

SZAKDOLGOZAT

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

Rabatin Jácint Péter

2024



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnök BSc alapképzési szak

**ÉTKEZÉSI PARADICSOM POSTHARVEST ÉRÉSGÁTLÓ
KEZELÉSÉNEK ÉRTÉKELÉSE**

Belső konzulens(ek):

- a) Dr. Zsom Tamás, egyetemi docens
- b) Horváth-Mezőfi Zsuzsanna, kutatási munkatárs

Belső konzulens intézete/tanszéke:

- a) Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és
Érzékszervi Minősítés Tanszék
- b) Állattermék és Élelmiszertartósítási
Technológia Tanszék

Készítette

Rabatin Jácint Péter (FR1VAJ)

BUDAPEST

2024

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	1
1.1. Célkitűzéseim	3
2. Irodalmi feldolgozás/szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A paradicsom általános jellemzése, eredete, főbb fajtatípusok, élettani viselkedése	5
2.2. A paradicsom minősége	7
2.3. A paradicsom hűtése	8
2.4. Az etilén (C_2H_4)	9
2.5. Az 1-metil-ciklopropén (C_4H_6)	10
2.6. DA-Meter [®] roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezés	12
2.7. Minolta Chroma Meter CR-400 tristimulusos színmérő	13
2.8. Légzésintenzitás mérés	13
2.9. Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérő műszer	14
2.10. Ultrahangos kezelés	14
2.11. 1-MCP és mikrobuborékos kombinált kezelés	15
3. Anyagok és módszerek	16
3.1. Vizsgált alapanyag	16
3.2. Alkalmazott vizsgálati eszközök	19
4. Eredmények és értékelésük	24
4.1. DA-Meter [®] roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezéssel kapott eredmények értékelése	25
4.2. Minolta Chroma Meter CR-400 tristimulusos színmérővel mért színadatok értékelése	26
4.3. Légzésintenzitás mérések eredményei	30
4.4. Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérés eredményei	32
5. Következtetések és javaslatok	38
6. Összefoglalás	39

7. Irodalomjegyzék	42
8. Táblázatok és ábrák jegyzéke	44
8.1 Ábrajegyzék	44
9. Köszönetnyilvánítás	45
10. Nyilatkozatok	46

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

1. Bevezetés és célkitűzések

A zöldségek és gyümölcsök érésgátlása egy rendkívül érdekes és fontos téma, amely közvetett kapcsolatban áll az élelmiszeriparral. A paradicsom az egyik legelterjedtebb zöldség mind a hazai, mind a külföldi piacon, ezzel jelentős szerepet betöltve az emberek táplálkozásában. A paradicsom érése bonyolult folyamat, mely során alakul ki a fogyasztó, az élelmiszeripar és/vagy az élelmiszerkereskedelem által elvárt szín, íz, tápérték és minőség. Ezek alapján elmondható, hogy ez az egyik legfontosabb élettani változás a fogyaszthatóság-értékesíthetőség szempontjából. A teljesen érett paradicsomoknál már kialakult a jellegzetes szín, állomány, íz, illat és beltartalmi jellemzők összessége, míg a zölden, vagyis a teljes érettség előtt szüretelt terményeknél ezek még nem jöttek létre. A paradicsomról elmondható, hogy az utóérés, valamint a teljes érettség bekövetkeztével eléggé sérülékeny, ami befolyásolja a tárolásukat, árukezelésüket és ezen belül a szállításukat is, illetve az ezen időszak alatt a friss terményt érő sérülések a kereskedelmi értékre is hatást gyakorolnak.

Az érési folyamatokat befolyásoló különböző kezelések használatából adódóan a termékek megőrizhetik az elvárt minőséget, mindemellett az érési folyamataikat is kézben tarthatjuk. Ezek a módszerek jelentős hatással lehetnek a gyümölcsök és zöldségekérésére és fogyaszthatósági/feldolgozhatósági élettartamára. Az egyik ilyen érésgátló módszer az 1-metilciklopropén (1-MCP) alkalmazása, amely gátolja az etilén hatását. Az etilén egy gázalmazállapotú növényi hormon, amely az érési folyamatokat szabályozza. Hatásai közé tartozik, hogy beindítja, felgyorsítja ezen folyamatokat, beleértve a sejtfal lebontását, a pigmentképzést és az aromatermelést. Az 1-MCP alkalmazásával szabályozni tudjuk az érési folyamatokat, ezzel biztosítva a hosszabb ideig tartó frissességet. Az 1-MCP alkalmazása zárt rendszerekben, például hűtőtárolókban vagy konténerekben történik, így a zárt légtérben történő koncentrált alkalmazással elérve a leghatékonyabb kezelést.

Érdemes fogyasztói oldalról is megvizsgálni ezt a kérdést, ahol felmerülhetnek különböző aggodalmak a szermaradványokkal, valamint az íz, a szín és a tápértékváltozásokkal kapcsolatban. Azonban azt fontos megjegyezni, hogy az 1-metilciklopropén vegyület a tudomány jelenlegi állása szerint a fogyasztókra semmilyen kártékony vagy toxikus hatást nem fejt ki, mivel csak kis mennyiségű gáz (kb. 665 ppb – 1 ppm) kerül a kezelés idejére a légtömören zárt kezelőterbe, valamint a termékben nem marad semmiféle szermaradvány a vegyületből.

Az 1-MCP sokkal nagyobb affinitással tud az etilénreceptorokhoz kötődni, mint az etilén, gátolva ezzel annak hatásait, természetesen a kezelés hatását tekintve a kezelendő termény ideális érettségi állapotában alkalmazva azt. Ez lelassítja az érési folyamatot, lehetővé téve a paradicsom hosszabb idejű hűtő- és/vagy pultontárolását, valamint frissességének megőrzését. Az 1-MCP-t számos tudományos tanulmány vizsgálta, és eredményeik azt mutatják, hogy hatékonyan képes megőrizni a gyümölcsök és zöldségek minőségét anélkül, hogy káros hatással lenne a fogyasztókra.

Gyakorlati alkalmazásait tekintve az 1-MCP széles körben használatos a mezőgazdaságban és az élelmiszeriparban. Akár már a termőterületen, akár raktárakban és szállítókonténerekben is használható annak érdekében, hogy minimalizálják a postharvest időszak alatti romlást és meghosszabbítsák a termékek eltarthatóságát. Az iparban kapott eredmények azt mutatják, hogy az 1-MCP alkalmazása jelentősen javítja a termékek minőségét és piaci értékét.

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

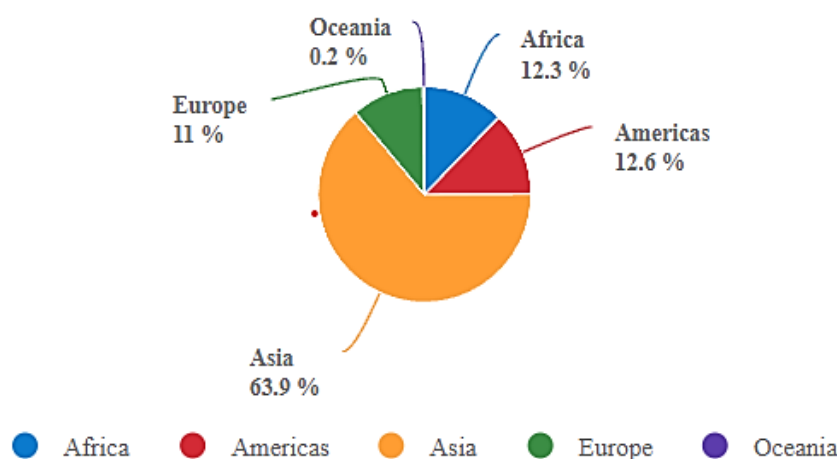
1.1. Célkitűzéseim

Szakdolgozatom fő célja az volt, hogy megvizsgáljam, a hagyományos gázformájú 1-metil-ciklopropén (1-MCP) alkalmazásának hatékonysága hogyan viszonyul a mikrobuborékos technológiához a zöld étkezési paradicsom (Pitenza F₁) esetében. A vizsgálatokat roncsolásmentes módszerekkel végeztem, melyek között szerepelt a paradicsombogyók élettani jellemzőinek meghatározása állományvizsgálattal (akusztikus-impakt keménységvizsgálat), a minták légzésintenzitásának mérésével, továbbá végeztem felületi színmérést és az érettségi állapottal összefüggő DA-index[®]-mérést is. Kiegészítésképpen digitális fényképeket is készítettem a változások nyomonkövetése érdekében. Az 1-MCP érégsgátló gázkezelést 12 órán keresztül, míg a mikrobuborékos 1-MCP-kezeléseket 5, 10 és 15 perces hatásidővel alkalmaztam. Továbbá dolgozatom célkitűzései közé tartozott, hogy a témához kapcsolódó szakirodalom felkutatásával megismerjem és a dolgozatomban bemutassam az étkezési paradicsomot, mint növényt, annak minőségváltozását befolyásoló tényezőket, megfelelő hűtési körülményeit és hőmérsékletét, a piacon megtalálható fajtáit, élettani viselkedését, valamint az etilén és az 1-MCP vegyületek a kertészeti termékek postharvest érésében-utókezelésében játszott szerepét.

