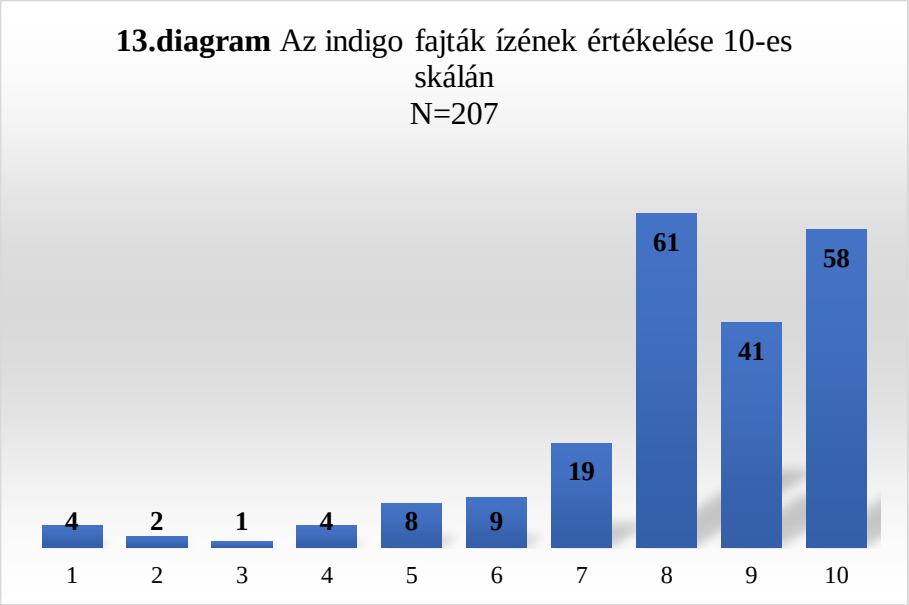


A frissen fogyasztásra kerülő paradicsomnál még mindig a piros a legnépszerűbb szín, ezt a 8. diagram szemlélteti, a válaszadók 87%-a választotta ezt. A második helyen a lila vagy fekete, antiocianint tartalmazó fajták vannak, a harmadik helyen a sárga színűek végeztek. A kapott eredményeket a Syngenta (forrás 1) által kínált fajtalistával tudtam összevetni. Ez alapján a piros itt is az első helyen van választék tekintetében, a második helyen pedig a barna színűek állnak. A lila, citromsárga, zöld és narancssárga termésű fajták 1-1 fajtával szerepelnek. A termések méretét tekintve a 9. diagram alapján, a 30 gramm alatti termések végeztek az első helyen, a másodikon a közepes méretű 80-120 grammosok. Ez megegyezik a vizsgált cég fajtakínálatával.



Az indigo fajták ismertségét is vizsgáltam, ezt a 10. diagram mutatja, innen megállapítható, hogy minden 3. ember nem ismeri ezeket a fajtákat, a korcsoportok és a lakhely szerint nem tapasztaltam eltérést. A 11. diagramon már csak azok szerepelnek, akik ismerték ezt a fajtát, közölük csak 207 ember kóstolta. Akik kóstoltak már ilyen fajtát, ők a 12. diagrammon láthatóak szerint értékelték az ízét. A kapott eredmények alapján elmondható, hogy a résztvevők az átlagosnál jobb ízűnek tartják ezeket a színű fajtákat, átlagban 8,17 pontra.

