

MESTERSÉGES FÉNY SEGÍTSÉGÉVEL, TERMÁLVÍZZEL FŰTÖTT, NAGY LÉGTERŰ ÜVEGHÁZBAN, TALAJ NÉLKÜL ÉS BIOLÓGIAI NÖVÉNYVÉDELEMMEL ELŐÁLLÍTOTT CSERESZNYE PARADICSOM

Tartalom

1.	BEVEZETÉS.....	1
2.	GENETIKAI HÁTTÉR	2
A.	CSERESZNYE PARADICSOMOK.....	3
3.	TERMESZTÉSI KÖRÜLMÉNYEK	4
A.	A PARADICSOM ELŐÁLLÍTÁSA NAGY LÉGTERŰ ÜVEGHÁZAKBAN	4
B.	TERMÁLVIZES FŰTÉS	5
C.	MESTERSÉGES MEGVILÁGÍTÁS.....	5
D.	TALAJ NÉLKÜLI TERMESZTÉS	6
E.	BIOLÓGIAI NÖVÉNYVÉDELEM	7
4.	A BETAKARÍTÁS UTÁNI KEZELÉS.....	7
5.	A PARADICSOM ÍZE	8
6.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	10
7.	FELHASZNÁLT IRODALOM.....	12

1. Bevezetés

A paradicsom, mind a termesztés (4,9 millió hektárnyi területen, 182 millió tonna) mind a fogyasztás (23,5 kg/fő/év) tekintetében, az egyik legjelentősebb zöldségnövény a világon (1). A megtermelt mennyiség évről évre folyamatosan emelkedik, az utóbbi 20 évben megduplázódott, melynek majdnem négyötöd részét (142 millió tonna) tette ki a frisspiaci célra termelt paradicsom. A feldolgozott mennyiség 2019-ben meghaladta a 37 millió tonnát (2). Mind a frisspiaci, mind az ipari paradicsom termelése, az északi félteke országaira koncentrálódik, mintegy 96%-ban (1,2).

Az ipari paradicsom előállítása kizárólag szabadföldön folyik, míg Európában, az elmúlt évtizedben, a növényházi kultúrák közül a legnagyobb fejlesztések a friss fogyasztásra termelt paradicsom termesztésében következtek be, korszerű üvegházak (4,5-5 m-es vápamagasság) építésével. Magyarországon, szabadföldön 12 kg/m² (3), hosszúkultúras üvegházi körülmények között 50 kg/m² feletti termésátlagokat érnek el, a jobb termelők (4,5).

A paradicsom és a belőle készült élelmiszerek fogyasztásának jelentősége megnőtt, az utóbbi időben a vizsgálatok fókuszába kerültek az emberi szervezetre gyakorolt előnyös hatásai miatt is (6–8), melyek elsősorban az antioxidáns hatású bioaktív összetevőinek köszönhetőek (9,10).

A fogyasztók körében általánosan elfogadott, hogy kereskedelmi forgalomban kapható zöldségek és gyümölcsök - így a paradicsom is - veszített ízéből. Ez a veszteség,

az elsődleges piaci igényekre (szín, keménység) történő nemesítés miatt következett be, negatívan érintve számos értékmérő tulajdonságot, pedig e figyelmen kívül hagyott jellemzők is befolyásolják az emberek élelmválasztását (11) és a kereskedelmi sikereket (12). Egyre több vélemény sugallja, hogy a paradicsom tápanyagtartalma is csökkent az elmúlt fél évszázad intenzív nemesítési tevékenysége során (13–16). A tudományos tartamvizsgálatok azonban ezt nem támasztották, támasztják alá (17–19).

Az íz fenotipizálása költséges, mivel sok környezeti tényező (fény, hőmérséklet, víz- és tápanyagellátottság stb.) hat rá, ezért csak néhány laboratórium tudta finanszírozni nagy mennyiségű minta vizsgálatát. Így a legtöbb nemesítő a terméshozamra, a betegségekkel szembeni ellenállóképességre és a bogyók fizikai jellemzőire összpontosít, hiszen az utóbbiak elengedhetetlen feltételei a szállításnak, a hosszabb távú tárolásnak és a piacos külső megjelenésnek, amely az eladást segíti (13,20–23). A vásárlói preferencia is a paradicsombogyó külső fizikai jellemzőire irányul, mind a méret, a szín, a megjelenés és a keménység tekintetében (24–27). A vásárlók az egyöntetűen élénkpiros bogyókat preferálják, nem kedvelik az éretlennek tűnő, illetve a nem pirosra érő (citromsárga, narancssárga, halványpiros), hagyományostól eltérő színű paradicsomokat (28).

Az íz is egy fontos értékmérő lenne a paradicsom esetében, de mivel nem állapítható meg a külső fizikai jellemzőkből, így a vásárlók a paradicsombogyó megjelenéséből és keménységéből próbálnak rá következtetni (29). A fogyasztói panasz egyik fő oka, a kereskedelemben kapható paradicsom ízminőségének romlása az örökségfajtákhoz képest, bár ez nem minden országra (Japán) jellemző (5,30). A problémával kapcsolatban egyre több tanulmány látott napvilágot az utóbbi években, a paradicsom ízének kémiai és genetikai összefüggéseiről (20,31,32).

2. Genetikai háttér

Az utóbbi évtizedekben a piaci igény az egyforma bogyóméretű és -alakú paradicsom típusokról átváltott a különböző bogyó morfológiájú, cseresznye-, fűrt-, sárga-, beefsteak-, rózsaszín- (pink), Roma-, narancs-, körte alakú- és hosszan pulton tartható (LSL) stb. paradicsomokra. Világszerte mintegy 100 ilyen egyedi kombináció létezik, nagy kihívást jelentve a nemesítők számára, akik újabb és újabb tulajdonságokkal rendelkező fajtákat állítanak elő (33).

A közvélekedésben terjedőben van az a nézet, hogy általában a növények nemesítése genetikai degradálódáshoz vezetett, beleértve a táplálkozási érték csökkenését és az ellenállóképességet, különösen a paradicsomra vonatkozóan (19). Ennek kiderítésére, több átfogó kutatásban is vizsgálták az elmúlt évtizedek paradicsomfajtáinak diverzitását Nyugat-Európában (5,19,34,35). A genetikai sokféleség valóban nagyon alacsony volt az 1960-as években, de most nyolcszor magasabb, összehasonlítva az akkorival. Az 1970-es évek óta, a kevesebb

növényvédőszer felhasználásra irányuló tendencia, a vad fajokban megtalálható betegség ellenálló képességek beépítéséhez vezetett, amelyek a genetikai sokféleség első növekedési hullámát képviselték (19). Európában a második hullámot a 90-es években, a német kereskedelmi média kampánya váltotta ki, amely a szegényes (üres) ízű paradicsomokat egyszerűen Wasserbomben-nek (vízbombáknak) nevezte (36). Ezért a Németországba irányuló holland paradicsomkivitel ezt követő összeomlása, jobb ízű paradicsomok nemesítésére ösztönözte a kutatókat, ami az 1990-es évek óta tovább fokozta a genetikai sokféleséget (19,36,37).

Az 1990-es évektől kezdve megfigyelt fokozott változatosság az aromás illékony anyagok összetételében, tükrözi a nemesítők erőfeszítéseit a paradicsom minőségének javítása érdekében (13,23,28,38). Bár az aromavegyületek meghatározott csoportjai eltérő mennyiségi tendenciát mutattak a vizsgált évtizedek során, bebizonyosodott, hogy a nemesítés az 1970-es évek óta ebből a szempontból is jelentősen megnövelte a paradicsomfajták sokféleségét (19,39).

A kutatók az utóbbi évtizedekben kezdtek el intenzíven foglalkozni a paradicsom íz- és aroma anyagaival (22,40), mely során próbáltak modelleket kidolgozni, ennek a rendkívül összetett tulajdonságnak a számszerűsítésére (32,41,42). A vad változatok közül a *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*-t és a *Lycopersicon pimpinellifolium* fajokat tartják erre a legalkalmasabbnak, ezért ezeket vonták legelőször vizsgálatba az íz szempontjából (20,32,37,43–45). Ezzel párhuzamosan az örökségfajta (heirloom) paradicsomok népszerűsége is egyre növekszik, melyeket szintén bevontak tudományos vizsgálatokba (46–48).

A kereskedelmileg jelentős fajták tartalmazzák a recesszív *u* allélt (uniform ripening), amely a paradicsom bogyó növekedését és érését szabályozza. A domináns (*U*) allélt tartalmazó fajták zöldvállúságra hajlamosak, míg a tulajdonságra homozigóta recesszív (*u/u*) fajták egyenletesen világoszöldek, majd egyenletesen pirosra érnek be (49). Fontos megjegyezni viszont, hogy ez utóbbiakban, alacsonyabb szinten, koncentrációban alakulnak ki a karotinoidok és kevesebb oldott száraanyag képződik, csökkentve ezzel a paradicsom ízét (14). A fogyasztók viszont egyértelműen elutasítják a zöldvállú bogyókat (28).

a. Cseresznye paradicsomok

A ma termesztett paradicsomok legvalószínűbb őse a vad cseresznye paradicsom, amelyet általában a *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* változattal azonosítanak, jelentős közép-amerikai elterjedtsége miatt (50,51). Genetikai vizsgálatok azonban kimutatták, hogy a „cerasiforme” néven ismert növény, a vad- és termesztett paradicsom változatainak keveréke (52), nem pedig a termesztett paradicsom közvetlen őse (53).

A cseresznye paradicsomok morfológiailag folytonos növekedésűek, az áltengelyes szerveződésű főhajtáson általában három levél után képződik egy virágfürt (54). A fürtökön belül ugyanez az áltengelyes szerveződés figyelhető meg, a virágok a keletkezés sorrendjében, a fürtkocsány felőli végén kezdenek kinyílni, így az érés is ezt a sorrendet követi (55). A termések átlagos mérete 10-20 g közötti, ezért egy fürt átlagosan több bogyót tartalmaz, mint a nagyobb terméssel rendelkező fajták (26,56–58).

A cseresznye paradicsomokat általában magasabb cukor-(57,59,60), sav- (61–63), szárazanyag- (57,64,65), íz- (28,47,66) és aromaanyag (58,67) tartalom jellemzi, ami a fogyasztók által is érzékelhetően jobb ízhatással is párosul (29,58,68–70).

Néhány hátrányos tulajdonsággal is rendelkeznek, bogyóik nagyon érzékenyen reagálnak a betakarítás előtti vízellátás egyenetlenségére (71), könnyen kirepedhetnek (72), mivel az érés során még növekednek (56) és folyamatosan vékonyodik a héjuk (73), ezért precízebb termesztéstechnológiát igényelnek.

3. Termesztési körülmények

A genetikai háttér mellett a környezeti paraméterek is jelentős hatást gyakorolhatnak a paradicsom beltartalmára (74–76), elsősorban a növényeket érő napsugárzás (77–80) és hőmérséklet formájában (81,82), befolyásolva az ízüket is (40,83). A paradicsom kémiai összetétele, és így az íze is változhat, az érettségi állapot (84,85), az évjárat (86,87), az éghajlati viszonyok (88), a fény (75), a hőmérséklet (89), a gyökérközeg (90), a tápanyagutánpótlás (91,92), az öntözés (93), valamint a szedés utáni kezelések (60,94), feldolgozás (40) és tárolás (95) hatására.

a. A paradicsom előállítása nagy légtérű üvegházakban

A friss fogyasztásra történő paradicsom előállításában, egyre jelentősebbé válik a nagy légtérű üvegházakban történő egész éves, hosszú kultúrás termesztés az északi félteke országaiban, ahol a vegetációs időszak klímája hónapokon keresztül nem teszi lehetővé a szabadföldi termesztést (96,97). Ezt az egyre növekvő igényt szolgálta az EU-ban a Greenery projekt, amely a különböző klímájú helyi adottságok hatékonyabb kihasználásához nyújtott segítséget a 6-os keretprogramban (98), illetve a 7-es keretprogram keretében az EUPHOROS projekt (99), amelyben intézetünk is részt vett.