2. Irodalmi feldolgozás/szakirodalmi áttekintés

A világ éves paradicsom termelése meghaladja a 186 107 972 tonnát (FAO, 2022), ebből következtethetünk arra, hogy ez az egyik leggyakrabban termesztett és fogyasztott mezőgazdasági termék a világpiacra. A termelői országokat tekintve Ázsia fölényesen vezeti a ranglistát a maga 63,9 % termelési volumenével, ami közel 120 millió tonna paradicsomot jelent évente. A legnagyobb piaci részesedés Kínáé (36,67 %), ezt követi India (11,12 %), Törökország (6,98 %), USA (5,48 %), Egyiptom (3,37 %), Olaszország (3,29 %), Mexikó (2,26 %), Brazília (2,05 %), Nigéria (1,98 %) és Spanyolország (1,96 %) (FAOSTAT, 2024) (1. ábra).

1. ábra: A paradicsom termelési részesedése régióként (www.faostat.com, 2024)



A zöldségek és gyümölcsök érése egy komplex biokémiai folyamat, mely során az éretlen és kemény gyümölcsből a finom, édes íz, valamint a terményre jellemző tulajdonságok alakulnak ki. A húsos, lédús gyümölcsök esetében ezek számos változást vonnak maguk után, mint például az élénk szín kialakulását, puhulást, a cukrok, szerves savak és aromás vegyületek kialakulását és felhalmozódását, ezáltal vonzóvá és táplálóvá téve azokat az ember számára. A paradicsom érése alatt halmozódnak fel a különböző vitaminok, karotinoidok és fenolos vegyületek is, amelyek számos jótékony hatással vannak az emberi szervezetre, egészségre. Az érés és öregedés folyamatával alakul ki a szín, az íz, az aroma és a megfelelő állomány is. Kulcsfontosságú szerepet játszik az etilén a klimatikus termények, mint például a paradicsom fiziológiai (élettani) változásainak előidézésében. Az érés kezdetét a jelentős etiléntermelés indítja be, amely 100-300 szoros növekedést eredményez. A metionin metabolizmusával meggy végbe az etilén bioszintézise, amelyhez két kulcsenzim szükséges: az aminociklopropán-1-karbonsav és az ACC oxidáz. A paradicsomban két etiléntermelési rendszer létezik. Az első rendszer a megszakító szakasz előtti kis mennyiségű etiléntermelést jelenti, amelyet az

SIACS1A/6 és SIACO1/3/4/5 gének szabályoznak. A megszakító szakasz után az etiléntermelés gyorsan megemelkedik, aktiválva az autokatalitikus etiléntermelést (második rendszer), amit az SIACS2/4 és SIACO1 gének irányítanak. Az etilén bioszintézisének vagy hatásának gátlása elterjedt stratégia a tárolás meghosszabbítására és a termés minőségének megőrzésére (Yu et al., 2024).

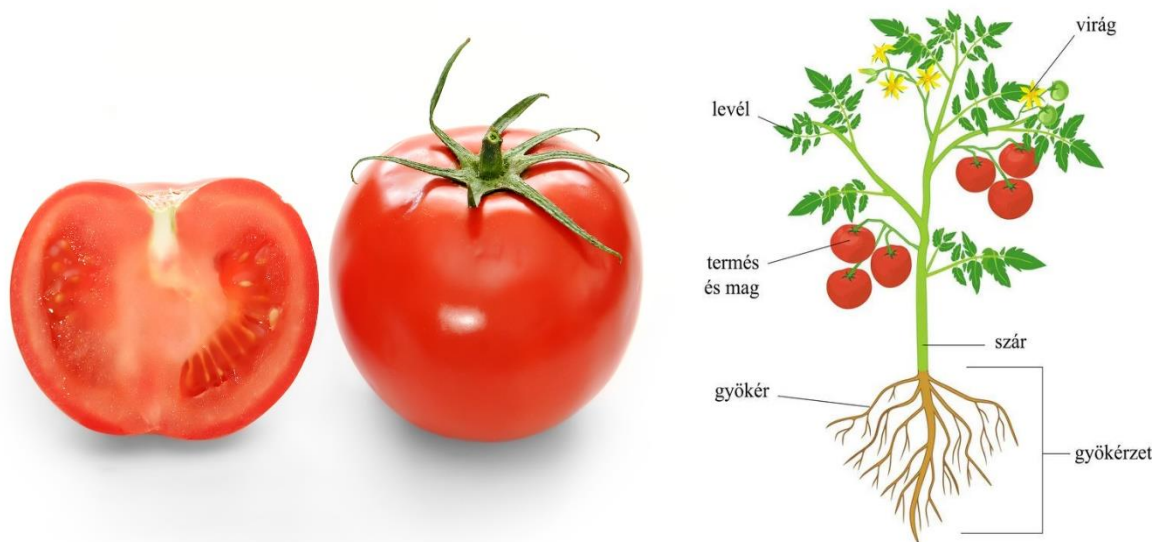
Az érés folyamatát visszafordíthatatlannak tekinthetjük, amit az 1920-as évek végén ismertek el, mint öregedési folyamat. Habár nincs pontos elhatárolás a gyümölcs érése és az öregedése között, azonban egyre több bizonyíték van arra, hogy a fiziológiai és molekuláris szintű változások teljes mértékben különböznek a két időszak között. A gyümölcserést fokozott anyagcsereaktivitás és a gyümölcs minőségének javulása jellemzi. Ezzel ellentétben a gyümölcsőregedés a szövetek puhulása, valamint bomlása által következik be. Az éréssel együtt a primer metabolitok, köztük a cukrok, aminosavak és szerves savak felhalmozódása nagy szerepet tölt be a minőség és ízérték kialakításában. A cukrok a megfelelő édességet, míg a szerves savak a megfelelő savegyensúlyt biztosítják. Az aminosavak az aromavegyületek képzésében vesznek részt, így fokozva a zöltségek és gyümölcsök általános vonzerejét. Kutatások szerint a betakarítás után az aminosavak metabolizmusa jelentősen változik, ami a fehérjék mennyiségének átalakulását eredményezi. Ennek következtében az érés során az aminosavprofil módosul. A piros érett paradicsom aminosavtartalma ötszörösére nő a zöld paradicsoméhoz képest, és az egyes aminosavak szintje is változik. Az aminosavak érésben betöltött szerepe további vizsgálatokat igényelnek, mivel kulcsfontosságúak a minőség meghatározásában. Az aminosavak dinamikájának és szabályozásának megértése fontos a betakarítás utáni tárolási körülmények optimalizálásához, az ízérték javításához és az eltarthatóság növeléséhez. Ezek egyaránt a fogyasztók és termelők javát szolgálják (Yu et al., 2024).