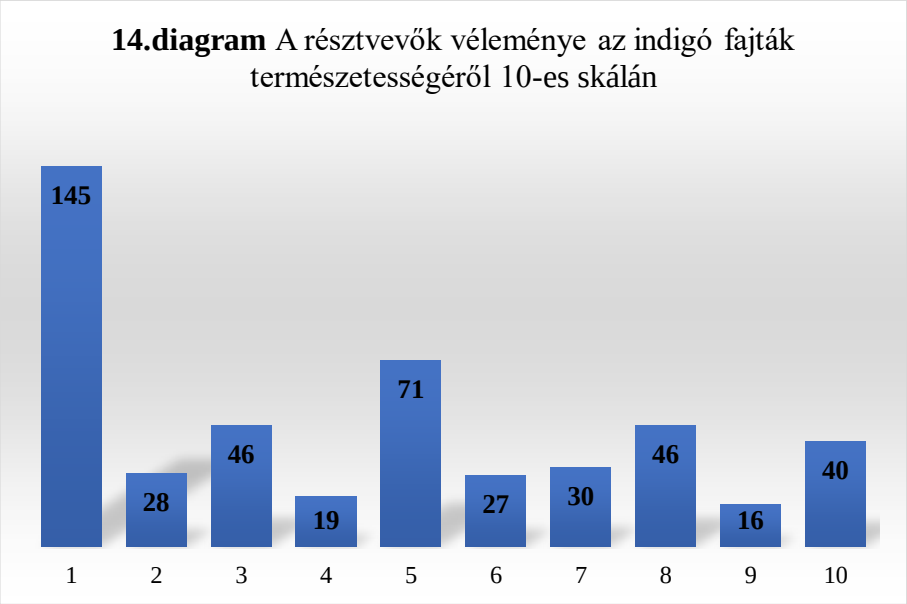




13.diagram Az indigo fajták ízének értékelése 10-es skálán
N=207

Minden résztvevőnek pár szavas véleményt kellett formálnia a fajtáról. A legtöbb megjegyzés a fajta különleges vagy „extrém" színéről szólt, sokan találták egzotikus megjelenésűnek is. Emellett a lila színe miatt egészségesebbnek tartják és az ízét is másmilyennek érezték. Előkerültek viszont olyan vélemények, mint a természetellenes, illetve génkezelt.

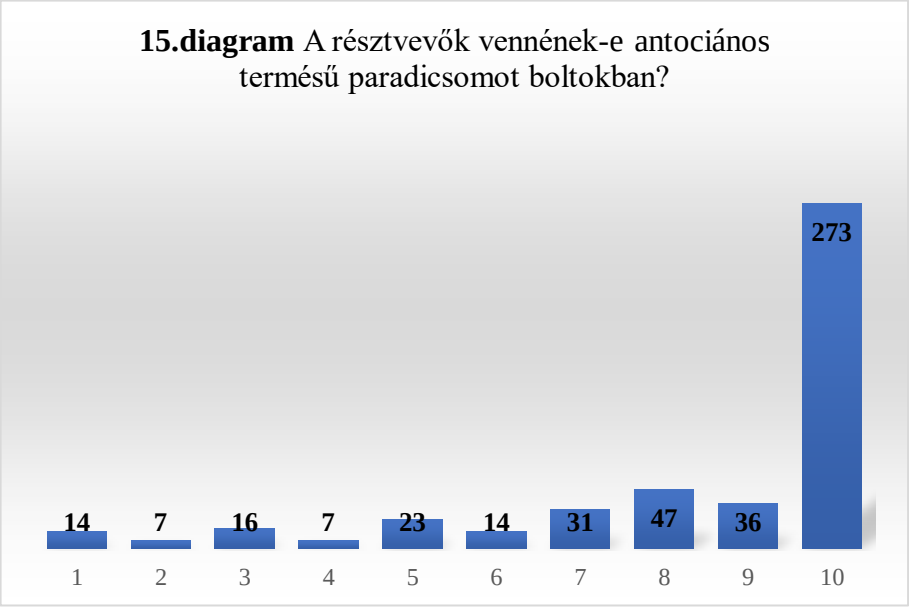
Az utóbbi állítások feltételezése miatt, arról is kérdést tettem bele, hogy mennyire tartják ezeket a fajtákat természetesnek, ez a 13. diagramon látható. 1-10-es skálán értékelve az egyes volt az egyáltalán nem természetes módon jött létre, a 10-es pedig a természetes utat jelölte.



14.diagram A résztvevők véleménye az indigó fajták természetességéről 10-es skálán