A termőhely jelentős hatást gyakorol a növényház belső klímájára, ezért egy új létesítmény tervezésekor a költséghatékony klímaszabályozás az egyik legfontosabb tényező (100–102), melyben egyre nagyobb szerep jut a mesterséges intelligenciának (AI) is (103). A növényházi paradicsom esetén a legperspektivikusabb kutatások Hollandiában, folynak (104), ahol megszületett a zárt növényház koncepciója (105,106), és már második alkalommal rendezik meg az autonóm üvegház versenyt (107),

valamint 2020-ra fosszilis energia felhasználása nélkül (108) szeretnék 45%-kal csökkenteni a CO₂ kibocsátásukat az 1990-eshez képest (109).

b. Termálvizes fűtés

A termesztés egyik legnagyobb költsége az energia (~30%) (110), amely esetén a megújuló források használata jelentheti a perspektívát (111–113). Európában 18%-át használják fel erre a célra a geotermikus energiának, és Magyarország is jó adottságokkal rendelkezik ebből a szempontból (114), hisz a földkéreg vastagsága miatt a hőáram adatok átlagosan 30%-kal magasabbak (115,116). A geotermikus energia növényházakban történő nagyüzemi felhasználása a '60-as években kezdődött Szentes környékén, és a folyamatos fejlesztéseknek köszönhetően egyre hatékonyabbá vált (115,117,118). A törvényi szabályozásnak köszönhetően, a nagy légtérű üvegházakban fűtésre felhasznált termálvizet a hőenergia kinyerése után különböző mélységbe sajtolják vissza, amellyel a fenntarthatóság növekszik (115).

c. Mesterséges megvilágítás

A paradicsom termesztésnek másik elengedhetetlen feltétele a fotoszintézishez szükséges napfény (119), amelynek intenzitása hazánkban október végétől december végéig nem elegendő a paradicsom generatív részeinek képződéséhez (120). Az utóbbi években a kutatások egy része a téli időszakban hiányzó napfény mesterséges megvilágítással történő pótlását célozza a növényházakban (121), különös tekintettel a világító diódák (LED) felhasználhatóságára (122). A paradicsom hajtásban is nagy szerephez juthat ez a technológia a későbbiekben (97).

A mesterséges megvilágítással termesztett növények vizsgálata mintegy 150 évvel ezelőtt kezdődött (123), majd 1971-től az űrkutatás adott nagyobb lendületet az ilyen irányú kutatásoknak (124). A fényforrások kezdetben különböző fényintenzitással működő fénycsövek (125)-, majd a '90-es évektől LED-ek voltak (124). A paradicsom esetén is hasonlóan alakult felhasználásuk az idők folyamán, az északi féltekén jellemzően használt nagynyomású nátriumgőz (High Pressure Sodium, HPS) lámpákat fokozatosan a LED alapú fényforrásokra cserélik (126).

A HPS lámpák elsősorban a sárgától a narancsig terjedő spektrumot bocsátanak ki, és általában magasan a lombkorona fölött vannak elhelyezve, hogy csökkentsék a kisugárzott hő kedvezőtlen hatását (127). Sajnos a HPS lámpák csak a növények felső lombkoronájának biztosítanak magas besugárzást, melynek eredményeként száruk meghosszabbodhat (128–131).

A LED alapú fényforrások jobb költséghatékonyságuknak köszönhetően (132–134), nagy lendületet adtak a mesterséges megvilágítású paradicsomtermesztésnek is az elmúlt évtizedben (135). Felhasználásukkal olyan időszakokban és helyeken is lehetővé vált növények előállítása, ahol addig korábban nem volt lehetséges (136), ami

különösen fontos egy olyan növény esetén, mint az egész évben elérhető friss paradicsom (132,137).

Paradicsom esetén azonban a LED-es megvilágítás vizsgálata, csak néhány éve kezdődött (122). Alacsonyabb költsége mellett előnyös tulajdonságának mondható, hogy a hőt és a fényt ellenkező irányokban adja le, így sokkal közelebb helyezhető el a növények leveleihez, mint a HPS, lehetővé téve a növények közötti vertikális megvilágítást (138–143) és a növény igényeihez pontosabban szabályozható sugárzási hullámhossz tartományt (144–146). A hosszabb élettartam és a nagyobb energiahatékonyság szintén a LED-ek pozitív tulajdonsága (147–149), melyeknek alkalmazhatóságát már intenzíven vizsgálják (150–152).

A pótmegvilágítás hatását vizsgáló kezdeti kutatások még csak a növényállomány felett elhelyezett hibrid rendszereket alkalmazva, a HPS fényforrásokat LED lámpákkal kiegészítve, nem tapasztaltak számottevő különbséget a megtermelt paradicsom mennyiségében, vagy minőségében (139,153,154). Az utóbbi években azonban a LED fényforrások fejlesztésével és alkalmazhatóságuk kutatásával egyértelműen bizonyítást nyert előnyük a HPS-sel szemben (135,155–157). Az ezt követő kutatások, a LED-es vertikális megvilágítás hatásainak kiderítésére irányultak (138,140,158), melynek segítségével sikerült pozitívan befolyásolni a termés minőségét (159). A fényforrástól függetlenül vizsgálják a folyamatos világítás hatását is a paradicsomra, melynek megvalósítása új távlatokat nyithat a hajtásban (160–167).

d. Talaj nélküli termesztés

A fenntarthatóság központi kérdés a zöldségfélék üvegházi termesztésében is, mivel előállításuk jelentősen hozzájárul a környezet terheléséhez, mint például az üvegházhatású gázok kibocsátása, a nitrát szennyezés és a biodiverzitás csökkenése. A kibocsátások csökkenthetők megújuló energiaforrások felhasználásával, fenntartható mezőgazdasági termelési rendszerek, például az integrált zöldségtermesztés vagy biogazdálkodás révén (168). A súlyosan környezetszennyező talajfertőtlenítők betiltása után, az európai és észak-amerikai fűtött növényházi paradicsom termesztése, ma már szinte kizárólag talaj nélkül folyik (169), amely esetben a növény gyökere egy erre optimális közegben növekszik, így az öntözés és tápanyagutánpótlás nem a talajba kerül kijuttatásra (170), csökkentve ezzel a környezet terhelését (168,170–174).

A tápanyagutánpótlás szabályozása, a '90-es években szinte az egyetlen olyan eszköz volt, amellyel a paradicsom elveszett ízét pozitívan tudták befolyásolni, a tápoldat koncentrációjának (EC) emelésével (169,175–178), természetesen a növény igényeihez optimalizálva (179). Igazolást nyert, hogy ez a pozitív hatás a táplálkozás élettani összetevőkre is igaz (168,171,174,180).

A paradicsom nemesítésnek is figyelembe kellett venni ezt az új szempontot, és a vizsgálatok eredményeképpen, a korábban említett vad fajokat (19,39,181,182) vonták be az újabb fajták előállításába, melyek jobb stressztűrőképességük miatt, elviselik a magasabb EC-t (13,183,184).

A fajtaspecifikus tápoldatozás, kiegészítve a mesterséges megvilágítással, tovább javíthatja a paradicsom minőségét (159,175,185,186).

A 834/2007/EU rendelet szerint a talajon történő termesztés az egyetlen elfogadható módszer a biotermesztésben, mind szabadföldön, mind az üvegházakban, valamint az EU-ba behozott ökológiai termékek esetében, (187). Ezzel szemben az USA-ban engedélyezett a talaj nélküli termesztés a biotermesztésben (168), valamint néhány skandináv ország szintén kivételt tett a szerves gyökérközegen történő termesztés esetén (188). A termésátlagok növelése érdekében az EU-ban is fontos lenne e rendelet felülvizsgálata (189).

e. Biológiai növényvédelem

Az utóbbi két évtizedben nőtt az igény az alacsonyabb inszekticid maradékot tartalmazó paradicsomra (190), amit a poszméhes beporzás (191) miatt szükséges biológiai növényvédelem terjesztett el az utóbbi két évtizedben (192,193). Az Európában forgalmazott paradicsomokban jelentős peszticid maradékokat mutattak ki egy átfogó vizsgálat során (194), ami a biológiai növényvédelem segítségével termesztett üvegházi paradicsom jelentőségét tovább növelheti.

4. A betakarítás utáni kezelés

A friss paradicsom, a bogyók magas víztartalma és lágy textúrája miatt nagy kihívást jelent a betakarítás utáni tárolás szempontjából. A termés könnyen romlandó és nehezen tárolható hosszú ideig, jelentős veszteségek és többletköltségek nélkül (195). A paradicsomfélék tárolására irányuló kutatások elsősorban a pulton tarthatóságra összpontosultak, a bogyó megjelenésére és keménységére fókuszálva (196). Bár a fogyasztók szempontjából a friss paradicsom ízét és a fogyasztó egészségét befolyásoló összetevők rendkívül fontosak, a vásárlásra vonatkozó kezdeti döntést általában az előbbi két tulajdonság alapján hozzák meg (24–27), míg a későbbi vásárlások gyakorisága és nagysága nagymértékben függ az étkezés minőségének a fogyasztók általi értékelésétől (197).

A szedés után, a paradicsom bogyó számára a növényből származó víz- és tápanyag ellátása megszűnik, így a termesztési (preharvest)- (198,199) és betakarítás utáni (postharvest) (60,200) körülmények alapvető szerepet játszanak a friss termék minőségében bekövetkező csökkenés lelassításában.

Közismert, hogy a globalizáció eredményeképpen, az áruhátláncokban kapható friss paradicsom, jelentős utat tesz meg a vásárlóig (197), ezzel komoly többletköltséget és környezeti terhelést okozva (201). A fogyasztók körében azonban megfigyelhető egy újabb fontos piaci trend, a helyben előállított paradicsom iránti kereslet növekedése (202). Bár a globális áruhátláncok gazdasági szempontból jobban teljesítenek, a helyi kereskedők társadalmi-, környezetvédelmi- és etikai kérdésekben is jobb eredményt nyújtanak (203), valamint nem szükséges éretlenül leszedett termést forgalmazniuk (26,29,204).

Mivel a paradicsom termése utóérő, nem szükséges biológiai érettségben leszedni, a szállítás alatt is elérheti a fogyasztásra alkalmas érettségi állapotot (205,206) a megfelelő hőmérsékleti programot alkalmazva (61). A paradicsom termése kifejezetten érzékenyen reagál az optimálisnál alacsonyabb tárolási hőmérsékletre (196), bár ezt a hatást enyhíteni lehet a termesztés ideje alatti hosszúhullámú vörös LED fényforrással (207). A hűtés szelektíven megváltoztatja a bogyó illóanyag tartalmát anélkül, hogy megváltoztatná a cukor- és a savtartalmat, ami a fogyasztói kedveltség csökkenéséhez vezet (208–211).

Az optimális tárolási hőmérséklet, amely lassítja az érést és megőrzi a tárolás után érlelt bogyó minőségét is, szintén függ a fajtától és az érettségi állapottól. Az érett zöld bogyót 2 hétig lehet tárolni 12,5–15°C hőmérsékleten, a szalmasárgát egy hétig 10–12,5°C-on, míg a teljesen érettet 7–10°C-os hőmérsékleten csak 3–5 napig. Az érett zöld bogyó érési optimuma 15–20°C, a 25°C feletti érés pedig puha, halványabb színű bogyót eredményez (212).

A betakarításkori érettség és a szállítás alatt alkalmazott hőmérséklet, a szállítás távolságával fordítottan arányos, ami gyakran az optimálisnál alacsonyabb hőmérséklet alkalmazását jelenti, negatívan befolyásolva a bogyó fogyasztási értékét (213,214). A fajta, az érettség és a tárolás egymásra hatásának köszönhetően alakul ki a bogyók végső minősége (61,195).

Jogosan merül fel a kérdés, hogy az utó-, vagy a növényen érett paradicsom jobb minőségű (215)? Ennek kiderítésére számos vizsgálatot végeztek, a különböző betakarítás előtti, abiotikus- (89,216,217) és biotikus (218–222) tényezők hatásainak feltárására és bizonyítást nyert, hogy ha kis mértékben is, de a növényen beérett paradicsom jobb minőségű (61,195).