2.1. A paradicsom általános jellemzése, eredete, főbb fajtatípusok, élettani viselkedése

Az amerikai féltekén élő spanyolok találtak egy "herbacea" nevű növényt, amelynek ehető a gyümölcse, ez az úgynevezett „tomati”, ami paradicsomot jelent spanyolul. A paradicsom (2. ábra) termesztése a milpa nevű polikultúrás rendszerben történt a mexikóiak virágkorában, valamint a talajviszonyok és mocsarak miatt chinampákat fejlesztettek ki ezeken a vizes előhelyeken, amik a helyi identitás részét képezték. A paradicsom (*Lycopersicon esculentum* vagy *Solanum lycopersicum*) Mexikó legfontosabb terménye, amely világszerte nagyon

elterjedt a sokféle felhasználhatóságának köszönhetően. A paradicsom gasztronómiába való integrálása hasonló jelentőségű, mint ahogyan Antoine Parmentier a XVIII. században a burgonyát népszerűsítette Franciaországban. Bár a paradicsomot már ismerték a 16. századi Európában, azonban a fogyasztók és kertészek bizonytalansága miatt nem terjedt el széles körben csak kétszáz évvel később. A 20. században az F₁ hibridek előállításában jelentős fejlődés hozott a zöld forradalom, ami a termények számottevő fejlődéséhez, valamint az öntözési projektek előmozdításához vezetett (Saavedra et al., 2016). Dr. Rick Charlie az Andokba szervezett számos expedíciót, melyek fő célja az volt, hogy vad paradicsomfajokat kutasson, amivel az új fajták kifejlesztéséhez genetikai anyagok gyűjtésével, leírásával, szaporításával járult hozzá (Bai and Lindhout, 2007). Két új vad paradicsomfajtát fedeztek fel Peru egyes területein 2005-ben (Peralta et al., 2005), ugyanakkor az 1990-es évek elején hosszú

2. ábra: Paradicsom (Internet 1.)



élettartamú fajták kifejlesztésével javultak a minőségi tényezők, például a szilárdság, szín, íz és eltarthatóság.

A paradicsom általános jellemzése szerint a paradicsom növénye meleg, napfény, nagy víz és tápanyagigényű, mely lehet folytonnövő vagy (fél)determinált növekedésű. A kontinentális éghajlaton egynyári, azaz nem évelő, míg a trópusokon többéves lágyszárú növény (Árukezelési technológiák és minőségügy II. nappali előadás alapján, 2024).

Mexikóba minden évben ünneplik a „Paradicsom napját”, melynek társadalmi és gazdasági jelentősége is van. Az „Agrár-élelmiszer Információs Rendszer (SIAP) adatai és a mezőgazdasági és élelmiszerügyi minisztérium (SAGARPA) becslése szerint a paradicsomtermesztés 72.000 közvetlen és 10,7 millió közvetett munkahelyet teremtett, 2009-

ben a termőterület 101.328 hektár volt, amelyen hektáronként 39,5 tonna hozamot tudtak elérni. A SAGARPA 2015-ös adatai szerint Mexikó a világvezető paradicsomexportőre, 2014-ben közel 2,8 millió tonna paradicsomot exportált (Saavedra et al., 2016).

2.2 A paradicsom minősége

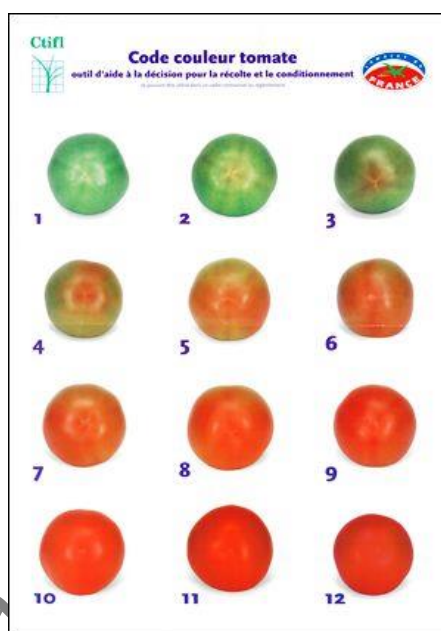
A friss paradicsomra vonatkozó minőségi előírásokat az 543/2011/EU rendelet határozza meg az Európai Unióban, mely a friss gyümölcsök és zöldségek forgalmazási szabályaira vonatkozik. Az osztályok szerinti besorolás, a külső jellemzők, az érettségi állapot, a méret szerinti osztályozás, valamint a termék jelölése tartozik a főbb minőségi követelmények közé, amelyet az előbb említett EU rendelet ír elő a friss paradicsomokra. Az osztályok szerinti besorolásnak három lehetséges módja van, ami lehet Extra, I., illetve II. osztályú. Az Extra osztályba tartozó paradicsom kiváló minőségű, minden hibától mentes, valamint formában és színben is egyöntetű. Az I. osztályba tartozó paradicsomok jó minőségűek, azonban kisebb alakbeli eltérés és apró felületi hibák megengedettek. A II. osztályt alkotó paradicsomok esetében több hiba is megengedett, legyen szó akár alak, vagy szín hibákról, azonban fontos, hogy fogyasztásra továbbra is alkalmas legyen. A paradicsomok külsejét tekintve épnek, friss megjelenésűnek, betegségektől és idegen anyagtól mentesnek, valamint tisztának kell lenniük. Fontos a megfelelő érettségi állapotban (3. ábra) történt szüretelés is, ami a pulton tarthatóság szempontjából is meghatározó tényező. A paradicsomokat méret szerint is osztályozzák, ami történhet átmérő vagy tömeg alapján, ezután pedig osztályokba sorolják, hiszen elengedhetetlen az egy osztályba tartozó paradicsomok egyöntetűsége. A csomagolásukon fel kell tüntetni a termék nevét, származási országát, minőségi osztályt, valamint a nettó tömeget. Ha bio termékről van szó, azt is fontos feltüntetni a csomagoláson (Európai Bizottság, 2011).

A paradicsom minősége továbbá egy átfogó tulajdonság, amely számos növényi- és termésszintű folyamatot foglal magában, amelyek a környezeti és genetikai tényezők kölcsönhatásaitól függenek. A termés minőségének javítása egy fontos szempont a termelők részéről, mivel évről évre egyre inkább nő a prémium termékek iránti kereslet. Ezzel ellentétben a teljes lakosság élelmezéséhez a terméshozam átfogó növelésére lenne szükség. A kertészeti termények minőségének biztosításából adódóan számos nehézség gördül a termelők elé, mint például a betakarításkor, műszerekkel mért minőség és a fogyasztók által a vásárlás és tárolás után észlelt minőség közötti különbség. A minőség meghatározása több tényezőből tevődik össze. Jelentősen befolyásolja a megítélést a külső vonzerő (szín, forma, méret), szilárdság és eltarthatóság. Érzékszervi minőségen az ízt meghatározó állományt és szilárdságot, biokémiai

tulajdonságon a cukor, savak és illóvegyületek tartalmát értjük. Egészségre gyakorolt hatás esetében elengedhetetlenek a vitaminok és ásványi anyagok, ezek hiányában egészségügyi minőség hiánya könyvelhető el (Bertin and Génard, 2018).

A minőség meghatározása történhet külső és belső terményjellemzők alapján, ezen kívül fontos szem előtt tartani, hogy a termesztés célja, illetve a felhasználási mód is szerepet játszik a paradicsom minőségének kategorizálásában. Értékmérő tulajdonságok a bogyó épsége, alakja, egyöntetű színezettsége (3. ábra), az íz- és zamatanyagok és a bogyó keménysége, melyek a friss fogyasztás esetén létfontosságúak. Ipari felhasználás esetén értékmérő a pH, a viszkozitás, a Brix° és a bogyó keménysége (gépi betakarítás miatt).