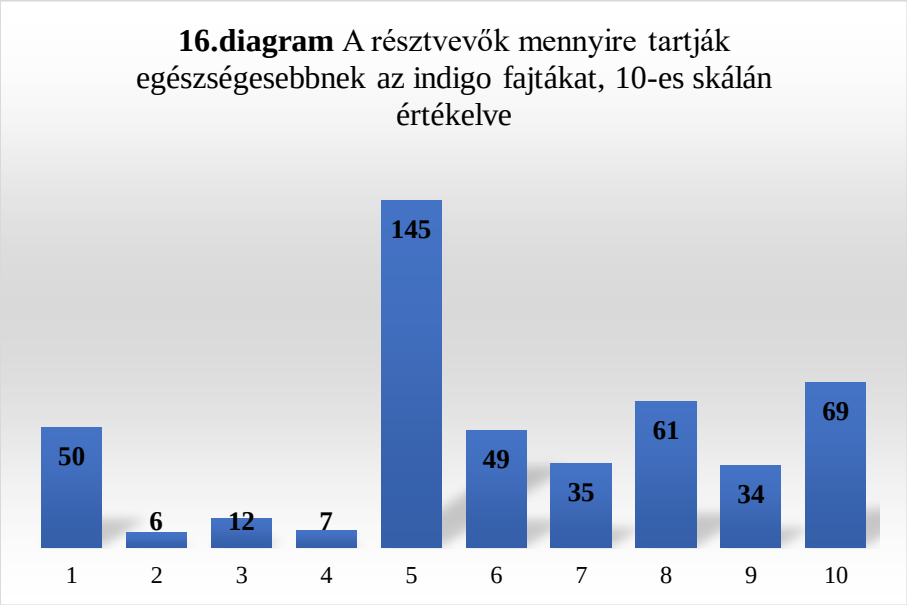
A kapott eredmények alapján a legtöbben az egyes számot jelölték és 66% adott 5 vagy az alatti értékelést.

Az előbbi kérdésből jön a következő, hogy vennének-e ilyen fajtákat boltban. Az 14.diagramm alapján a legtöbben egyértelműen vennének ilyen fajtát, ami az 13.diagramm ismeretében elég ellentmondásosnak tűnik.

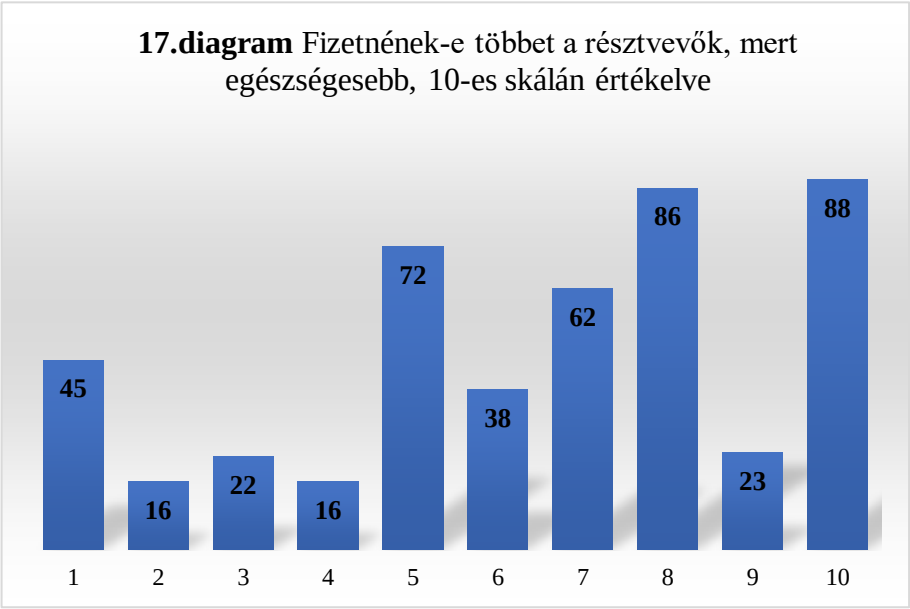


15.diagram A résztvevők vennének-e antociános termésű paradicsomot boltokban?

Szerettem volna kideríteni, hogy mi az a tényező, ami miatt ennyien vennének indigó fajtákat, ezért 2 lehetséges tényezőről kérdeztem a résztvevőket. Az első, a már előjött egészségre gyakorolt hatás, a másik pedig maga a kinézet. Továbbá feltettem a kérdést, hogy emiatt az extra tulajdonság miatt többet fizetnének-e egy ilyen paradicsomért.