5. A paradicsom íze

A paradicsom ízével kapcsolatos fogyasztói alapú megközelítésre fókuszáló kutatások száma megnövekedett az utóbbi években (20,28). Az első jelentősebb vizsgálat a Németországba irányuló holland export paradicsom íztelensége miatt indult Wageningenben (36), ahol külön kutatócsoportot is létrehozta a jobb ízű paradicsom

nemesítésére (223). Ennek érdekében elsősorban kisebb bogyméretű fajtákat nemesítettek, melyek megtalálhatók az európai boltok pultjain (182). Spanyolországban a muchamiel típusú örökség paradicsomok ízét próbálták meg detektálni az Alicante Egyetemen, összehasonlítva egy kereskedelmi fajtával (21). Franciaországban a Mezőgazdasági Kutató Intézet (INRA) avignoni állomásán folynak hasonló vizsgálatok, főleg cseresznye paradicsomokkal (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) (224–226). A Floridai Egyetemen, pedig kifejezetten az élelmiszerek ízének kutatására hoztak létre egy innovációs központot (Plant Innovation Center), ahol a vizsgálatok egyik fő témája a paradicsom (13,227–229).

Magyarországon is folyik ilyen jellegű kutatás az Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, a Szent István Egyetem, Ökológiai és Fenntartható Gazdasági Rendszerek Tanszéke, valamint Érzékszervi Laboratóriuma és ökológiai gazdálkodók közreműködésével, a hazai tájfajták összegyűjtésével és ökológiai termesztésük vizsgálatával (47,230–233).

Ahhoz, hogy a paradicsom ízvesztését megfordíthassák, először meg kellett határozni a fogyasztók számára legfontosabb összetevőket, majd fel kellett deríteni, hogy mi veszett el a modern fajtákból és miért. Mivel az illékony komponensek nagyon alacsony koncentrációban aktívak, lehetővé kellett tenni koncentrációjuk emelését a termés hozamra gyakorolt negatív hatás nélkül (20).

Az étel íze nem más, mint az íz és az ízlelés közötti kölcsönhatások összessége. A paradicsom esetében a cukrok és savak aktiválják az ízérzékelőket, míg a változatos illékony vegyületek szaglőreceptorokat aktiválnak. A cukrok, savak és az illékony anyagok kölcsönhatása fontos a jó ízhez (227). E mellett a fajlagos karotinoid eredetű illékony anyagok visszaszorítása is a fogyasztói kedveltség jelentős csökkenését eredményezi (234,235). Ez nem meglepő, mivel a paradicsom piros színét a bogyoiban legnagyobb arányban lévő karotinoid egyik fajtája, a likopin okozza (236) A vásárlók előnyben részesítik a piros színt és összekapcsolják az ízzel (26,28).

A paradicsom termésében található ízanyagok csoportosíthatók nem illó (cukrok, szerves savak, aminosavak és ásványi anyagok) és illó komponensekre is (40,237). Előbbiek mennyisége erős pozitív korrelációt mutat az oldható szárazanyag tartalommal (45,238), melynek átlagosan 50-60%-át alkotják és így a legjelentősebb íz meghatározók (22,90,239).

A paradicsombogyó szénhidrát háztartásában a szacharóz és a keményítő a legfontosabbak (240). Az összes redukáló cukor mennyiségén belül, a glükóz, fruktóz és szacharóz koncentrációját szokták detektálni leggyakrabban (45,59,86,241), de valószínűleg más cukrok is részt vesznek az édes íz kialakításában, mint a pentózok közül az arabinóz és xilóz, a hexózok közül a galaktóz és mannóz, vagy a triszacharidok közül a raffinóz (45,239,242–244).

A szerves savak alkotják a paradicsom szárazanyagtartalmának mintegy 5-15%-át (59,85,245), és koncentrációjuk erős negatív összefüggésben van a bogyó kémhatásával (45), ami különösen fontos tényező az ipari paradicsomok feldolgozása során (246–248). A szerves savak közül a citromsav és almasav előfordulása a legnagyobb arányú (86,245,249), amelyek genetikai- (250–252) és környezeti szabályozás alatt állnak (253). Ezeken kívül a glutaminsav (75), ferulasav (45), oxálsav (247) és fumársav (254) is megtalálható a paradicsom termésében. Az almasav savasabb ízű, mint a citromsav, de a paradicsom ízére kevésbé hat, alacsonyabb koncentrációja miatt (245,255).

A paradicsom ízét elsősorban a cukrok és savak aránya (237,256–258), valamint többféle, nagyságrendekkel alacsonyabb koncentrációban jelen lévő aroma összetevő alkotja (88,206,245). Az optimális cukor:sav arány széles körben elfogadott nemesítési cél volt az ipari paradicsom esetén, más növényi tápanyagok és aromák rovására, amelyek nagyrészt kihasználatlanok maradtak (257).

A több mint 400 kimutatható aroma összetevő közül (245), egyesek szerint mindössze 16 (259), mások szerint 30 (26,45) esetén valószínűsíthető, hogy a paradicsomban található koncentrációja és az érzékelési küszöb alapján, hozzájárul a paradicsom ízéhez. Ezek az ízanyagok, nano- és pikomoláris koncentrációban vannak jelen a termésekben, melyeket rendkívül nehéz számszerűsíteni, (20). Az emberek kóstolóképesége is korlátozott, miután egy bizonyos mennyiségű paradicsomot elfogyasztottak a tesztelők, már nem voltak képesek megkülönböztetni a mintákat (36). További eredmények egyértelműen azt mutatták, hogy mind a minta-előkészítés folyamata, mind az illékony anyagok befogadására használt módszer is hatást gyakorol az aromaprofilokra (260).

A legfontosabb paradicsom aromakomponensek közül néhány: cis-3-hexenal, hexanal, cis-3-hexenol, β -ionone, β -damascenone, 1-penten-3-one, 3-metilbutanol, 2-metilbutanol, 2-izobutiltiazol (13,23,266,38,95,211,261–265).

6. Következtetések

A termesztéstechnológia alapeleme a fajta, a cseresznye paradicsomokról pedig közismert, hogy kedvezőbb beltartalmi paraméterekkel rendelkeznek, mint a nagy bogyójú fajták. A magasabb szárazanyag tartalmuk miatt jobb az ízük és a táplálkozás élettani szempontból fontos fitonutriensek is nagyobb koncentrációban vannak jelen a bogyóikban.

Az egész éves folyamatos termesztés téli korlátozó tényezője Magyarországon a napfény hiánya, amit mesterséges megvilágítással pótolni lehet. Az ilyen pótmegvilágítással rendelkező növényházakban január-február hónapokban is előállítható érett paradicsom, ami természetes fény mellett szinte lehetetlen. A

paradicsom pótmegvilágítására pillanatnyilag HPS fényforrásokat használnak, de sok kutatás foglalkozik a LED alapú pótmegvilágítás megvalósíthatóságával. Utóbbi valószínűleg nemcsak gazdaságilag lesz hatékonyabb, hanem segítségével olyan speciális körülmények is teremthetők, amelyek még jobb táplálkozás-élettani értékű paradicsomot eredményezhetnek, mint a kizárólag napsugárzással előállított termék.

A paradicsom tápanyagellátása, és a beeső fény mennyiségen alapuló vezérlése, szintén az erőforrások hatékonyságának- és a végtermék minőségének maximalizálását teszi lehetővé. Bár a talaj nélküli termesztés az EU-ban pillanatnyilag nem kaphat bio minősítést, a tudományos vizsgálatok nem tudták bizonyítani a csak talajon előállított paradicsom táplálkozás-élettani előnyeit.

A poszméhekkel végzett beporzás miatt, szinte kizárólag biológiai növényvédelmet alkalmaznak a paradicsom egész éves fűtött hajtásában, ami a legalacsonyabb inszekticid maradékkal rendelkező terméket eredményezi, a létező összes termesztési változat közül.

A helyi termesztés nagy előnye lehet a lokális piaci igények kiszolgálása, ami a kisebb szállítási távolság miatt, érettebb állapotban történő betakarítást és kevesebb hűtést igényel a fogyasztóhoz való eljuttatásig, növelve ezzel paradicsom élvezeti értékét. Az alacsonyabb posztharvest költségek mellett a csökkent környezetterhelés is a helyi termelésnek kedvez, melyet környezettudatos vásárlók már előnyben részesítenek.

Bár a fogyasztók először a paradicsom bogyó külső fizikai tulajdonságai (szín, keménység) alapján hoznak döntést, későbbi vásárlásaik esetén tapasztalataik ezt felülírhatják, előnyben részesítve a hagyományostól eltérő, de ízletesebb fajtákat. A paradicsom íze egy nagyon összetett tulajdonság, amellyel intenzíven foglalkoztak a kutatók az utóbbi évtizedekben, és megállapították, hogy az előbbieken felsorolt pre- és posztharvest feltételek jelentős befolyással vannak rá.

Összességében elmondható, hogy a nagy légterű, visszasajtolásos termálvízzel fűtött, talaj nélküli, helyi piacokat célzó, cseresznye típusú paradicsom, hazai termesztése, a fenntarthatóság-, környezetterhelés- és táplálkozás-élettan szempontjából előnyösebb, mintha import hajtattott paradicsomot fogyasztanánk.

Magyarországon is elérhetők már ilyen módon termelt paradicsomok, melyeket a cseresznye típusok között is különleges ízt képviselő fajtákkal, a téli fényszegény időszakban mesterséges megvilágítással kiegészítve egész évben azonos minőségben állítanak elő (267). Biológiai érettségben betakarítva, a hazai pultokon már a szedést követő napon megtalálhatók, melynek eredményeképpen, a SZIE laboratóriumában végzett vizsgálatok alapján, a táplálkozás-élettanilag fontos beltartalmi összetevőik (C-vitamin és karotinoidok) koncentrációja, 300-600%-kal volt magasabb, az importtal összehasonlítva.

7. Felhasznált irodalom

1. Food and Agriculture Organization. FAOSTAT Crops Production [Internet]. Production/Yield quantities of Tomatoes in World + (Total). 2019. Available from: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
2. World Processing Tomato Council. World production estimate of tomatoes for processing. [Internet]. WPTC Releases. 2019. Available from: <http://www.wptc.to/releases-wptc>
3. Varga G, Dimény J, Pék Z, Kassai T. A fajta és az évjárat hatása a támrendszeres paradicsom termésképzésére. *Kertgazdaság*. 2005;37(5):145–54.
4. Riga P. Effect of rootstock on growth, fruit production and quality of tomato plants grown under low temperature and light conditions. *Hortic Environ Biotechnol*. 2015;56(5):626–38.
5. Higashide T, Heuvelink E. Physiological and morphological changes over the past 50 years in yield components in tomato. *J Am Soc Hortic Sci* [Internet]. 2009;134(4):460–5. Available from: <http://journal.ashspublications.org/content/134/4/460.short>
6. Basu A, Imrhan V. Tomatoes versus lycopene in oxidative stress and carcinogenesis: conclusions from clinical trials. *Eur J Clin Nutr*. 2007;61(3):295–303.
7. Rao A V., Agarwal S. Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutr Cancer*. 1998;31(3):199–203.
8. Tan H-L, Thomas-Ahner JM, Grainger EM, Wan L, Francis DM, Schwartz SJ, et al. Tomato-based food products for prostate cancer prevention: what have we learned? *Cancer Metastasis Rev*. 2010;29(3):553–68.
9. Tomas M, Beekwilder J, Hall RD, Sagdic O, Boyacioglu D, Capanoglu E. Industrial processing versus home processing of tomato sauce: Effects on phenolics, flavonoids and in vitro bioaccessibility of antioxidants. *Food Chem*. 2017;220:51–8.
10. Cámara M, Fernández-Ruiz V, Domínguez L, Cámara RM, Sánchez-Mata CM. Lycopene: Antioxidant Health Claims and Regulation. In: Rao V, Young G, Rao L, editors. *Lycopene and Tomatoes in Human Nutrition and Health*. CRC Press Taylor and Francis Group; 2018. p. 179–96.
11. Gaillet-Torrent M, Sulmont-Rossé C, Issanchou S, Chabanet C, Chambaron S. Impact of a non-attentively perceived odour on subsequent food choices. *Appetite* [Internet]. 2014;76:17–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2014.01.009>
12. Goff SA, Klee HJ. Plant volatile compounds: Sensory cues for health and nutritional value? *Science (80-)* [Internet]. 2006;311(5762):815–9. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-32444440674&partnerID=40&md5=ead45337d321ea24003f7e8994524a34>
13. Klee HJ, Tieman DM. Genetic challenges of flavor improvement in tomato. *Trends Genet*. 2013;29(4):257–62.
14. Powell ALT, Nguyen C V., Hill T, Cheng KL, Figueroa-Balderas R, Aktas H, et al. Uniform ripening encodes a Golden 2-like transcription factor regulating tomato fruit chloroplast development. *Science*. 2012;336(6089):1711–5.
15. Wang D, Seymour GB. Tomato Flavor: Lost and Found? *Mol Plant* [Internet]. 2017;10(6):782–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.molp.2017.04.010>
16. Sands DC, Morris CE, Dratz EA, Pilgeram AL. Elevating optimal human nutrition to a central goal of plant breeding and production of plant-based foods. *Plant Sci*. 2009;177(5):377–89.
17. Davis DR, Epp MD, Riordan HD. Changes in USDA food composition data for 43 garden crops, 1950 to 1999. *J Am Coll Nutr*. 2004;23(6):669–82.
18. Mayer A-M. Historical changes in the mineral content of fruits and vegetables. *Br Food J*. 1997;99(6):207–11.
19. Schouten HJ, Tikunov Y, Verkerke W, Finkers R, Bovy A, Bai Y, et al. Breeding has increased the diversity of cultivated tomato in The Netherlands. *Front Plant Sci*. 2019;10:1606.
20. Tieman D, Zhu G, Resende MFR, Lin T, Nguyen C, Bies D, et al. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science (80-)* [Internet]. 2017;355(6323):391–4. Available from: <http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.aal1556>
21. Ruiz JJ, Alonso A, García-Martínez S, Valero M, Blasco P, Ruiz-Bevia F. Quantitative analysis of flavour volatiles detects differences among closely related traditional cultivars of tomato. *J Sci Food Agric*. 2005;85(1):54–60.