3. ábra: CTIEL skála (forrás: <https://www.mdpi.com/1424-8220/24/8/2426>)



2.3. A paradicsom hűtése

A paradicsom a nehezebben tárolható zöldségfélék közé tartozik. Utóérő, melynek minimális hőmérséklete 10 °C, de a teljes színeződés 16 °C alatt nem, vagy nagyon lassan következik be. A túl magas, 22 °C-nál nagyobb hőmérsékletű tárolás esetében a piros szín kialakulása háttérbe szorul, mivel a piros színt adó likopin helyett a sárga színt termelő karotin válik dominánssá. A paradicsom hidegérzékeny növény, esetében el kell kerülni az alacsony hőmérsékleten való tárolást. Az optimális érési hőmérséklete: 18-24 °C, viszont 13 °C alatt rosszul és lassan ér (Árukezelési technológiák és minőségügy II. nappali előadás alapján, 2024).

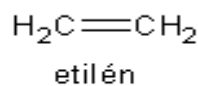
A betakarítást követően a paradicsom minősége rohamosan változni, romlani kezd, amit a szedés előtti és utáni tényezők nagymértékben befolyásolnak. A betakarítás előtti tényezők

(preharvest) közé a növényi stressz, valamint a növénytermesztési és genetikai jellemzők összessége tartoznak, míg a betakarítás utáni (postharvest) tényezők közé a tárolási körülmények, a megfelelő szerek használata, valamint a betakarítás alatti kezelések sorolhatók. A friss zöldségek és gyümölcsök esetében a minőségi romlás idő és hőmérsékletfüggő, ezért fontos, hogy minél jobban csökkentjük le a betakarított termények előhűtése előtti időt. Az eltarthatóság szempontjából fontos hosszabbító tényező, hogy a szedést követően megvédjük a terményt a napsugárzás általi felmelegedéstől. A betakarított paradicsom eltarthatósága minden egyes betakarítás utáni előhűtés nélküli órával egy napot csökken. Ezen felül érdemes a betakarítási időszakot hűvösebb napszakokra ütemezni, ezáltal is csökkentve a termény hőterhelését (Cherono et al., 2018).

2.4. Az etilén (C₂H₄)

Az etilén egy szénhidrogén, mely környezeti körülmények között gáz halmazállapotú (Lin et al., 2009) és nagy hatást gyakorol a növények fejlődésére, növekedésére, érési (utóérési) folyamataikra, valamint nagy szerepet játszik a növények teljes élettartama alatt (Schaller and Kieber, 2002).

4. ábra: Az etilén összegképlete



Az etilén, mint ahogy eddig is említettem szabályozza az érési folyamatokat, beleértve a puhulást, a szín- és aroma kialakulást, fokozza a légzést, valamint a szerves savak csökkenése, gátlása is a feladatai közé tartozik. Az endogén etilén hormon befolyásolja a fent említett tulajdonságokat a húsos gyümölcsök, mint például az alma, avokádó, banán, mangó, körte és paradicsom esetében. Azoknál a fajoknál, ahol az endogén etilénnek nincs kulcsfontosságú szerepe, ott az exogén etilén számos esetben járul hozzá az érési jellemzőkhöz, viszont ebben az esetben a fő cél a betakarítást követő érésgyorsítás, késleltetés, vagy akár szinkronizálás (Cara and Giovannoni, 2008). Az etilén továbbá jelentős szerepet játszik a magok csírázásában, virágfejlődésben, gyümölcserésben, öregedésben, valamint a biotikus és abiotikus stresszre adott válaszok szabályozásában (Lin et al., 2009). A biotikus és abiotikus stressz alatt a kórokozók támadásaira és a sérülésekre adott válaszokat értjük, mely a friss vágott termékek feldolgozásánál fordulnak elő. (Lurie, 2007). Az etilén felelős a levelek és szirmok leszakadásának, a stresszreakciók, valamint a csírázás szabályozásáért. Az első felfedezett

növényi hormonok közé tartozik, amit az 1930-as években mutattak ki (Schaller and Kieber, 2002). A világítógáz, vagyis etilén jelenlétére a csővezetékbeli szivárgásával derült fény, mely következményei a növények öregedése és a fokozódott lombullás volt (Lin et al., 2009). 1980-ra számos dokumentálás történt a növények fejlődésére, növekedésére vonatkozó hatásairól (Schaller and Kieber, 2002). Az 1980-as évek derekától az 1990-es évek kezdetéig számos kutató igazolta, hogy az etilén a génexpresszió változásainak serkentésével szabályozza a gyümölcs érését az érési időszakban (Cara and Giovannoni, 2008). Ma már nem okoz meglepetést, hogy minden sejt termel etilént, a fókusz viszont az arányokon van. A stresszes, merisztémás vagy érésben lévő szövetekben magasabb arányú termelés figyelhető meg (Lin et al., 2009).

A metionint, mint az etilén prekursorát Lieberman és Mapson fedezték fel egy kémiai modellrendszerben, majd bebizonyították, hogy az etilén a metionin C3-ből és C4-ből származik (Yang and Hoffman, 1984). Ezt sikeresen alátámasztották azzal, hogy az alma esetében a metionint a gyümölcsszövet eredményesen etilénné alakította át. Később ezt az állítást számos kutató alma és más növényi szövetek esetében is alátámasztotta (Lin et al., 2009). Az elmúlt néhány évtizedben igazolták és definiálták az etilén bioszintézisének YANG-ciklusát, melyek nagyrészt a gyümölcsrendszerek elemzésével végezték el. Az etiléntermelés genetikai szabályozását a gyümölcsök különböző fejlődési szakaszaiban azonban csak a közelmúltban kezdték el tanulmányozni. A paradicsom döntő modellnövényként jelent meg az etilénszintézis szabályozásának molekuláris biológiai megértéséhez, és a gyümölcsfejlődés során az érés további szabályozójaként (Cara and Giovannoni, 2008).

2.5. Az 1-metil-ciklopropén (C_4H_6)

Az 1-metil-ciklopropén (1-MCP) nevű anyag, amely az etilén és az ehhez kapcsolódó érési (és utóérési) folyamatok erőteljes gátlója, számos kertészeti növény esetében alkalmazásra került. A legjobb eredményeket a korán érő, úgynevezett klimaktérikus gyümölcsöknél érték el (Nguyen et al., 2022). Általában gázhalmazállapotban használják, viszonylag rövid idejű hatásidőt alkalmazva (2-24 óra). Az 1-MCP alkalmazását jelentős előrelépésnek tekintik számos zöldség és gyümölcs tárolási technológiájában is, mely a fogyasztóknak szánt minőség tekintetében elengedhetetlen (Kızıldağ et al., 2023). A klimaktérikus (utóérő) gyümölcsök nagy érzékenysége az 1-MCP-re egyértelműen annak tulajdonítható, hogy ezen gyümölcsök érési folyamata az etilén észlelésétől függenek. Ahogy a paradicsom, guava, banán és papaya esetében megfigyelhető, az 1-MCP alkalmazása az érés előtti fázisban gátolhatja az érést vagy

súlyos károkat is okozhat. Az 1-MCP visszafordíthatatlanul kötődik az etilén receptorokhoz, ezáltal gátolva az etilén által végbemenő folyamatokat (Lurie, 2007). Az 1-MCP érés előtti gyümölcsökre történő alkalmazásával kapcsolatos problémák elkerülhetők az 1-MCP alkalmazásának csökkentésével. Az általános érési jellemzők helyreállítása és az előérett gyümölcsök optimális minőségének elérése érdekében a legjobb, ha az 1-MCP-t az érési folyamatok megkezdődése után alkalmazzák. Az érési biokémiai folyamatok alapvető hasonlóságai ellenére a klimaktérikus gyümölcsök különböző mértékben reagálnak az érés megkezdése utáni 1-MCP kezelésre, és a klimaktérikus etiléntermelésükben is különböznek (Nguyen et al., 2022).

Az 1-MCP-nek a paradicsom érését gátló képessége az érés kezdete után is fennáll. Ezzel szemben az avokádóban és banánban a klimaktérikus etiléntermelés kezdete az 1-MCP hatásának csökkenésével jár. Az avokádó esetében az 1-MCP érést gátló hatása az érés kezdetét követő 2 napon belül megszűnik. Az alma 1-MCP-re adott válasza a fajtától, a betakarítás időpontjától és az előzetes késleltetéstől függ. Watkins és Nock (2005) megállapították, hogy az 1-MCP-re adott válasz az etiléntermelés mértékétől függ, amely fajtánként változik (Nguyen et al., 2022).