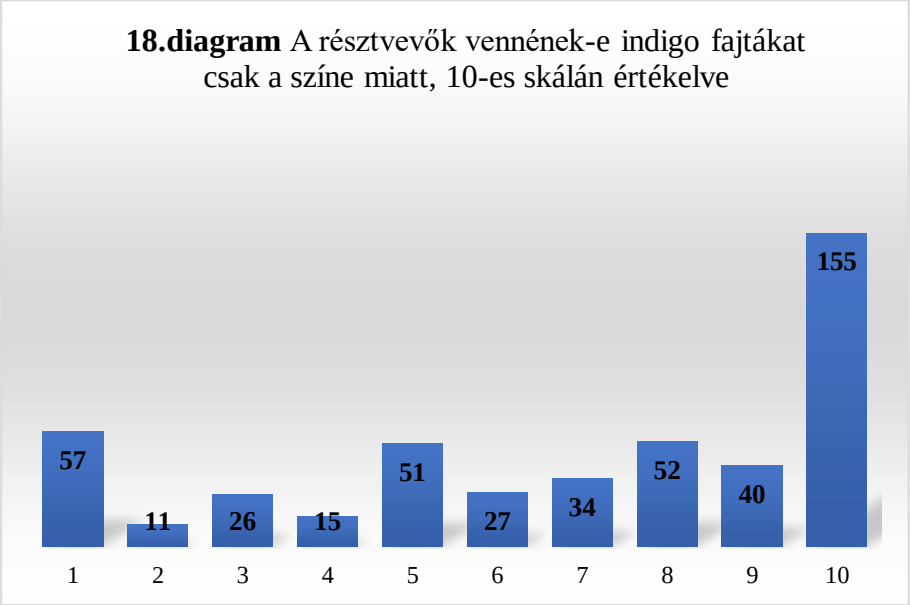


16.diagram A résztvevők mennyire tartják egészségesebbnek az indigo fajtákat, 10-es skálán értékelve



17.diagram Fizetnének-e többet a résztvevők, mert egészségesebb, 10-es skálán értékelve

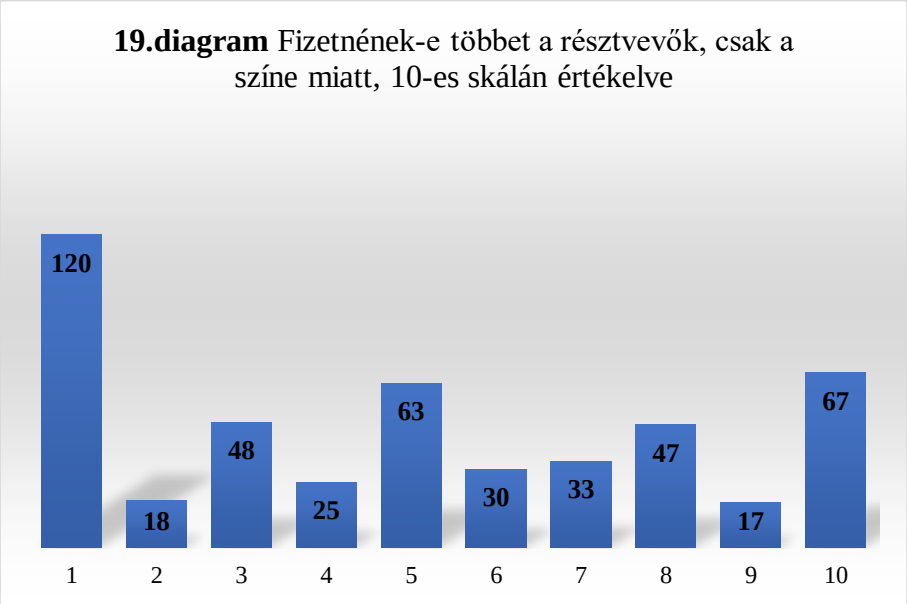
A vélemények az egészségre gyakorolt hatásáról azt mutatják a 15. diagramon, hogy inkább egészségesebbnek tartják ezeket a fajtákat. Akik a 16. diagramon az 5-6-os számot jelölték, ők nagy valószínűséggel nem tudják eldönteni, keveset tudnak a fajtáról, hogy véleményt formáljanak. A többségük, 63% többet is fizetne valamilyen szinten, 19% pedig egyértelműen többet fizetne, mint más fajtákért, amennyiben egészségesebb.



18.diagram A résztvevők vennének-e indigo fajtákat csak a színe miatt, 10-es skálán értékelve

A kérdőív utolsó részében az indigó fajták kinézetét értékeltem, abból a szempontból, hogy emiatt többen választanák-e ezt a fajtát. A 17. ábrán a kapott válaszok láthatóak, melyek alapján

csak a színe miatt többen vennének ilyen fajtát. Csak amiatt, mert lila színű a paradicsom, nem fizetnének többet, 59%-a inkább nem fizetne, 26% pedig biztosan nem adna emiatt többet, ezt 18.diagram mutatja.