22. Yilmaz E. The Chemistry of Fresh Tomato Flavor. *Turkish J Agric For.* 2001;25:149–55.
23. Gao L, Gonda I, Sun H, Ma Q, Bao K, Tieman DM, et al. The tomato pan-genome uncovers new genes and a rare allele regulating fruit flavor. *Nat Genet* [Internet]. 2019;51(6):1044–51. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/s41588-019-0410-2>
24. Hetherington MJ, Macdougall DB. Optical properties and appearance characteristics of tomato fruit (*Lycopersicon esculentum*). *J Sci Food Agric.* 1992;59(4):537–43.
25. Pagliarini E, Monteleone E, Ratti S. Sensory profile of eight tomato cultivars (*Lycopersicon Esculentum*) and its relationship to consumer preference. *Ital J Food Sci.* 2001;13(3):285–96.
26. Causse M, Friguet C, Coiret C, LéPicier M, Navez B, Lee M, et al. Consumer Preferences for Fresh Tomato at the European Scale: A Common Segmentation on Taste and Firmness. *J Food Sci.* 2010;75(9):531–41.
27. Aurand R, Fauroubert M, Page D, Maingonnat JF, Brunel B, Causse M, et al. Anatomical and biochemical trait network underlying genetic variations in tomato fruit texture. *Euphytica.* 2012;187(1):99–116.
28. Rocha M de C, Deliza R, Corrêa FM, Carmo MGF d., Abboud ACS. A study to guide breeding of new cultivars of organic cherry tomato following a consumer-driven approach. *Food Res Int* [Internet]. 2013;51(1):265–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.019>
29. Oltman AE, Jervis SM, Drake MA. Consumer attitudes and preferences for fresh market tomatoes. *J Food Sci.* 2014;79(10):S2091–7.
30. Higashide T, Yasuba K ichiro, Suzuki K, Nakano A, Ohmori H. Yield of Japanese tomato cultivars has been hampered by a breeding focus on flavor. *HortScience.* 2012;47(10):1408–11.
31. Wang L, Baldwin EA, Bai J. Recent Advance in Aromatic Volatile Research in Tomato Fruit: The Metabolisms and Regulations. *Food Bioprocess Technol.* 2016;9(2):203–16.
32. Rambla JL, Tikunov YM, Monforte AJ, Bovy AG, Granell A. The expanded tomato fruit volatile landscape. *J Exp Bot.* 2014;65(16):4613–23.
33. Heusden S, Lindhout P. Genetics and breeding. In: Heuvelink E, editor. *Tomatoes* 2nd edition. CAB International; 2018. p. 27–58.
34. Ronga D, Francia E, Rizza F, Badeck FW, Caradonia F, Montevecchi G, et al. Changes in yield components, morphological, physiological and fruit quality traits in processing tomato cultivated in Italy since the 1930's. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2019;257(July):108726. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108726>
35. Zsögön A, Čermák T, Naves ER, Notini MM, Edel KH, Weinl S, et al. De novo domestication of wild tomato using genome editing. *Nat Biotechnol* [Internet]. 2018;36(12):1211–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1038/nbt.4272>
36. Verkerke W, Janse J, Kersten M. Instrumental measurement and modelling of tomato fruit taste. Vol. 456, *Acta Horticulturae.* 1998. p. 199–205.
37. Voorrips RE, Verkerke W, Finkers R, Jongerius R, Kanne J. Inheritance of taste components in tomato. *Acta Physiol Plant.* 2000;22(3):259–61.
38. Mathieu S, Cin VD, Fei Z, Li H, Bliss P, Taylor MG, et al. Flavour compounds in tomato fruits: Identification of loci and potential pathways affecting volatile composition. *J Exp Bot* [Internet]. 2009;60(1):325–37. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-60149103014&partnerID=40&md5=7495819b800d897771fe5f9d593237a6>
39. Ballester A-R, Tikunov Y, Molthoff J, Grandillo S, Viquez-Zamora M, de Vos R, et al. Identification of loci affecting accumulation of secondary metabolites in tomato fruit of a *Solanum lycopersicum* x *Solanum chmielewskii* introgression line population. *Front Plant Sci* [Internet]. 2016;7:1428. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84989848629&doi=10.3389%2Ffpls.2016.01428&partnerID=40&md5=63c6e40bf35398b98cc441d9f3f2099f>
40. Stingone C, Gabrielli M, Bandini M, Bolzoni L, Sandei L. Evaluation of volatile and non-volatile taste and flavour compounds of some Italian tomato cultivars throughout processing. *Acta Hortic* [Internet]. 2017;(1159):215–22. Available from: http://www.actahort.org/books/1159/1159_31.htm
41. Buttery RG, Teranishi R, Ling LC, Flath R a, Stern DJ. Quantitative studies on origins of fresh tomato aroma volatiles. *J Agric Food Chem* [Internet]. 1988;36(6):1247–50. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/2354234>

42. Abegaz EG, Tandon KS, Scott JW, Baldwin EA, Shewfelt RL. Partitioning taste from aromatic flavor notes of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) to develop predictive models as a function of volatile and nonvolatile components. *Postharvest Biol Technol*. 2004;34(3):227–35.
43. Goulet C, Mageroy MH, Lam NB, Floystad A, Tieman DM, Klee HJ. Role of an esterase in flavor volatile variation within the tomato clade. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2012;109(46):19009–14. Available from: <http://www.pnas.org/content/109/46/19009.full>
44. Klee HJ. Improving the flavor of fresh fruits: Genomics, biochemistry, and biotechnology. *New Phytol*. 2010;187(1):44–56.
45. Fernández-Ruiz V, Sánchez-Mata MC, Cámara M, Torija ME, Chaya C, Galiana-Balaguer L, et al. Internal quality characterization of fresh tomato fruits. *HortScience*. 2004;39(2):339–45.
46. O’Connell S, Rivard C, Peet MM, Harlow C, Louws F. High tunnel and field production of organic heirloom tomatoes: Yield, fruit quality, disease, and microclimate. *HortScience*. 2012;47(9):1283–90.
47. Csambalik L, Divéky-Ertsey A, Pap Z, Orbán C, Stégerné Máté M, Gere A, et al. Coherences of instrumental and sensory characteristics: Case study on cherry tomatoes. *J Food Sci*. 2014;79(11):C2192–202.
48. Panthee DR, Gardner RG. ‘ Mountain Rouge ’: A Pink-fruited , Heirloom-type Hybrid Tomato and Its Parent Line NC 161L. 2014;49(11):1463–4.
49. Francis DM, Barringer SA, Whitmoyer RE. Ultrastructural characterization of yellow shoulder disorder in a uniform ripening tomato genotype. *HortScience*. 2000;35(6):1114–7.
50. Rick CM, Holle M. Andean *Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*: genetic variation and its evolutionary significance. *Econ Bot*. 1990;44(3 Supplement):69–78.
51. Peralta IE, Knapp S, Spooner DM. New Species of Wild Tomatoes (<I>Solanum</I> Section <I>Lycopersicon</I>: Solanaceae) from Northern Peru. *Syst Bot*. 2005;30(2):424–34.
52. Nesbitt CT, Tanksley SD. Comparative sequencing in the genus *lycopersicon*: Implications for the evolution of fruit size in the domestication of cultivated tomatoes. *Genetics*. 2002;162(1):365–79.
53. Blanca J, Cañizares J, Cordero L, Pascual L, Diez MJ, Nuez F. Variation Revealed by SNP Genotyping and Morphology Provides Insight into the Origin of the Tomato. *PLoS One* [Internet]. 2012;7(10):e48198. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84868288762&doi=10.1371%2Fjournal.pone.0048198&partnerID=40&md5=3a315bee40923f80d9a04bd1ff8ca284>
54. Soyk S, Müller NA, Park SJ, Schmalenbach I, Jiang K, Hayama R, et al. Variation in the flowering gene SELF PRUNING 5G promotes day-neutrality and early yield in tomato. *Nat Genet* [Internet]. 2017;49(1):162–8. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85002425568&doi=10.1038%2Fng.3733&partnerID=40&md5=5a604d218173ef39be0a21bcf8e90779>
55. Helyes L. A paradicsom és termesztése. SYCA Szakkönyvszolgálat; 1999. 234 p.
56. Faurobert M, Mihr C, Bertin N, Pawlowski T, Negroni L, Sommerer N, et al. Major proteome variations associated with cherry tomato pericarp development and ripening. *Plant Physiol*. 2007;143(3):1327–46.
57. Coyago-Cruz E, Corell M, Moriana A, Hernanz D, Stinco CM, Meléndez-Martínez AJ. Effect of the fruit position on the cluster on fruit quality, carotenoids, phenolics and sugars in cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *Food Res Int*. 2017;100:804–13.
58. Casals J, Rivera A, Sabaté J, del Castillo RR, Simó J. Cherry and fresh market tomatoes: Differences in chemical, morphological, and sensory traits and their implications for consumer acceptance. *Agronomy*. 2019;9(1):9.
59. Selli S, Kelebek H, Ayseli MT, Tokbas H. Characterization of the most aroma-active compounds in cherry tomato by application of the aroma extract dilution analysis. *Food Chem* [Internet]. 2014;165:540–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.147>
60. Beckles DM. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol Technol* [Internet]. 2012;63(1):129–40. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2011.05.016>
61. Verheul MJ, Slimestad R, Tjøstheim IH. From Producer to Consumer: Greenhouse Tomato Quality As Affected by Variety, Maturity Stage at Harvest, Transport Conditions, and