Az 1-metil-ciklopropén alkalmazása bizonyítottan csökkenti, késlelteti az elszíneződés (piros vagy vörös szín kialakulását a paradicsomnál) és a kedvezőtlen állományváltozás (keménységcsökkenés, azaz puhulás) kockázatát. Egyszeri használat után 6 nappal késleltette a szín kialakulását. Másodszori alkalmazása az első kezelésen túlmenően további 8-10 nappal növelte a paradicsom kezeléskori érettségi állapotának megőrzését. A folyamatos alkalmazása révén teljes mértékben gátolni tudta a szín kialakulását, valamint a paradicsom érését. Ezzel szemben csak részben tudta megakadályozni a paradicsom fessségének csökkenését, azaz a bogyó puhulását. A félig érett paradicsomok esetében enyhe aromaváltozást tapasztaltak az 1-MCP alkalmazása során, de nem változtatta meg azoknak a cukor- és titrálható savtartalmát. A különböző érési szakaszban alkalmazott 1-MCP képes leállítani minden esetben a termény érését, akár egyszeri használat után (Mir et al., 2004).

Az 1-MCP gázként történő alkalmazása sok tanulmány szerint bizonyítottan pozitív hatású, azonban a kezelés során alkalmazott 1-MCP koncentrációjának mértéke az egyik leglényegesebb befolyásoló tényező. Moretti és munkatársai (2002) négy különböző koncentrációban alkalmazták (0, 250, 500 és 1000 ppm) a gáznemű 1-MCP-t. A koncentrációkülönbségek révén számos érdekes tényt tártak fel, mint például, hogy az 1000 ppm koncentrációjú 1-MCP-vel kezelt paradicsom keménysége, a kezelést követő 17 nap után

88%-kal volt magasabb, mint a kontroll (0 ppm) esetében. A koncentráció növelésével a színváltozás is észlelhető volt. Öt nap után szignifikáns különbséget észleltek színfejlődésben a kontroll és az 1-MCP-vel kezelt csoportok között. A kísérlet végére az a* és b* színtényező 38%-kal volt alacsonyabb, mint a kontroll esetében. Az 1-MCP magas koncentrációjával történő kezelés késleltette az összes karotinoid szintézisét és a színképződést. A 17 napig tárolt kontroll csoport 190%-kal több karotinoidot tartalmazott, mint az 1000 ppm koncentrációval kezelt csoport. Továbbá elmondható, hogy a koncentráció növelésével egyenesen arányos az érés késleltetése. A 250 ppm esetében ez 8-11 nappal, az 500 ppm esetében már 11-13 nappal, míg az 1000 ppm esetében pedig már 15-17 nappal tolódott el a paradicsomok érésének kezdete (Moretti et al., 2002).

2.6. DA-Meter® roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezés

Az elmúlt húsz évben egyre nagyobb igény mutatkozott a gyümölcsök érettségének és belső minőségének pontos értékelésére szolgáló, roncsolásmentes technikák kifejlesztése iránt. A roncsolásmentes módszerek közül a látható/közeli infravörös (Vis/NIR) spektroszkópia különösen ígéretes terület, mivel gyors és hiteles információt nyújt a gyümölcsök jellemzőiről (Spadoni et al., 2016). A DA-Meter® egy kézi, hordozható, akkumulátoros működtetésű mérőeszköz, melyben 6 db LED-es megvilágításra és a mért élettani válaszreakció segítségével határozhatjuk meg az adott termény klorofill tartalmával összefüggő érettségi állapotát. A kapott értékből, mely 0 és 5 közötti tartományon belül mozog, megállapíthatjuk a termény érettségét. A 6 db LED közül 3 db 670 nm-en bocsájt ki fényt, a maradék 3 pedig 720 nm-en referenciaértéket szolgál (Blanke and Kunz, 2018). A DA-Meter® a 670-720 nm közötti tartományra eső abszorbancia különbség indexét (I_{AD}) méri, és ez korrelál a gyümölcshús tényleges klorofill-A tartalmával, valamint a gyümölcs etiléntermelésével. A műszer által kapott eredmények alapján könnyebben meghatározhatjuk az optimális szüret időpontját, hiszen egy pontos (számszerű) képet (értéket) kapunk a gyümölcs érettségéről, valamint ezáltal a gyümölcs eltarthatóságának idejét is növelhetjük (Spadoni et al., 2016).

A műszer az alábbi képlet segítségével számolja ki az abszorbancia értékeket [1]:

$$I_{AD} = A_{670} - A_{720} \quad [1]$$

Ahol: A_{670} a klorofill abszorbanciája (gyümölcs héjában) 670 nm-en,

A_{720} a referencia abszorbancia 720 nm-en.

2.7. Minolta Chroma Meter CR-400 tristimulusos színmérő

A vizuális megjelenést a szín, az állomány, az alak és a méret szerint értékelhetjük az élelmiszerek esetében. Ezek közül a szín az egyik legfontosabb és elsődleges vizuális megjelenés, melyet a fogyasztók bírálnak. Az élelmiszerek jellegzetes, rájuk jellemző színe elvárt tényező, mely nagy hatással bír a vásárlók boltokban történő választására. Emiatt az élelmiszergyártók arra törekednek, hogy vonzó, kíváncsító termékeket állítsanak elő, kielégítve azokkal a vevők igényeit. A szín értékelése történhet vizuális módon, ebben az esetben színskálák vagy atlaszok segítik a bírálatot, viszont ez a módszer szubjektív, elfogultságra hajlamos. Az élelmiszerek színének pontos meghatározására műszerek állnak a rendelkezésünkre, melyekkel a színjellemzőket számszerűsíthető színekoordinátákká tudjuk alakítani. Az egyik ilyen színekoordináta-rendszer a (CIE) L^* , a^* , b^* . A Minolta Chroma Meter CR-400 (Konica-Minolta, Japán) színmérő az egyik leggyakrabban használt műszer az élelmiszerek színének meghatározásában, mely a nagy pontosságú mérésének, érzékenységének és könnyű kezelhetőségének köszönhető (Dang et al., 2021).

2.8. Légzésintenzitás mérés

A légzés az egyik alapvető élettani viselkedés közé tartozik a friss kertészeti termékeknél, mely befolyásolja azok minőségét és eltarthatóságát. Ezen termékek aerob légzése a szubsztrát molekulák (keményítő, cukrok és szerves savak) egyszerűbb molekulákká való oxidatív lebontása, mint például a CO_2 és H_2O . A légzés az alapvető életfolyamatok energiaigényének biztosítása mellett sajnos tömegvesztéssel, öregedéssel és a feszesség elvesztésével is együtt jár. A légzési folyamat hő termel, melynek következtében a felületi rétegekből származó vízgőz elpárolog (Jalali et al., 2020).

A paradicsomok légzése által termelt CO_2 mennyisége egy zárt rendszerben, légzésmérővel lett mérve. A respirométer akrilüveg (plexi) küvetákból állt, melyek nem-diszperzív infravörös CO_2 érzékelővel Ahlborn FY A600-CO2H (Ahlborn Mess-und Regelungstechnik GmbH, Németország) voltak ellátva (Bovi et al., 2018). A zárt rendszer hermetikusan zárt és Ahlborn FY A600-CO2H szén-dioxid érzékelőkkel volt felszerelve. A mérések adatait egy Ahlborn ALMEMO 3290-8 adatgyűjtő rögzítette. A kapott eredmények a gyümölcs kilogrammonként 1 másodperc alatt termelt CO_2 milligrammjában lettek kifejezve ($\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1}$) (Nguyen et al., 2019). Nguyen és munkatársai (2019) 10, 20 és 30 perces mikrobuborékos, valamint gáznemű 1-MCP kezelést alkalmaztak dinnye érésigátására, mely kísérlet során megegyező légzésintenzitásmérést hajtottak végre. Kísérletük során a 20 és 30 perces, valamint a gázos

kezelés bizonyult hatásosnak. A sikert a minták tárolási idejének 9 nappal való eltolódása bizonyította. A Kontroll és 10 perces tartó mikrobuborékos kezelés esetében a légzésintenzitás magasabb értékeket vett fel, melynek maximuma a 6. napon volt mérhető. A Kontroll és 10 perces kezelés eredményeiről a minták érés és anyagcsere aktivitásának fokozódására következtethetünk, ami a kísérlet céljának, az érésgátlásnak ellentettjét mutatja. Megállapítható, hogy a 10 perces kezelés esetében a vizsgálat nem volt hatásos.