19.diagram Fizetnének-e többet a résztvevők, csak a színe miatt, 10-es skálán értékelve

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az lila vagy fekete héjjal rendelkező fajták magas antocianin tartalma miatt az egészségre jótékony hatással vannak. A beltartalmi mérésekből, viszont kiderült, hogy a termésekben arányaiban kevesebb polifenolt és antioxidánst tartalmaznak az indigó fajták, mint a kontrollcsoport.

A termések epidermiszében a kontrollcsoporthoz képest mindhárom antocianin tartalmú termésben magasabb polifenol tartalmat és antioxidáns kapacitást mértünk. Ezek alapján arra lehet következtetni, hogy a lila antocianinben gazdag héj egészségesebb és más tanulmányokkal összevetve ez a tulajdonság olyan gazdasági előnyöket ad, mint a jobb eltarthatóság vagy a *Botrytis cinerával* szembeni tolerancia.

Az molekuláris összehasonlítás az általunk használt primerek segítségével csak részben volt lehetséges, az indigó és nem indigó vonalakat nem sikerült elkülöníteni.

A kérdőívekből kiderült, hogy a kitöltők összességében pozitív véleménnyel vannak ezekről a fajtákról és a többségük vásárolna is boltokban. A sötét lila szín pedig kifejezetten növelné az eladásokat. Azt nem tudtuk bebizonyítani, hogy a termések egészségesebbek lennének, mert az antioxidáns kapacitás és a teljes polifenol tartalom is alacsonyabb volt, emiatt a megkérdezettekre alapozva nem lehetne magasabb áron értékesíteni ezeket a fajtákat.

A Magyarországon is érzékelhető különleges és egészségesebb élelmiszer alapanyagok iránti kereslet miatt az indigó paradicsom fajták népszerűbbek a piacon.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországon a paradicsom az egyik legnépszerűbb zöldségnövény, nagyon sokan fogyasztják akár napi rendszerességgel. Az utóbbi években elindult különleges és egészségesebb élelmiszer iránti keresletbe a vizsgált indigó fajták nagyon jól beilleszthetőek. Az antociánok ismert jótékony hatásai, mint daganatos megbetegedések csökkentése és a különleges, egzotikus megjelenése népszerű termékekké tehetik ezeket a fajtákat.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet nyilvánítani elsősorban konzulensemnek a segítő munkájáért és tanácsaiért, melyekkel nagyban hozzájárult szakdolgozatom elkészítéséhez.

Köszönettel tartozom továbbá mindenkinek, aki a kérdőívem kitöltésével lehetővé tette a felmérésem sikeres elvégzését, illetve azoknak, akik ötlettel és tanácsokkal láttak el szakdolgozatom készítése alatt.

8. FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Bai Y, Lindhout P. Domestication and breeding of tomatoes: what have we gained and what can we gain in the future? Ann Bot. 2007 Nov;100(5):1085-94. Epub 2007 Aug 23. PMID: 17717024; PMCID: PMC2759208.
2. Balázs S. (2004): Zöldségtermesztők kézikönyve, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 166-196.
3. Bassolino, L., Zhang, Y., Schoonbeek, H., Kiferle, C., Perata, P., & Martin, C. (2013). Accumulation of anthocyanins in tomato skin extends shelf life. In New Phytologist (Köt. 200, Issue 3, o. 650–655).
4. Blando, F., Berland, H., Maiorano, G., Durante, M., Mazzucato, A., Picarella, M. E., Nicoletti, I., Gerardi, C., Mita, G., & Andersen, Ø. M. (2019). Nutraceutical Characterization of Anthocyanin-Rich Fruits Produced by "Sun Black" Tomato Line. In Frontiers in Nutrition (Köt. 6).
5. Colanero, S., Perata, P., & Gonzali, S. (2020). What's behind Purple Tomatoes? Insight into the Mechanisms of Anthocyanin Synthesis in Tomato Fruits. In Plant Physiology (Köt. 182, Issue 4, o. 1841–1853).
6. Cornetti, U. (2009): Antioxidantuse in nutraceuticals. Clinics in Dermatology, (27):175-194.
7. Davies K. J. A. (2000): Oxidative stress, antioxidant defenses, and damage removal, repair, and replacement systems. Iubmb Life, (50):279-289.
8. de Pascual-Teresa, S., & Sanchez-Ballesta, M. T. (2007). Anthocyanins: from plant to health. In Phytochemistry Reviews (Köt. 7, Issue 2, o. 281–299).
9. Dini, I., & Grumetto, L. (2022). Recent Advances in Natural Polyphenol Research. In Molecules (Köt. 27, Issue 24, o. 8777). MDPI AG.
10. Fehér B. (1998): Zöldségtermesztők zsebkönyve, Budapest: Mezőgazda Kiadó, 540p
11. Giorgiev C, 1972. Anthocyanin fruit tomato. Rep. Tomato Genet. Coop. 22:10.
12. GIUSTI, M. M., & WROLSTAD, R. E. (1996). Characterization of Red Radish Anthocyanins. In Journal of Food Science (Köt. 61, Issue 2, o. 322–326).
13. Gombkötő G. (1985): Növényi színanyagok. In: Gombkötő G. & Sajgó M. (szerk): Biokémia. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 160–168p
14. Gonzali, S., & Perata, P. (2020). Anthocyanins from Purple Tomatoes as Novel Antioxidants to Promote Human Health. In Antioxidants (Köt. 9, Issue 10, o. 1017). MDPI AG. https://doi.org/10.3390/antiox9101018
15. Guo, J., & Wang, M.-H. (2010). Ultraviolet A-specific induction of anthocyanin biosynthesis and PAL expression in tomato (Solanum lycopersicum L.). In Plant Growth Regulation (Köt. 62, Issue 1, o. 1–8).
16. Helyes, L. (1999) A Paradicsom és termesztése. Syca Szakkönyvszolgálat, Budapest
17. Holton TA, Cornish EC (1995) Genetics and biochemistry of anthocyanin biosynthesis. Plant Cell 7: 1071–1084
18. Jones, C. M. (2003). Characterization and Inheritance of the Anthocyanin fruit (Aft) Tomato. In Journal of Heredity (Köt. 94, Issue 6, o. 449–456).
19. Kiferle, C., Fantini, E., Bassolino, L., Povero, G., Spelt, C., Buti, S., Giuliano, G., Quattrocchio, F., Koes, R., Perata, P., & Gonzali, S. (2015). Tomato R2R3-MYB Proteins SlANT1 and SlAN2: Same Protein Activity, Different Roles. In H. Ezura (Szerk.), PLOS ONE (Köt. 10, Issue 8, o. e0136365).
20. Központi Statisztikai Hivatal 2021
21. Li, D., Zhang, Y., Liu, Y., Sun, R., & Xia, M. (2015). Purified Anthocyanin Supplementation Reduces Dyslipidemia, Enhances Antioxidant Capacity, and Prevents Insulin Resistance in Diabetic Patients1–3. In The Journal of Nutrition (Köt. 145, Issue 4, o. 742–748).

22. Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. In Pharmacognosy Reviews (Köt. 4, Issue 8, o. 118).
23. Kalendar, R., Antonius, K., Smýkal, P., & Schulman, A. H. (2010). iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation. In Theoretical and Applied Genetics (Köt. 121, Issue 8, o. 1419–1430). Springer Science and Business Media LLC.
24. Mattioli, R., Francioso, A., Mosca, L., & Silva, P. (2020). Anthocyanins: A Comprehensive Review of Their Chemical Properties and Health Effects on Cardiovascular and Neurodegenerative Diseases. In Molecules (Köt. 25, Issue 17, o. 3809).
25. Mattoo, A., Dwivedi, S., Dutt, S., Singh, B., Garg, M., & Ortiz, R. (2022). Anthocyanin-Rich Vegetables for Human Consumption – Focus on Potato, Sweetpotato and Tomato.
26. Mes, P. J., Boches, P., Myers, J. R., & Durst, R. (2008). Characterization of Tomatoes Expressing Anthocyanin in the Fruit. In Journal of the American Society for Horticultural Science (Köt. 133, Issue 2, o. 262–269).
27. Monforte, A. J., Diaz, A., Caño-Delgado, A., & van der Knaap, E. (2013). The genetic basis of fruit morphology in horticultural crops: lessons from tomato and melon. In Journal of Experimental Botany (Köt. 65, Issue 16, o. 4625–4637).
28. Myers J (2012) Breeding tomatoes for increased flavonoids. In Proceedings of the 6th Organic Seed Growers Conference. Organic Seed Alliance, Port Townsend, WA, pp 50–52
29. NAIK Agrárgazdasági Kutatóintézet Agrárápiaci Jelentések Zöldség, Gyümölcs és Bor XXIV. évfolyam, 18. szám, 2020, 6p
30. Naing, A. H., & Kim, C. K. (2021). Abiotic stress-induced anthocyanins in plants: Their role in tolerance to abiotic stresses. In Physiologia Plantarum (Köt. 172, Issue 3, o. 1711–1723).
31. Pepó P. (2011): Növénynemesítés. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem 1-14 p.
32. Peralta IE, Spooner DM, Razdan MK, Mattoo AK (2006). History,origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). GeneticImprovement of Solanaceous Crops 2:1–27Genetic Improvement of Solanaceous Crops Volume 2 1-24p
33. Rezk, A.; Abhary, M.; Akhkha, A. Tomato (Solanum lycopersicum L.) Breeding Strategies for Biotic and Abiotic Stresses. In Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 9: Fruits and Young Shoots; Springer: Cham, Switzerland, 2021; pp. 363–405.
34. Sasaki N, Nishizaki Y, Ozeki Y, Miyahara T (2014) The role of acyl-glucose in anthocyanin modifications. Molecules 19: 18747–18767
35. Schouten, H.J.; Tikunov, Y.; Verkerke, W.; Finkers, R.; Bovy, A.; Bai, Y.; Visser, R.G.F. Breeding Has Increased the Diversity of Cultivated Tomato in the Netherlands. Front. Plant Sci. 2019,10, 1606.
36. Springob K, Nakajima J, Yamazaki M, Saito K (2003) Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. Nat Prod Rep 20: 288–304
37. Surányi Béla (2018): Kultúrnövények a Földhasználatban Debreceni Egyetemi Kiadó 167-168.
38. Száz éve született M. Gy. (Kertészet és Szőlészet, 2010)
39. Szeberényi J. (2014): Molekuláris sejtbiológia, Dialóg Campus Kiadó - Nordex Kft., 206p
40. Teo, J., Mohan, R., Zhang, S., Gui, Y., Sng, B. J. R., Jang, I.-C., & Yin, Z. (2022). Optimization of light and temperature in indoor farming to boost anthocyanin biosynthesis and accumulation in Indigo Rose tomato. In Vegetable Research (Köt. 2, Issue 1, o. 1–11).
41. Vavilov, N. I. (1992[1927]). “Universal centers of a wealth of types (genes) of cultivated plants” (Berlin, Sept. 1927), in Origins and geography of Cultivated Plants, Cambridge Univ. Press, 144-157.
42. V. Bergougnoux. The history of tomato: from domestication to biopharming Biotechnol. Adv. (2014) The history of tomato: From domestication to biopharming 171-186p
43. Wahyuningsih, S., Wulandari, L., Wartono, M. W., Munawaroh, H., & Ramelan, A. H. (2017). The Effect of pH and Color Stability of Anthocyanin on Food Colorant. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Köt. 193, o. 012047).

44. Wang, L.-S., Hecht, S. S., Carmella, S. G., Yu, N., Larue, B., Henry, C., McIntyre, C., Rocha, C., Lechner, J. F., & Stoner, G. D. (2009). Anthocyanins in Black Raspberries Prevent Esophageal Tumors in Rats. In Cancer Prevention Research (Köt. 2, Issue 1, o. 84–93).
45. Xu, Z., Wang, J., Ma, Y., Wang, F., Wang, J., Zhang, Y., & Hu, X. (2023). The bZIP transcription factor SlAREB1 regulates anthocyanin biosynthesis in response to low temperature in tomato. In The Plant Journal (Köt. 115, Issue 1, o. 205–219).
46. Zhang, L., Han, Z., & Granato, D. (2021). Polyphenols in foods: Classification, methods of identification, and nutritional aspects in human health. In Application of Polyphenols in Foods and Food Models (o. 1–33). Elsevier.

Egyéb internetes forrás:

forrás1:https://www.syngenta.hu/sites/g/files/kgtney1461/files/migration/f/2021/07/19/syngenta_paradicsom_fajtaajanlat_2022-2023.pdf (letöltve 2023.október)