- Supermarket Storage. *J Agric Food Chem.* 2015;63(20):5026–34.
62. Slimestad R, Verheul MJ. Content of chalconaringenin and chlorogenic acid in cherry tomatoes is strongly reduced during postharvest ripening. *J Agric Food Chem.* 2005;53(18):7251–6.
63. Islam MZ, Lee YT, Mele MA, Choi IL, Kang HM. Effect of fruit size on fruit quality, shelf life and microbial activity in cherry tomatoes. *AIMS Agric Food.* 2019;4(2):340–8.
64. Raffo A, Leonardi C, Fogliano V, Ambrosino P, Salucci M, Gennaro L, et al. Nutritional value of cherry tomatoes (*Lycopersicon esculentum* cv. Naomi F1) harvested at different ripening stages. *J Agric Food Chem.* 2002;50(22):6550–6.
65. Zeng C, Tan P, Liu Z. Effect of exogenous ARA treatment for improving postharvest quality in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. *Sci Hortic (Amsterdam) [Internet].* 2019;261(November 2019):108959. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108959>
66. Wu Q, Tao X, Ai X, Luo Z, Mao L, Ying T, et al. Effect of exogenous auxin on aroma volatiles of cherry tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit during postharvest ripening. *Postharvest Biol Technol.* 2018;146(July):108–16.
67. Masetti O, Ciampa A, Nisini L, Valentini M, Sequi P, Dell'Abate MT. Cherry tomatoes metabolic profile determined by 1H-High Resolution-NMR spectroscopy as influenced by growing season. *Food Chem.* 2014;162:215–22.
68. Hobson GE, Bedford L. The composition of cherry tomatoes and its relation to consumer acceptability. *J Hortic Sci.* 1989;64(3):321–9.
69. Sinesio F, Cammareri M, Moneta E, Navez B, Pepparai M, Causse M, et al. Sensory quality of fresh French and Dutch market tomatoes: A preference mapping study with Italian consumers. *J Food Sci.* 2010;75(1).
70. Jürkenbeck K, Meyerding SGH. Preferences for fresh tomatoes with a focus on young consumers in Germany – Choice-experiment and latent class analysis. *Eur J Hortic Sci.* 2019;84(6):325–31.
71. Peet MM, Willits DH. Role of excess water in tomato fruit cracking. *HortScience.* 1995;30(1):65–8.
72. Lichter A, Dvir O, Fallik E, Cohen S, Golan R, Shemer Z, et al. Cracking of cherry tomatoes in solution. *Postharvest Biol Technol.* 2002;26(3):305–12.
73. Domínguez E, Fernández MD, Hernández JCL, Parra JP, España L, Heredia A, et al. Tomato fruit continues growing while ripening, affecting cuticle properties and cracking. *Physiol Plant.* 2012;146(4):473–86.
74. Panthee DR, Cao C, Debenport SJ, Rodríguez GR, Labate JA, Robertson LD, et al. Magnitude of Genotype × Environment Interactions Affecting Tomato Fruit Quality. *HortScience [Internet].* 2012;47(6):721–6. Available from: <http://hortsci.ashspublications.org/content/47/6/721.abstract>
75. Cebolla-Cornejo J, Roselló S, Valcárcel M, Serrano E, Beltrán J, Nuez F. Evaluation of genotype and environment effects on taste and aroma flavor components of Spanish fresh tomato varieties. *J Agric Food Chem.* 2011;59(6):2440–50.
76. Brandt S, Pék Z, Barna É, Lugasi A, Helyes L. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. *J Sci Food Agric.* 2006 Mar;86(4):568–72.
77. Pék Z, Helyes L, Lugasi A. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. *HortScience [Internet].* 2010;45(3):466–8. Available from: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/45/3/article-p466.xml>
78. Ilić ZS, Milenković L, Stanojević L, Cvetković D, Fallik E. Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2012;139:90–5.
79. Ilić ZS, Milenković L, Šunić L, Fallik E. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. *J Sci Food Agric.* 2015;95(13):2660–7.
80. Tinyane P, Sivakumar D, Soundy P. Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars. *Sci Hortic (Amsterdam) [Internet].* 2013 [cited 2015 Dec 26]; Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423813003105>
81. Shamshiri RR, Jones JW, Thorp KR, Ahmad D, Man HC, Taheri S. Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse cultivation of tomato: A review. *Int Agrophysics.* 2018;32(2):287–302.

82. Pék Z, Helyes L, Lugasi A. Color changes and antioxidant content of vine and postharvest-ripened tomato fruits. *HortScience* [Internet]. 2010;45(3):466–8. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-77950414105&partnerID=tZ0tx3y1>
83. Ripoll J, Urban L, Staudt M, Lopez-Lauri F, Bidel LPR, Bertin N. Water shortage and quality of fleshy fruits-making the most of the unavoidable. *J Exp Bot.* 2014;65(15):4097–117.
84. Baldassarre V, Cabassi G, Spadafora ND, Aprile A, M??ller CT, Rogers HJ, et al. Wounding tomato fruit elicits ripening-stage specific changes in gene expression and production of volatile compounds. *J Exp Bot.* 2015;66(5):1511–26.
85. Helyes L, Pék Z, Lugasi A. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. Vol. 41, *HortScience*. 2006. p. 1400–1.
86. Baldwin EA, Scott JW, Bai J. Sensory and chemical flavor analyses of tomato genotypes grown in Florida during three different growing seasons in multiple years. *J Am Soc Hortic Sci* [Internet]. 2015;140(5):490–503. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84942133136&partnerID=40&md5=572545b3693dcf7936b1cef726a2083f>
87. Helyes L, Varga G. Irrigation demand of tomato according to the results of three decades. *Acta Hortic.* 1994;376:323–8.
88. Baldwin EA, Scott JW, Shewmaker CK, Schuch W. Flavor trivia and tomato aroma: Biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. *HortScience*. 2000;35(6):1013–22.
89. Pék Z, Szuvandzsiev P, Nemenyi A, Helyes L, Lugasi A. The effect of natural light on changes in antioxidant content and color parameters of vine-ripened tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits. *HortScience* [Internet]. 2011;46(4):583–5. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79955402160&partnerID=tZ0tx3y1>
90. Iglesias MJ, García-López J, Collados-Luján JF, López-Ortiz F, Díaz M, Toresano F, et al. Differential response to environmental and nutritional factors of high-quality tomato varieties. *Food Chem.* 2015;176:278–87.
91. Benko B, Borošić J, Fabek S, Toth N, Voća S, Poljak M. Tomato Quality and Mineral Content Dependent on Cultivar and Nutrient Solution Composition. *Acta Hortic* [Internet]. 2012;(960):269–76. Available from: http://www.actahort.org/books/960/960_38.htm
92. Heeb A, Lundegårdh B, Savage G, Ericsson T. Impact of organic and inorganic fertilizers on yield, taste, and nutritional quality of tomatoes. *J Plant Nutr Soil Sci.* 2006;169(4):535–41.
93. Helyes L, Lugasi A, Pék Z. Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish J Agric For* [Internet]. 2012;36(6):702–9. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84868032262&partnerID=40&md5=e28de54618ef0bf15f76feae869d78f2>
94. Baldwin E, Plotto A, Narciso J, Bai J. Effect of 1-methylcyclopropene on tomato flavour components, shelf life and decay as influenced by harvest maturity and storage temperature. *J Sci Food Agric.* 2011;91(6):969–80.
95. Bai J, Baldwin EA, Imahori Y, Kostenyuk I, Burns J, Brecht JK. Chilling and heating may regulate C6 volatile aroma production by different mechanisms in tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *Postharvest Biol Technol* [Internet]. 2011;60(2):111–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.002>
96. Kubota C, de Gelder A, Peet MM. Greenhouse tomato production. In: Heuvelink E, editor. *Tomatoes*. CABI; 2018. p. 276–314.
97. Marcelis LFM, Costa JM, Heuvelink E. Achieving sustainable greenhouse production: present status, recent advances and future developments. In: Marcelis LFM, Heuvelink E, editors. *Achieving sustainable greenhouse production*. 2019. p. 1–14.
98. Warner D, Tzilivakis J, Körner O, Eveleens B, Heuvelink E, Lewis K. GREENERGY - Energy optimisation in European greenhouses [Internet]. 2008. Available from: <https://uhra.herts.ac.uk/handle/2299/14958?show=full>
99. Antón A, Torrellas M, Montero JI, Ruijs M, Vermeulen P, Stanghellini C. Environmental impact assessment of dutch tomato crop production in a venlo glasshouse. *Acta Hortic.* 2012;927(2001):781–92.
100. Körner O, Warner D, Tzilivakis J, Eveleens B, Heuvelink E. Decision support for optimising energy consumption in European greenhouses. *Acta Hortic.* 2008;801 PART 1:803–10.
101. Martínez-Blanco J, Muñoz P, Antón A, Rieradevall J. Assessment of tomato Mediterranean

- production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. *J Clean Prod* [Internet]. 2011;19(9–10):985–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.11.018>
102. de Gelder A, Dieleman JA. Validating the concept of the next generation greenhouse cultivation: An experiment with tomato. *Acta Hortic*. 2012;952:545–50.
 103. Hemming S, De Zwart F, Elings A, Righini I, Petropoulou A. Remote control of greenhouse vegetable production with artificial intelligence—greenhouse climate, irrigation, and crop production. *Sensors (Switzerland)*. 2019;19(8).
 104. Marcelis L, Heuvelink E. Achieving sustainable greenhouse cultivation. Burleigh Dodds Science Publishing; 2019. 380 p.
 105. Heuvelink E, Bakker M, Marcelis LFM, Raaphorst M. Climate and yield in a closed greenhouse. *Acta Hortic*. 2008;801:1083–92.
 106. de Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J Hortic Sci Biotechnol*. 2012;87(3):193–202.
 107. Hemming S. Autonomous Greenhouses 2nd Edition [Internet]. 2019. Available from: <https://www.wur.nl/en/project/autonomous-greenhouses-2nd-edition.htm>
 108. Van't Ooster A, Van Henten EJ, Janssen EGON, Bot GPA, Dekker E. Development of concepts for a zero-fossil-energy greenhouse. *Acta Hortic*. 2008;801 PART 1:725–32.
 109. Kempkes FLK, Janse J, Hemming S. Greenhouse concept with high insulating double glass with coatings and new climate control strategies; From design to results from tomato experiments. *Acta Hortic*. 2014;1037:83–92.
 110. Truffault V, Le Quillec S, Brajeul E. Insights into the potential of semi-closed greenhouses and future perspectives for tomato crops. *Acta Hortic*. 2018;1227:141–9.
 111. Cuce E, Harjunowibowo D, Cuce PM. Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2016;64:34–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.077>
 112. Hemming S, Bakker JC, Campen JB, Kempkes FLK. Sustainable use of energy in greenhouses. In: Marcelis LFM, Heuvelink E, editors. *Achieving sustainable greenhouse production*. Burleigh Dodds Science Publishing; 2019. p. 445–92.
 113. Ragnarsson Á, Ágústsson M. Geothermal energy in horticulture. Short Course VI Util Low-Mediu Geotherm Resour Financ Asp Util [Internet]. 2014;1–7. Available from: <http://www.os.is/gogn/unu-gtp-sc/UNU-GTP-SC-18-23.pdf>
 114. Antics M, Sanner B. Status of Geothermal Energy Use and Resources in Europe. In: *European Geothermal Congress*. 2007. p. 8.
 115. Nagygál J, Tóth L, Horváth B, Fogarassy C. Thermal water utilization in the Hungarian greenhouse practice. *Therm Sci*. 2018;22(2):1015–24.
 116. Dövényi P, Horváth F. A review of temperature, thermal conductivity and heat flow data for the Pannonian Basin. In: *The Pannonian Basin; A study in basin evolution*. 1988. p. 195–233.
 117. Szanyi J, Bálint A, Osvald M, Kovács B, Czinkota I, Nagygál J. Sustainability of Szentes Geothermal Field operations. In: Lurkiewicz A, Popa I, editors. *Proceedings of the 5nd IAH Central European Groundwater Conference (2015) "Groundwater Risk Assessment in Urban Areas*. Asociaba Hidrogeologilor din Romania; 2016. p. 173–82.
 118. Nagygál J, Tóth L, Horváth B, Bártfai Z, Szabó I. Enhancing the Effectiveness of Thermal Water Consumption Via Heat Pumping. *Appl Stud Agribus Commer*. 2015;9(4):53–8.
 119. Weller JL, Kendrick RE. Photomorphogenesis and Photoperiodism in Plants. In: Björn LO, editor. *Photobiology: The Science of Light and Life*. Springer Science and Business Media New York; 2015. p. 299–321.
 120. Helyes L, Varga G. A hajtás helytelen időzítésének hatása a paradicsomra. *Hajtás korai termesztés*. 1994;25(4):24–7.
 121. Hemming S. Use of natural and artificial light in horticulture - Interaction of plant and technology. *Acta Hortic*. 2011;907:25–36.
 122. Mitchell CA, Dzakovich MP, Gomez C, Burr JF, Hernández R, Kubota C, et al. Light-Emitting Diodes in Horticulture. *Hortic Rev (Am Soc Hortic Sci)*. 2015;43:1–88.
 123. Magnon H. Production de la matière verte des feuilles sous l'influence de la lumière électrique. *Comptes rendus l'Académie des Sci Paris*. 1861;53:243–4.
 124. Zabel P, Bamsey M, Schubert D, Tajmar M. Review and analysis of over 40 years of space plant growth systems. *Life Sci Sp Res* [Internet]. 2016;10:1–16. Available from:

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.lssr.2016.06.004>
125. Ivanova TN, Kostov PT, Sapunova SM, Dandolov IW, Salisbury FB, Bingham GE, et al. Six-month space greenhouse experiments - A step to creation of future biological life support systems. *Acta Astronaut.* 1998;42(1–8):11–23.
 126. Kozai T. Why LED lighting for Urban agriculture? *LED Lighting for Urban Agriculture.* 2016. 3–18 p.
 127. Park KS, Kim SK, Lee SG, Lee HJ, Kwon JK. Application of plasma lighting for growth and flowering of tomato plants. *Hortic Environ Biotechnol* [Internet]. 2018;59(6):827–33. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s13580-018-0052-9>
 128. Bergstrand KJ, Asp H, Schüssler HK. Different light spectra is affecting growth and morphology of transplants of *Solanum lycopersicum*. *Acta Hortic.* 2017;1170:937–42.
 129. Gómez C, Mitchell CA. In search of an optimized supplemental lighting spectrum for greenhouse tomato production with intracanopy lighting. *Acta Hortic.* 2016;1134:57–62.
 130. Hao X, Guo X, Chen X, Zheng J, Celeste L, Kholsa S. Dynamic temperature integration with temperature drop improved the response of greenhouse tomato to long photoperiod of supplemental lighting. In: *Acta Horticulturae.* 2017. p. 995–1002.
 131. Ménard C, Dorais M, Hovi T, Gosselin A. Developmental and physiological responses of tomato and cucumber to additional blue light. *Acta Hortic.* 2006;711:291–6.
 132. Dieleman JA, De Visser PHB, Vermeulen PCM. Reducing the carbon footprint of greenhouse grown crops: Re-designing LED-based production systems. *Acta Hortic.* 2016;1134:395–402.
 133. Gómez C, Izzo LG. Increasing efficiency of crop production with LEDs. *AIMS Agric Food.* 2018;3(2):135–53.
 134. Kowalczyk K, Gajc-Wolska J, Metera A, Mazur K, Radzanowska J, Szatkowski M. Effect of Supplementary Lighting on the Quality of Tomato Fruit (*Solanum lycopersicum* L.) in Autumn-Winter Cultivation. *Acta Hortic.* 2012;956:395–402.
 135. Dzakovich MP, Ferruzzi MG, Mitchell CA. Manipulating Sensory and Phytochemical Profiles of Greenhouse Tomatoes Using Environmentally Relevant Doses of Ultraviolet Radiation. *J Agric Food Chem.* 2016;64(36):6801–8.
 136. Kozai T, Niu G, Takagaki M. *Plant Factory: An Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production.* 2nd ed. Academic Press; 2020. 488 p.
 137. De Gelder A, Dieleman JA, Bot GPA, Marcelis LFM. An overview of climate and crop yield in closed greenhouses. *J Hortic Sci Biotechnol* [Internet]. 2012;87(3):193–202. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84864082780&partnerID=40&md5=339bb24f6b6a8ab50fb0fdbfa17399e2>
 138. Gómez C, Mitchell CA. In search of an optimized supplemental lighting spectrum for greenhouse tomato production with intracanopy lighting. *Acta Hortic.* 2016;1134:57–62.
 139. Gómez C, Mitchell CA. Supplemental Lighting for Greenhouse-Grown Tomatoes: Intracanopy LED Towers vs. Overhead HPS Lamps. *Acta Hortic.* 2014;1037:855–62.
 140. Gómez C, Clark M, Mitchell CA. Effect of intracanopy lighting and/or root-zone temperature on high-wire tomato production under supra-optimal air temperature. *Acta Hortic.* 2016;1134:63–9.
 141. Gómez C, Morrow RC, Bourget CM, Massa GD, Mitchell CA. Comparison of intracanopy light-emitting diode towers and overhead high-pressure sodium lamps for supplemental lighting of greenhouse-grown tomatoes. *Horttechnology.* 2013;23(1):93–8.
 142. Morrow RC, Bourget CM, Go C, Massa GD, Mitchell CA. Comparison of Intracanopy Light-emitting Diode Towers and Overhead High-pressure Sodium Lamps for Supplemental Lighting of Greenhouse-grown Tomatoes. *Horttechnology.* 2013;23(1):93–8.
 143. Zhang Y ting, Zhang Y qi, Yang Q chang, Li T. Overhead supplemental far-red light stimulates tomato growth under intra-canopy lighting with LEDs. *J Integr Agric* [Internet]. 2019;18(1):62–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62130-6](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62130-6)
 144. Deram P, Lefsrud MG, Orsat V. Supplemental lighting orientation and Red-to-Blue ratio of light-emitting diodes for greenhouse tomato production. *HortScience.* 2014;49(4):448–52.
 145. Hui XU, Yan-nan FU, Tian-lai LI, Rui W. Effects of different LED light wavelengths on the resistance of tomato against *Botrytis cinerea* and the corresponding physiological mechanisms. *J Integr Agric* [Internet]. 2017;16(1):106–14. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61435-1](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61435-1)
 146. Yang X, Xu H, Shao L, Li T, Wang Y, Wang R. Response of photosynthetic capacity of tomato

- leaves to different LED light wavelength. *Environ Exp Bot* [Internet]. 2018;150:161–71. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.013>
147. Hantos G, Hegedus J, Rencz M, Poppe A. Aging tendencies of power leds under different humidity conditions during thermal reliability testing. In: *THERMINIC 2015 - 21st International Workshop on Thermal Investigations of ICs and Systems*. 2016.
 148. Hegedüs J, Hantos G, Poppe A. A Step Forward in Lifetime Multi-Domain Modelling of Power Leds. In: *Proceedings of 29th CIE Session 2019*. 2019. p. 1154–61.
 149. Poppe A, Farkas G, Gaál L, Hantos G, Hegedüs J, Rencz M. Multi-Domain modelling of LEDs for supporting virtual prototyping of luminaires. *Energies*. 2019;12(10).
 150. Pohl L, Kollár E, Poppe A, Kohári Z. Nonlinear electro-thermal modeling and field-simulation of OLEDs for lighting applications I: Algorithmic fundamentals. *Microelectronics J*. 2012;43(9).
 151. Kozai T. Benefits, problems and challenges of plant factories with artificial lighting (PFALs): A short review. *Acta Hort*. 2018;1227:25–30.
 152. Xu Y. Nature and Source of Light for Plant Factory. In: *Plant Factory Using Artificial Light* [Internet]. Elsevier Inc.; 2019. p. 47–69. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-813973-8.00002-6>
 153. Dueck TA, Janse J, Eveleens BA, Kempkes FLK, Marcelis LFM. Growth of tomatoes under hybrid LED and HPS lighting [Internet]. C. K, N. K, T. B, editors. Vol. 952, *Acta Horticulturae*. Wageningen UR Greenhouse Horticulture, Wageningen, Netherlands; 2012. p. 335–42. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84863638987&partnerID=40&md5=ad340f0b3da1fef28af88b780012ce>
 154. Mitchell CA, Dzakovich MP, Celina G. Tomatoes Grown with Light-emitting Diodes or High-pressure Sodium Supplemental Lights have Similar Fruit-quality Attributes. *HortScience*. 2015;50(10):1498–502.
 155. Gómez C, Mitchell CA. Physiological and Productivity Responses of High-wire Tomato as Affected by Supplemental Light Source and Distribution within the Canopy. *J Am Soc Hortic Sci*. 2016;141(2):196–208.
 156. Xie B xing, Wei J jing, Zhang Y ting, Song S wei, Su W, Sun G wen, et al. Supplemental blue and red light promote lycopene synthesis in tomato fruits. *J Integr Agric* [Internet]. 2019;18(3):590–8. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)62062-3](http://dx.doi.org/10.1016/S2095-3119(18)62062-3)
 157. Fanwoua J, Vercambre G, Buck-Sorlin G, Dieleman JA, de Visser P, Génard M. Supplemental LED lighting affects the dynamics of tomato fruit growth and composition. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2019;256(November 2018):108571. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108571>
 158. Kaiser E, Ouzounis T, Giday H, Schipper R, Heuvelink E, Marcelis LFM. Adding blue to red supplemental light increases biomass and yield of greenhouse-grown tomatoes, but only to an optimum. *Front Plant Sci*. 2019;9(January):1–11.
 159. Kim H, Yang T, Choi S, Wang Y, Lin M, Liceaga AM. Supplemental intracanalopy far-red radiation to red LED light improves fruit quality attributes of greenhouse tomatoes. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2019;261:108985. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108985>
 160. Pham MD, Hwang H, Park SW, Cui M, Lee H, Chun C. Leaf chlorosis, epinasty, carbohydrate contents and growth of tomato show different responses to the red/blue wavelength ratio under continuous light. *Plant Physiol Biochem* [Internet]. 2019;141(January):477–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.06.004>
 161. Vélez-Ramírez AI, van Ieperen W, Vreugdenhil D, Millenaar FF. Continuous-light tolerance in tomato is graft-transferable. *Planta*. 2014;241(1):285–90.
 162. Ohyama K, Manabe K, Omura Y, Kozai T, Kubota C. Potential use of a 24-hour photoperiod (continuous light) with alternating air temperature for production of tomato plug transplants in a closed system. *HortScience* [Internet]. 2005;40(2):374–7. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-14244256173&partnerID=40&md5=c13951795cc6a1a625f4506971e7dedd>
 163. Vélez-Ramírez AI, van Ieperen W, Vreugdenhil D, Millenaar FF. Plants under continuous light. *Trends Plant Sci* [Internet]. 2011;16(6):310–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tplants.2011.02.003>
 164. Lanoue J, Zheng J, Little C, Thibodeau A, Grodzinski B, Hao X. Alternating Red and Blue Light-Emitting Diodes Allows for Injury-Free Tomato Production With Continuous Lighting. *Front*