2.9. Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérő műszer

Az AWETA AFS roncsolásmentes állománymérő a dinamikus állományvizsgálat elvén működő mérőműszerek közé tartozik, melyeknél egy, vagy gyorsan változó jelek ismétlésével gerjeszthetjük a vizsgált terményt és annak reakciója szerint tehetünk következtetést a mechanikai jellemzőire. Ezt az magyarázza, hogy a mechanikai rezgések kialakulása és terjedése a vizsgált termény keménységtől függ, az állományról dinamikus viselkedés-információt hordoz. Az AWETA AFS egy kombinált akusztikus-impakt állománymérő műszer, amely - a felhasználó által állítható mérési protokoll szerint - első lépésben megméri a termény súlyát, ezután megüti a terményt egy kis kalapács segítségével (roncsolásmentes gerjesztés az akusztikus hangválasz kiváltására), közben rögzíti a gerjesztett hangválasz spektrumát. A kapott eredményeket (akusztikus [S] - impakt [D] keménységtényezőket) a műszerhez csatlakoztatott adatgyűjtő szoftver segítségével rögzíthetjük és tárolhatjuk (Hitka G Doktori értekezés, 2011)

2.10. Ultrahangos kezelés

Az ultrahangos kezeléseket széles körben alkalmazzák az iparban, kutatásokban és az orvostudományban. A lehetséges felhasználási területei között van az élelmiszer-feldolgozási alkalmazás, mint például a berendezések tisztítása, tej homogenizálása, mikroorganizmusok inaktiválása (De Leo et al., 2017). Az élelmiszeriparban is alkalmazásra talált ez a nem termikus, innovatív technológia, mely számos előnnyel rendelkezik. Ilyen például, hogy biztonságos, nem mérgező, környezetbarát és nagy hatékonyságú. Az ultrahang vízben történő terjedése során akusztikus kavitációt idéz elő, amely mikrométeres nagyságú gázzal vagy gőzzel töltött buborékok képződését, növekedését vagy összeomlását jelenti (Lu et al., 2020).

Nagy és munkatársai (2024) E.coli-val szennyezett tojás esetében (fehérje, sárgája és egész tojás) az ultrahang alkalmazhatóságát vizsgálta ultrahang (US), valamint ultrahang és alacsony hőmérséklet (US+H) kombinációjával. A sikeres vizsgálatokhoz az ultrahangot generáló

készüléket víz alá kell helyeznünk, viszont az ultrahanghullámok megfelelő terjedéséhez ügyelni kell a vízszint megfelelő magasságára (a készülék kétharmadának vízben kell lennie) (Nagy et al., 2024). A készülék vízbe merülése a víz melegedését eredményezheti. Ebben a kísérletben ez a hatás elhanyagolható volt, mivel a kezelés rövid ideig tartott, és a víz folyamatosan keringtetve volt, ezáltal az ultrahang közvetlen környezetében nem következett be lokális hőmérsékletemelkedés.

2.11. 1-MCP és mikrobuborékos kombinált kezelés

A mikrobuborékos (MB) technológiát (6. ábra) számos területen alkalmazzák, mint például a habfrakcionálás, élelmiszer feldolgozás és szennyezett víz tisztításakor. A mikrobuborékok a vízben összezsugorodnak, majd huzamosabb ideig vízben történő tartózkodás esetén összeesnek. Ezzel szemben a makrobuborékok a víz felszínére emelkednek és felrobbannak. A mikrobuborékok hatékony lehetőséget biztosítanak az oldott gáz oldatba kerülését tekintve. A mikrobuborékok a felületükön negatív töltésűek, ennek köszönhetően nem vonzzák egymást, ellentétben a pozitív töltésű anyagokkal. E jellemzők miatt a gyakorlatban nagy potenciállal rendelkeznek a mikrobuborékok (Pongprasert and Srilaong, 2014). A mikrobuborékok tehát a vízben maradnak hosszú ideig, anélkül, hogy teljesen eltűnnének, ezáltal az oldatban visszatartják az oldatlan gázt. Ezen kívül a mikrobuborékok hatékonyan támogatják a tápanyagok szállítását a hidroponikus (vizes termesztőközegű) növénytermesztésben, valamint sikeresen hozzájárultak a peszticidmaradványok eltávolításához a datolyaszilva leveleiről ózonos kezelés alkalmazásával. Ezek az előnyök számos technológiában felhasználhatók az 1-MCP mikrobuborékokba zárásával, amely nagy befolyással lehet az adott termés éérésére (Nguyen et al., 2019).

3. Anyagok és módszerek

3.1 Vizsgált alapanyag

A vizsgálathoz felhasznált Pitenza F₁ (Enza Zaden) paradicsom minták Budapestről, azon belül Soroksárról, tapasztalt mezőgazdasági őstermelőtől származtak. A szüret zöldérett állapotban történt (3. ábra, CTIFL skála: 1. érettségi fok) a kezelés napján (2023.09.21.) korán reggel. A paradicsom bogyók fajtára jellemzőek, gömbölyded alakúak, átlagosan 100-200 gramm tömegűek voltak. A fajtára jellemzően kiváló eltarthatósággal és terméshozammal rendelkeznek, valamint a téli időszakban is rendkívül jó minőségű fürtös paradicsom termesztető. A beérkezést követően a minták előzetes válogatáson estek át, ezt követően 20 paradicsom került egy csoportba, amelyek számozás után az alábbi rövidítésekkel ellátott kezeléseken estek át:

- KONTROLL:** kezeletlen minták
- **GAS:** 12 óráig tartó 1-MCP gázkezelés
- **MB5:** 5 percig tartó mikrobuborékos kezelés, azaz 1-MCP-MB-5min
- **MB10:** 10 percig tartó mikrobuborékos kezelés, azaz 1-MCP-MB-10min
- **MB15:** 15 percig tartó mikrobuborékos kezelés, azaz 1-MCP-MB-15min
- **MB+UH5:** 5 percig tartó mikrobuborékos kezelés, ultrahanggal, azaz 1-MCP-MB-UH-5min
- **MB+UH10:** 10 percig tartó mikrobuborékos kezelés, ultrahanggal, azaz 1-MCP-MB-UH-10min
- **MB+UH15:** 15 percig tartó mikrobuborékos kezelés, ultrahanggal, azaz 1-MCP-MB-UH-15min

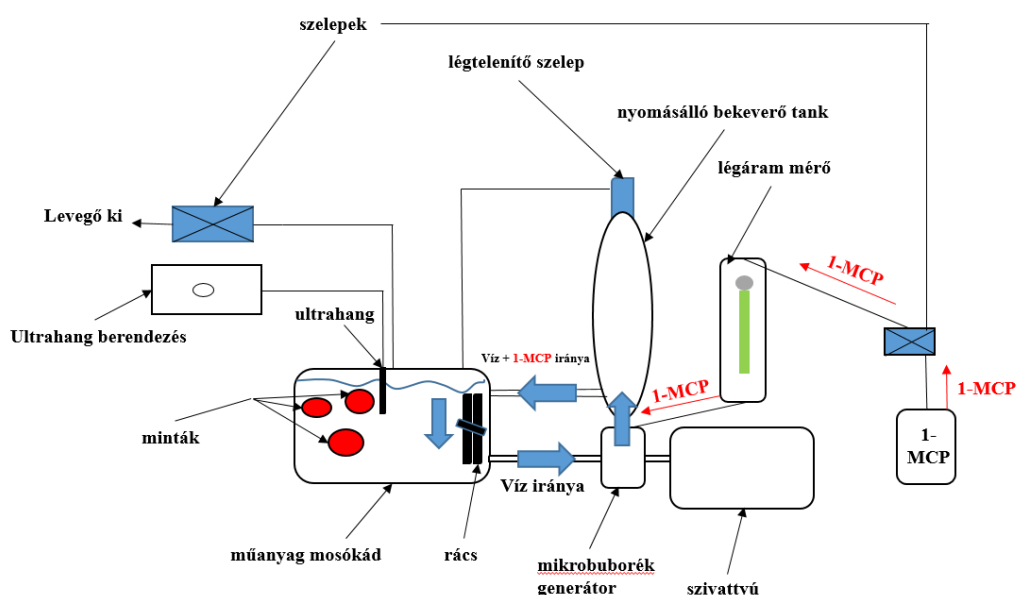
5. ábra: A különböző paradicsom csoportok
(forrás: saját kép, 2023)