- Plant Sci. 2019;10(September):1–14.
165. Velez-Ramirez AI, Dünner-Planella GA, Vreugdenhil D, Millenaar FF, van Ieperen W. On the induction of injury in tomato under continuous light: circadian asynchrony as the main triggering factor. *Funct Plant Biol.* 2017;44:597–611.
 166. Vélez-Ramírez AI. Continuous light on tomato: from gene to yield [Internet]. Vol. PhD. 2014. Available from: <http://edepot.wur.nl/312846>
 167. Novickovas A, Brazaityte A, Duchovskis P, Jankauskiene J, Samuoliene G, Viršile A, et al. Solid-state lamps (LEDs) for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses: Experimental results with cucumber [Internet]. N. C. O. van K, S. S, M.F. M, W.H. S, E. van O, editors. Vol. 927, *Acta Horticulturae*. Institute of Horticulture, Research Centre for Agriculture and Forestry, Babtai, Kaunas District, Lithuania; 2012. p. 723–30. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84863644559&partnerID=40&md5=2d894b5aeb9b4dacfd1914a6d76ca9d0>
 168. Bavec M, Robačar M, Stajniko D, Vukmanič T, Bavec T. Sustainability of vegetable production systems evaluated by ecological footprint. In: *Good Agricultural Practices for greenhouse vegetable production in the South East European countries*. FAO; 2017. p. 227–43.
 169. Dorais M, Papadopoulos AP, Gosselin A. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. *Agronomie*. 2001;21(4):367–83.
 170. Kleiber T. Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses. *Arch Environ Prot.* 2012;38(2):45–53.
 171. Gruda NS. Increasing sustainability of growing media constituents and stand-alone substrates in soilless culture systems. *Agronomy*. 2019;9(6):1–24.
 172. Erba D, Casiraghi CM, Ribas-Agustí A, Cáceres R, Marfà O, Castellari M. Nutritional value of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) grown in greenhouse by different agronomic techniques. *J Food Compos Anal.* 2013;31(2):245–51.
 173. Dannehl D, Taylor Z, Suhl J, Miranda L, Ulrichs C, Salazar C, et al. Sustainable Cities: Viability of a Hybrid Aeroponic/Nutrient Film Technique System for Cultivation of Tomatoes. *Int J Agric Biosyst Eng [Internet]*. 2017;11(6):470–7. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/317901695>
 174. Putra PA, Yuliando H. Soilless Culture System to Support Water Use Efficiency and Product Quality: A Review. *Agric Agric Sci Procedia [Internet]*. 2015;3:283–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.01.054>
 175. Shi ZQ, Jobin-Lawler F, Gosselin A, Turcotte G, Papadopoulos AP, Dorais M. Effects of Different EC Management on Yield, Quality and Nutraceutical Properties of Tomato grown under Supplemental Lighting. In: *Acta Horticulturae*. 2002. p. 241–7.
 176. Brañas Novedades J, Agrícolas SA, Ibañez MA, Lorenzo P, Gallardo M, Romojaro F. Nutritional aspects affecting tomato quality in soilless culture. *Acta Hortic.* 2001;559(3):509–14.
 177. Dorais M, Dorval R, Demers DA, Micevic D, Turcotte G, Hao X, et al. Improving tomato fruit quality by increasing salinity: Effects on ion uptake, growth and yield. In: *Acta Horticulturae*. 2000. p. 185–95.
 178. Elia A, Serio F, Parente A, Santamaria P, Rodriguez RG. Electrical conductivity of nutrient solution, plant growth and fruit quality of soilless grown tomato. In: *Acta Horticulturae*. 2001. p. 503–8.
 179. Signore A, Serio F, Santamaria P. A targeted management of the nutrient solution in a soilless tomato crop according to plant needs. *Front Plant Sci.* 2016;7(MAR2016):1–15.
 180. Gruda NS. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *J Appl Bot Food Qual.* 2009;82:141–7.
 181. D'Angelo M, Zanol MI, Burgos E, Asprelli PD, Boggio SB, Carrari F, et al. Fruit metabolic and transcriptional programs differentiate among Andean tomato (*Solanum lycopersicum* L.) accessions. *Planta [Internet]*. 2019;250(6):1927–40. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00425-019-03274-4>
 182. Causse M, Stevens R, Ben Amor B, Faurobert M, Muñoz S. Breeding for Fruit Quality in Tomato. In: Jenks MA, Bebeli PJ, editors. *Breeding for Fruit Quality*. John Wiley & Sons, Inc.; 2011. p. 279–80.
 183. Soloviev AA, Kuklev MY, Karnaukhova T V. The functional status of some genotypes of tomato plants under salty conditions in greenhouse. *Acta Hortic.* 2003;609:47–50.
 184. Bai Y, Lindhout P. Domestication and breeding of tomatoes: What have we gained and what

- can we gain in the future? *Ann Bot.* 2007;100(5):1085–94.
185. Giliberto L, Perrotta G, Pallara P, Weller JL, Fraser PD, Bramley PM, et al. Manipulation of the blue light photoreceptor cryptochrome 2 in tomato affects vegetative development, flowering time, and fruit antioxidant content. *Plant Physiol.* 2005;137(1):199–208.
 186. Verkerke W, Labrie C, Dueck T. The effect of light intensity and duration on vitamin C concentration in tomato fruits. *Acta Hortic.* 2015;(1106):49–54.
 187. Böhme M, Pinker I, Grüneberg H, Herfort S. Sheep wool as fertiliser for vegetables and flowers in organic farming. In: *Acta Horticulturae.* 2012. p. 195–202.
 188. Sorensen JN, Thorup-Kristensen K. An organic and environmentally friendly growing system for greenhouse tomatoes. *Biol Agric Hortic.* 2006;24(3):237–56.
 189. Raviv M. Should we use soilless media in organic greenhouses? *Acta Hortic.* 2017;1164:535–40.
 190. Vinha AF, Barreira SVP, Costa ASG, Alves RC, Beatriz M, Oliveira PP. Organic versus conventional tomatoes: Influence on physicochemical parameters, bioactive compounds and sensorial attributes. *Food Chem Toxicol* [Internet]. 2014;67:139–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2014.02.018>
 191. Guerra-Sanz JM. Crop pollination in greenhouses. In: James RR, Pitts-Singer TL, editors. *Bee pollination in agricultural ecosystems.* Oxford University Press; 2008. p. 27–47.
 192. Van Lenteren JC. A greenhouse without pesticides: Fact or fantasy? *Crop Prot.* 2000;19(6):375–84.
 193. Wakil W, Brust GE, Perring T, editors. *Sustainable management of arthropod pests of tomato.* Academic Press; 2017. 327 p.
 194. EFSA. The 2017 European Union report on pesticide residues in food. *EFSA J.* 2019;17(6):e5743.
 195. Siddiqui MW, Lara I, Ilahy R, Tlili I, Ali A, Homa F, et al. Dynamic Changes in Health-Promoting Properties and Eating Quality During Off-Vine Ripening of Tomatoes. *Compr Rev Food Sci Food Saf* [Internet]. 2018;17(6):1540–60. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85054596448&doi=10.1111%2F1541-4337.12395&partnerID=40&md5=506c4bc576103948cfadf1b502b3f134>
 196. Park MH, Sangwanangkul P, Choi JW. Reduced chilling injury and delayed fruit ripening in tomatoes with modified atmosphere and humidity packaging. *Sci Hortic (Amsterdam)* [Internet]. 2018;231:66–72. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.021>
 197. Jürkenbeck K, Spiller A, Meyerding SGH. Tomato attributes and consumer preferences – a consumer segmentation approach. Achim S, editor. *Br Food J* [Internet]. 2019 Jan 1; in press. Available from: <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2018-0628>
 198. Oms-Oliu G, Hertog MLATM, Van de Poel B, Ampofo-Asiama J, Geeraerd AH, Nicolai BM. Metabolic characterization of tomato fruit during preharvest development, ripening, and postharvest shelf-life. *Postharvest Biol Technol* [Internet]. 2011;62(1):7–16. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79960610150&partnerID=40&md5=59f1175a053395293ec365736c3a8550>
 199. Bertin N, Génard M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2018;233(April 2017):264–76.
 200. Boukobza F, Taylor AJ. Effect of postharvest treatment on flavour volatiles of tomatoes. *Postharvest Biol Technol.* 2002;25(3):321–31.
 201. Brunori G, Galli F, Barjolle D, van Broekhuizen R, Colombo L, Giampietro M, et al. Are local food chains more sustainable than global food chains? Considerations for Assessment. *Sustain.* 2016;8(5):1–27.
 202. Meyerding SGH, Trajer N. Consumer preferences for local origin: Is closer better? The case of fresh tomatoes and ketchup in Germany. *Acta Hortic.* 2019;1233:193–200.
 203. Bellec-Gauche A, Chiffolleau Y, Camille M. Case study multidimensional comparison of local and global fresh tomato supply chains in France [Internet]. Montpellier; 2015. Available from: <http://glamur.eu/wp-content/uploads/2015/04/glamur-wp3-france-tomato-3-cases.pdf>
 204. Oltman AE, Yates MD, Drake MA. Preference Mapping of Fresh Tomatoes Across 3 Stages of Consumption. *J Food Sci.* 2016;81(6):S1495–505.
 205. Giovannoni J. Genetic regulation of fruit development and ripening. *Plant Cell Online* [Internet]. 2004;16:170–81. Available from: http://www.plantcell.org/content/16/suppl_1/S170.short
 206. Klee HJ, Giovannoni JJ. Genetics and control of tomato fruit ripening and quality attributes [Internet]. Vol. 45, *Annual Review of Genetics.* 2011. p. 41–59. Available from:

- <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-80755169485&partnerID=40&md5=471ae197da76ab70a07f4682b998fdc2>
207. Affandi FY, Verdonk JC, Ouzounis T, Ji Y, Woltering EJ, Schouten RE. Far-red light during cultivation induces postharvest cold tolerance in tomato fruit. *Postharvest Biol Technol.* 2020;159(July 2019):0–9.
208. Wang L, Baldwin EA, Zhao W, Plotto A, Sun X, Wang Z, et al. Suppression of volatile production in tomato fruit exposed to chilling temperature and alleviation of chilling injury by a pre-chilling heat treatment. *LWT - Food Sci Technol.* 2015;62(1):115–21.
209. Imahori Y, Bai J, Baldwin E. Antioxidative responses of ripe tomato fruit to postharvest chilling and heating treatments. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2016;198:398–406.
210. Deltsidis AI, Brecht JK, Bai J, Baldwin EA. Tomato chilling injury threshold defined by the volatile profiles of pink harvested tomato fruit. *Acta Hort.* 2016;1120:143–9.
211. Farneti B, Alarcón AA, Papisotiriou FG, Samudrala D, Cristescu SM, Costa G, et al. Chilling-Induced Changes in Aroma Volatile Profiles in Tomato. *Food Bioprocess Technol.* 2015;8(7):1442–54.
212. Saltveit ME. Postharvest Biology and handling of tomatoes. In: Heuvelink E, editor. *Tomatoes.* CAB International; 2018. p. 378.
213. Dew R, Seal CJ, Brandt K. Effects of temperature conditions during transport and storage on tomato fruit quality. In: *Acta Horticulturae.* 2016. p. 317–22.
214. Bosona T, Gebresenbet G. Life cycle analysis of organic tomato production and supply in Sweden. *J Clean Prod [Internet].* 2018;196:635–43. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.087>
215. Ozgen S, Sekerci S, Korkut R, Karabiyik T. The tomato debate: Postharvest-ripened or vine ripe has more antioxidant? *Hortic Environ Biotechnol [Internet].* 2012;53(4):271–6. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84866063960&doi=10.1007%2Fs13580-012-0001-y&partnerID=40&md5=d844c2d07b2e35a0eb4b3f77e43a4ff8>
216. Lana MM, Tijssens LMM, van Kooten O. Effects of storage temperature and stage of ripening on RGB colour aspects of fresh-cut tomato pericarp using video image analysis. *J Food Eng [Internet].* 2006;77(4):871–9. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33745347231&doi=10.1016%2Fj.jfoodeng.2005.08.015&partnerID=40&md5=9a7eca4eb176f16ea67f6ac5ae625a43>
217. Tilahun S, Park DS, Taye AM, Jeong CS. Effect of ripening conditions on the physicochemical and antioxidant properties of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Food Sci Biotechnol [Internet].* 2017;26(2):473–9. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85018472383&doi=10.1007%2Fs10068-017-0065-7&partnerID=40&md5=00e3757646e9587e5253d55bcc20133>
218. Sikorska-Zimny K, Badałek E, Grzegorzewska M, Ciecierska A, Kowalski A, Kosson R, et al. Comparison of lycopene changes between open-field processing and fresh market tomatoes during ripening and post-harvest storage by using a non-destructive reflectance sensor. *J Sci Food Agric [Internet].* 2019;99(6):2763–74. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85058935657&doi=10.1002%2Fjsfa.9484&partnerID=40&md5=61fe167d65ae0aca24831e73c7beafbe>
219. Choi S-H, Lee S-H, Kim H-J, Lee I-S, Nobuyuki K, Levin CE, et al. Changes in free amino acid, phenolic, chlorophyll, carotenoid, and glycoalkaloid contents in tomatoes during 11 stages of growth and inhibition of cervical and lung human cancer cells by green tomato extracts. *J Agric Food Chem [Internet].* 2010;58(13):7547–56. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-77954560979&doi=10.1021%2Fj100162j&partnerID=40&md5=bce16fac432c40298a654bf3c44b22e3>
220. Nour V, Ionica ME, Trandafir I. Bioactive compounds, antioxidant activity and color of hydroponic tomato fruits at different stages of ripening. *Not Bot Horti Agrobot Cluj-Napoca [Internet].* 2015;43(2):404–12. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