A vizsgálatok során használt csoportokat 20-20 paradicsomminta alkotta. Elsődlegesen a mintákat tojástartóba helyeztem el, és számozással különböztettem meg egymástól a hibák elkerülése végett. Mindegyik paradicsom minta súlyát 0,01g pontosságú asztali labormérleggel mértem le (KERN EMS 3000-2, Kern & Sohn GmbH, Németország). Ezt követően különböző roncsolásmentes minőségvizsgálatoknak (érettségi állapot, szín- és állománymérés, digitális fényképezés) vettem alá a mintákat.

Az 5-10-15 percig tartó mikrobuborékos kezelés zárt műanyag ládában történt, folyamatos mikrobuborék generálása közben, melyek tartalmazták az 1-metilciklopropént.

6. ábra: Mikrobuborék berendezés sematikus rajza (forrás: saját)



Az ultrahanggal bővílt kezelés során a mosóvízbe helyeztem el az ultrahangos berendezés (Sonotech Team, Mosonmagyaróvár) fejét, melynek beállításai a következők voltak: 20 kHz névleges frekvencia és 100 W maximális teljesítmény. A berendezés 75%-os intenzitáson, 72 W teljesítményen és 19700 Hz frekvencián üzemelt. Az utolsó csoport zárt térben, gáz formájában kapta meg az 1-metilciklopropént, mely 12 órán át tartó kezelést jelentett 20 °C-on. A paradicsom mintákat papírtálcákra téve zárt műanyag dobozba ($V=0,5 \text{ m}^3$) helyeztem. Az 1-MCP-érésgátló kezelés az AgroFresh Inc. (Philadelphia, Amerikai Egyesült Államok) által gyártott és forgalmazott Smartfresh™ (SF) ProTabs tablettákkal történt. A tabletták aktív hatóanyaga 2 % 1-metilciklopropén (1-MCP). A tablettákat a gyártó által ajánlott dózisban adtam a kezelendő mintákhoz, hogy gáznemű 1-MCP-t szabadítsanak fel. Az 1-MCP koncentrációja a levegőben 625 ppb volt. A kezelőtérben a levegő áramlását egy ventilátor biztosította a 12 órás kezelés alatt. A minták 7 napig kizárólag hűtve (20 °C-on) voltak tárolva,

J-600 GD hűtőszekrényben. Csak a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges időtartamig voltak szobahőmérsékleten. Összesen 160 db paradicsommal dolgoztam a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet, Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszékének Postharvest laboratóriumában dr. Zsom Tamás egyetemi docens és Horváth-Mezőfi Zsuzsanna PhD-hallgató (kutatási munkatárs) szakmai útmutatásait követve.

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

3.2 Alkalmazott vizsgálati eszközök

DA-Meter® roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezés

A Sintéleia FRM01F típusú, Vis/NIR DA-meter® (Sintéleia s.r.l., Olaszország) és a hozzá tartozó Sintéleia DA-meter® ver. 3.4 software együttese egy egyszerű, költséghatékony és megbízható mérőműszer (7. ábra), amely gyorsan képes értékelni a gyümölcs és zöldség érettségét. Ziosi és munkatársai 2008-ra egy a Vis/NIR spektroszkópián alapuló, új érettségi indexet fejlesztettek ki, amelyet a klorofill-A abszorbanciacsúcsához (fényelnyelési maximum) közeli két hullámhossz (670 és 720 nm) közötti abszorbancia különbségeként (DA) számítottak ki. Leegyszerűsítve, a DA-Meter® tulajdonságai révén közvetve méri a gyümölcs és zöldség klorofilltartalmával összefüggő érettségi jellemzőjét (0 és 5 közötti skálán), és így ad a kezelője (pl. termelő, áruátvevő, minőségellenőrző személyzet) számára könnyen értelmezhető, az adott minta (tétel) érettségi állapotára vonatkozó információkat.

7. ábra: DA-Meter® roncsolásmentes érettségvizsgáló műszer (forrás: saját kép, 2023)



Az abszorbancia-különbség indexe (I_{AD} , vagy DA-index®) a gyümölcs és zöldség érése során csökken, egészen alacsony értékig (0,00, azaz nincs klorofill a terményben), amikor a gyümölcsök és zöldségek pirosak vagy sárgák, s az érési folyamat befejeződött (Ziosi et al., 2008).

Minden paradicsom minta esetében két mérési ponton történtek a DA-Meter®-rel (7. ábra) való mérések, ami összesen 40 mérést eredményezett egy-egy csoportra lebontva. Ezt a két pontot a paradicsomok átellenes oldalán, az egyenlítő mentén határoztam meg, valamint törekedtem arra, hogy minden minta esetében közel azonos helyen végezzem el a méréseket.

Minolta Chroma Meter CR 400 tristimulusos színmérő

A Konica-Minolta CR-400 Chroma Meter (Konica-Minolta Corporation, Japán) színmérő eszköz a nyersanyagok színének CIE L^* , a^* , b^* 1974 színrendszer szerinti mérésére szolgál. A színparamétereket (L^* , a^* , b^* , C^* [króma, színtelítettség], H° [színezeti szög]) minden minta esetében két átellenes ponton határoztam meg a bogyó egyenlítője mentén. A Minolta CR-400 Utility sorozatú segédprogram (Konica-Minolta, Japán) lehetővé teszi az érzékelőfej önálló konfigurálását (kalibrálás és szükséges beállítások) és támogatja a mérési adatok PC-n történő megjelenítését, mentését és további feldolgozását. A program segítségével szerkeszthetjük, letölthetjük az érzékelőfej kalibrálási adatait, céladatait és konfigurációit.

8. ábra: Minolta Chroma Meter CR-400 színmérő készülék (forrás: saját kép, 2023)



Minden paradicsom minta színének rögzítését két mérési ponton, egy CR-400 típusú színmérővel (8. ábra) hajtottam végre, ami összesen 40 mérési adatot eredményezett egy-egy csoport esetében. Ezt a két pontot a paradicsomok átellenes oldalán, az egyenlítő mentén határoztam meg, valamint törekedtem arra, hogy minden minta esetében közel azonos helyen végezzem el a méréseket.

Légzésintenzitás mérés

Mint minden kertészeti terményben, úgy a paradicsomban sem állnak le az élettani folyamatok a szedést követően. Az egyik ilyen jellemző folyamat a légzés. A légzés egyik jellemző paramétere a szén-dioxid kibocsátás, mely az eltérő légzési jellegű utóérő (klimaktérikus) és a

nem utóérő (nem klimaktérikus) termények esetében eltérő lefutást mutat a termény teljes élelciklusát figyelembe véve. A légzésintenzitás mindenkori mértéke jól jellemzi az egyes környezeti hatásokra adott élettani válaszreakciókat. Az paradicsomminták tárolás alatti légzésintenzitásának meghatározására egy egyedi építésű, zárt rendszerű respirométert használtam. A légzésmérő rendszer 4 db, egyedileg zárható 4250 cm³ térfogatú plexi mérőedényből áll. Az ismert tömegű paradicsommintákat kb. fél óra időtartamra helyeztük el a zárt mérőedényekbe (5 db/mérőedény, 4 ismétlés / csoport, 9. ábra). A paradicsomok feletti szabad légtérbe bevezetett Ahlborn FY A600-CO₂H (Ahlborn Mess-und Regelungstechnik GmbH, Németország) típusú CO₂ érzékelő által mért adatokból (ppm CO₂) számítottuk ki az alábbi képlet alapján a minták légzésintenzitását [cm³ CO₂/kg*h] mértékegységben [2]. Az Ahlborn ALMEMO3290-8 (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Németország) digitális adatgyűjtő kilenc elektromosan szigetelt mérőbemenettel rendelkezik. A mérőcsatornákat az érzékelők ALMEMO csatlakozói automatikusan programozzák.

$$Li = \frac{V_{sz} \cdot \Delta CO_{2(t_2-t_1)} \cdot 10^{-6}}{m \cdot (t_2 - t_1)}$$

ahol: Li = légzésintenzitás (cm³/kg*h),

V_{sz} = a mintatartó edény szabad térfogata (cm³),

ΔCO_{2(t₂-t₁)} = széndioxid koncentráció változása (ppm),

m = a termék tömege (kg),

t₂ és t₁ = mérési időpont (h).