- 84952304225&doi=10.15835%2Fnbha4321008&partnerID=40&md5=c158928f1b52c439a9f4f36688f4ec59
221. Miyao G, Davis RM. Evaluation of soil and foliar treatments to identify factors leading to vine decline during fruit ripening stage of processing tomatoes in the sacramento valley [Internet]. Vol. 823, Acta Horticulturae. University of California, Cooperative Extension, 70 Cottonwood Street, Woodland, CA 95695, United States: International Society for Horticultural Science; 2009. p. 141–6. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-70350114126&doi=10.17660%2FActaHortic.2009.823.17&partnerID=40&md5=3a7035bccbd4b7b990f1d89f54cb1bd8>
 222. Azanza F, Kim D, Tanksley SD, Juvik JA. Genes from *Lycopersicon chmielewskii* affecting tomato quality during fruit ripening. Theor Appl Genet [Internet]. 1995;91(3):495–504. Available from: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0006990683&doi=10.1007%2FBF00222979&partnerID=40&md5=218b9bca191f8eea5448e6d63023e2cd>
 223. Verkerke W. Flavour research on snack tomatoes [Internet]. 2015. Available from: <https://www.wur.nl/en/newsarticle/Flavour-research-on-snack-tomatoes.htm>
 224. Duangjit J, Causse M, Sauvage C. Efficiency of genomic selection for tomato fruit quality. Mol Breed. 2016;36(3):1–16.
 225. Sauvage C, Segura V, Bauchet G, Stevens R, Do PT, Nikoloski Z, et al. Genome-Wide Association in Tomato Reveals 44 Candidate Loci for Fruit Metabolic Traits. Plant Physiol [Internet]. 2014;165(3):1120–32. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24894148%5Cnhttp://www.plantphysiol.org/content/165/3/1120.long>
 226. Xu J, Ranc N, Muñoz S, Rolland S, Bouchet JP, Desplat N, et al. Phenotypic diversity and association mapping for fruit quality traits in cultivated tomato and related species. Theor Appl Genet. 2013;126(3):567–81.
 227. Tieman D, Bliss P, McIntyre LM, Blandon-Ubeda A, Bies D, Odabasi AZ, et al. The chemical interactions underlying tomato flavor preferences. Curr Biol. 2012;22(11):1035–9.
 228. Tieman DM, Zeigler M, Schmelz EA, Taylor MG, Bliss P, Kirst M, et al. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. J Exp Bot [Internet]. 2006;57(4):887–96. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33644915864&partnerID=40&md5=5f891bb2efeee8e3a2d1e76272c5e8f3>
 229. Bowles D, Klee H. Introduction to the special issues on plant GM technology. Plant J [Internet]. 2001;27(6):481–2. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0034786771&partnerID=40&md5=30e1d408db271b71b943921f748bfd46>
 230. Mirek BC, Reiter D, Divéky-Ertsey A, Drexler D. On-farm assessment of landrace of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) under organic conditions in Hungary. Acta Fytotech Zootech. 2015;18(sj):134–7.
 231. Csambalik L, Gál I, Sipos L, Gere A, Koren D, Bíró B, et al. Evaluation of processing type tomato plant genetic resources (*Solanum lycopersicum* L.) for their nutritional properties in different environments. Plant Genet Resour Charact Util. 2019;(October):1–11.
 232. Sipos L, Orbán C, Bálint I, Csambalik L, Divéky-Ertsey A, Gere A. Colour parameters as indicators of lycopene and antioxidant activity traits of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). Eur Food Res Technol. 2017;243(9):1533–43.
 233. Csambalik L, Divéky-Ertsey A, Pusztai P, Boros F, Orbán C, Kovács S, et al. Multi-perspective evaluation of phytonutrients – Case study on tomato landraces for fresh consumption. J Funct Foods. 2017;33:211–6.
 234. Lewinsohn E, Sitrit Y, Bar E, Azulay Y, Meir A, Zamir D, et al. Carotenoid pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. J Agric Food Chem. 2005;53(8):3142–8.
 235. Vogel JT, Tieman DM, Sims CA, Odabasi AZ, Clark DG, Klee HJ. Carotenoid content impacts flavor acceptability in tomato (*Solanum lycopersicum*). J Sci Food Agric. 2010;90(13):2233–40.
 236. Pék Z, Szuvandzsiev P, Daood H, Neményi A, Helyes L. Effect of irrigation on yield parameters and antioxidant profiles of processing cherry tomato. Cent Eur J Biol. 2014;9(4):383–95.
 237. Bucheli P, Voirol E, De La Torre R, López J, Rytz A, Tanksley SD, et al. Definition of nonvolatile markers for flavor of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as tools in selection and breeding. J Agric Food Chem. 1999;47(2):659–64.

238. Gautier H, Diakou-Verdin V, Bénard C, Reich M, Buret M, Bourgaud F, et al. How Does Tomato Quality (Sugar, Acid, and Nutritional Quality) Vary with Ripening Stage, Temperature, and Irradiance? 2008;56(4):1241–50. Available from: <http://dx.doi.org/10.1021/jf072196t>
239. Davies JN, Hobson GE. The constituents of tomato fruit-the influence of environment, nutrition, and genotype. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 1981;15(3):205–80.
240. Schaffer a. a., Petreikov M. Sucrose-to-Starch Metabolism in Tomato Fruit Undergoing Transient Starch Accumulation. *Plant Physiol.* 1997;113(3):739–46.
241. Breksa AP, Robertson LD, Labate JA, King BA, King DE. Physicochemical and morphological analysis of ten tomato varieties identifies quality traits more readily manipulated through breeding and traditional selection methods. *J Food Compos Anal.* 2015;42:16–25.
242. Bénard C, Bernillon S, Biais B, Osorio S, Maucourt M, Ballias P, et al. Metabolomic profiling in tomato reveals diel compositional changes in fruit affected by source-sink relationships. *J Exp Bot [Internet].* 2015;66(11):3391–404. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84940675856&partnerID=40&md5=a607372383ebad1f3d5024dc8716de31>
243. López MG, Zanon MI, Pratta GR, Stegmayer G, Boggio SB, Conte M, et al. Metabolic analyses of interspecific tomato recombinant inbred lines for fruit quality improvement. *Metabolomics [Internet].* 2015;11(5):1416–31. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84941024438&partnerID=40&md5=ce580856f2132dfe6cad687d82dd146c>
244. Li H, Deng Z, Liu R, Young JC, Zhu H, Loewen S, et al. Characterization of phytochemicals and antioxidant activities of a purple tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J Agric Food Chem.* 2011;59(21):11803–11.
245. Petro-Turza M. Flavor of tomato and tomato products. *Food Rev Int.* 1986;2(3):309–51.
246. Renquist RA, Reid JB. Processing tomato fruit quality: influence of soil water deficits at flowering and ripening. *Aust J Agric Res.* 2001;52(8):793–9.
247. Anthon GE, Lestrangle M, Barrett DM. Changes in pH, acids, sugars and other quality parameters during extended vine holding of ripe processing tomatoes. *J Sci Food Agric.* 2011;91(7):1175–81.
248. Patané C, Cosentino SL. Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. *Agric Water Manag.* 2010;97(1):131–8.
249. Raffo A, Nicoli S, Nardo N, Baiamonte I, Daloise A, Paoletti F. Impact of different distribution scenarios and recommended storage conditions on flavor related quality attributes in ripening fresh tomatoes. *J Agric Food Chem.* 2012;60(42):10445–55.
250. Schauer N, Semel Y, Balbo I, Steinfath M, Reipsilber D, Selbig J, et al. Mode of Inheritance of Primary Metabolic Traits in Tomato. *Plant Cell [Internet].* 2008;20(3):509–23. Available from: <http://www.plantcell.org/cgi/content/abstract/20/3/509%5Cnhttp://www.plantcell.org.proxy.library.ucsb.edu:2048/cgi/content/abstract/20/3/509>
251. Centeno DC, Osorio S, Nunes-Nesi A, Bertolo ALF, Carneiro RT, Araújo WL, et al. Malate Plays a Crucial Role in Starch Metabolism, Ripening, and Soluble Solid Content of Tomato Fruit and Affects Postharvest Softening. *Plant Cell [Internet].* 2011;23(1):162–84. Available from: <http://www.plantcell.org/lookup/doi/10.1105/tpc.109.072231>
252. Cohen S, Itkin M, Yeselson Y, Tzuri G, Portnoy V, Harel-Baja R, et al. The PH gene determines fruit acidity and contributes to the evolution of sweet melons. *Nat Commun [Internet].* 2014;5(May):4026. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24898284>
253. Biais B, Bénard C, Beauvoit B, Colombié S, Prodhomme D, Ménard G, et al. Remarkable reproducibility of enzyme activity profiles in tomato fruits grown under contrasting environments provides a roadmap for studies of fruit metabolism. *Plant Physiol [Internet].* 2014;164(3):1204–21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1104/pp.113.231241%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24474652%5Cnhttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3938614%5Cnhttp://www.plantphysiol.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=24474652%5Cnhttp://www.plantphysiol.org/content/164/>
254. Baldwin E a, Nisperos-Carriedo MO, Moshonas MG. Quantitative Analysis of Flavor and Other Volatiles and for Certain Constituents of Two Tomato Cultivars during Ripening. *J Am Soc Hortic Sci [Internet].* 1991;116(2):265–9. Available from: <http://journal.ashspublications.org/content/116/2/265.abstract>

255. Malundo TMM, Shewfelt RL, Scott JW. Flavor quality of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. *Postharvest Biol Technol.* 1995;6(1–2):103–10.
256. Stevens AM, Kader AA, Albright-Holton M, Algazi M. Genotypic variation for flavor and composition in fresh market tomatoes. Vol. 102, *Journal of American Society for Horticulture Science.* 1977. p. 680–9.
257. Stevens AM, Kader AA, Albright M. Potential for increasing tomato flavor via increased sugar and acid content. *J Am Soc Hortic Sci.* 1979;104(1):40–2.
258. Baldwin EA, Goodner K, Plotto A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. *J Food Sci.* 2008;73(6).
259. Buttery RG, Teranishi R, Flath RA, Ling LC. Fresh tomato volatiles composition and sensory studies. In: *Flavor Chemistry.* American Chemical Society; 1989. p. 213–22.
260. Rambla JL, Alfaro C, Medina A, Zarzo M, Primo J, Granell A. Tomato fruit volatile profiles are highly dependent on sample processing and capturing methods. *Metabolomics [Internet].* 2015;11(6):1708–20. Available from: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84944277619&partnerID=40&md5=7df669478cf7cd005293cb7c33833dfc>
261. Casals J, Cebolla-Cornejo J, Roselló S, Beltrán J, Casañas F, Nuez F. Long-term postharvest aroma evolution of tomatoes with the alcobaça (alc) mutation. *Eur Food Res Technol.* 2011;233(2):331–42.
262. Maul, F., Sargent, C.A. Sims, E.A. and Baldwin MO. Tomato Flavor and Aroma Quality. *Food Sci Sens Nutr Qual Food.* 2000;65(7):1228–37.
263. Moretti CL, Baldwin EA, Haven W, Sargent SA, Huber DJ. Volatile Profiles in Tomato Fruit. 2002;37(2):378–82.
264. Bertin N, Génard M. Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Sci Hortic (Amsterdam).* 2018;233:264–76.
265. Thakur BR, Singh RK, Nelson PE. Quality attributes of processed tomato products: A review. *Food Rev Int [Internet].* 1996;12(3):375–401. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/87559129609541085> <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/87559129609541085>
266. Bai J, Baldwin EA, Imahori Y, Kostenyuk I, Burns J, Brecht JK. Chilling and heating may regulate C6 volatile aroma production by different mechanisms in tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit. *Postharvest Biol Technol [Internet].* 2011;60(2):111–20. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.12.002>
267. Garden Invest. Paradicsom fajtáink [Internet]. Veresi paradicsom. 2020. Available from: <http://www.veresiparadicsom.hu/paradicsomjaink/>