[2]

9. ábra: A légzésintenzitás mérésére használt rendszer (forrás: saját kép, 2023)



Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérő műszer

Az Aweta AFS egy roncsolásmentes állománymérésre alkalmas asztali mérőberendezés (AFS DTF V0.0.0.105, AWETA, Hollandia), amivel zöldségek és gyümölcsök szerkezetében bekövetkezett állományváltozást tudjuk mérni a minta tömegével (g) együtt. A lágy alátámasztásra helyezett – többnyire gömbszerű – minta alulról kerül egy speciális ütőfejjel gerjesztésre (megütésre). Az ütésre adott hangválasz egy Fast Fourier Transzformáción megy keresztül, s a kiváltott rezgés jellemző rezonancia frekvenciája (f_0 , Hz) és a berendezés által mért tömeg alapján az alábbi egyenlet szerint kerül meghatározásra a minta akusztikus (S) keménységtényezője [3] és ütésvizsgálati (D) keménységtényezője [4].

$$\text{Akusztikus keménységtényező (S = } f^2 \cdot m^{2/3}, [\text{Hz}^2 \cdot \text{g}^{2/3} \cdot 10^{-6}]), \quad [3]$$

$$\text{Impakt (ütésvizsgálati) keménységtényező (D, [1/s}^2]) \quad [4]$$

10. ábra: AWETA AFS asztali roncsolásmentes állománymérő (forrás: saját kép, 2023)



Minden paradicsom minta akusztikus keménységének rögzítését két mérési ponton (10. ábra) hajtottam végre, ami összesen 40 mérési adatot eredményezett egy-egy csoportra lebontva. Ezt a két pontot a paradicsomok átellenes oldalán, az egyenlítő mentén határoztam meg (10. ábra), valamint törekedtem arra, hogy minden minta esetében közel azonos helyen végezzem el a méréseket.

Puluz photobox

A Puluz PU5042EU Portable Photo Studio (40*40*40 cm, 3*24W LED megvilágítás, 5500 K, Shenzhen PULUZ Technology Ltd. Kína) photobox kisméretű tárgyak fényképezésére alkalmas, felhasználóbarát eszköz. Előnye a kis méretéből származik, így bárhol és bármikor használható. A LED fényforrás szöge és erőssége állítható, ezáltal testre szabható megvilágítást eredményez. Munkám során a paradicsomminták változásainak dokumentálására használtam. A fényképeket egy Iphone 13 típusú telefontal készítettem, 2532x1170 pixel felbontással, a mintaegyedeket felülről lefényképezve.

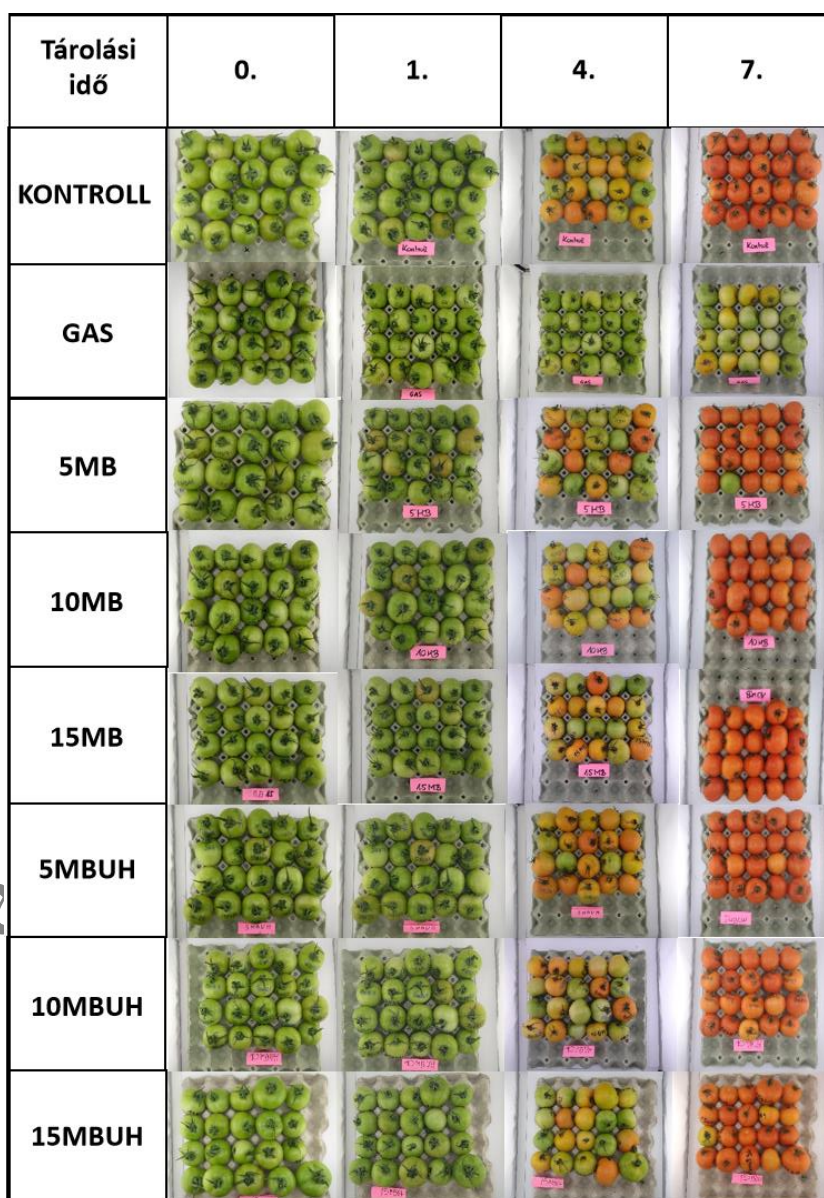
A mért és számított adatok értékelését, az eredmények ábrázolását az MS-Excel program segítségével végeztem.

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

4. Eredmények és értékelésük

Az alábbi, 11. ábrán a kezelések hatására bekövetkezett változások (pl. színváltozás, bogyó- és kocsányelvváltozás) szemléltetésére az azonos megvilágítást biztosító fotoboxban készült digitális fényképekből egy ún. fotómontázst készítettem. Ennek segítségével a továbbiakban ismertetésre kerülő eredményeim értékelése könnyebben követhetővé-, emészthetővé”, valamint vizuálisan is érthetőbbé válik.

11. ábra: A paradicsomok érés általi változása a mérési napok elteltével (forrás: saját kép, 2023)



A paradicsomok színének és érettség előrehaladásának követését segíti a 11. ábra, melyen láthatjuk, hogy a kezelések és tárolási idő összefüggésében a postharvest utószíneződés elsőként a 4. napon jelentkezett. Ezt követően a 7. napon már jelentős utószíneződés, utóérés

tapasztható a mintákon. A „GAS” csoport esetében a minták zöld színének megőrzését a sikeres érésátlás bizonyítja, mivel azok színe jelentősen nem változtak. A többi csoport esetében a kezelések inhomogén színváltozást eredményeztek, mely minden csoport esetében megállapítható.

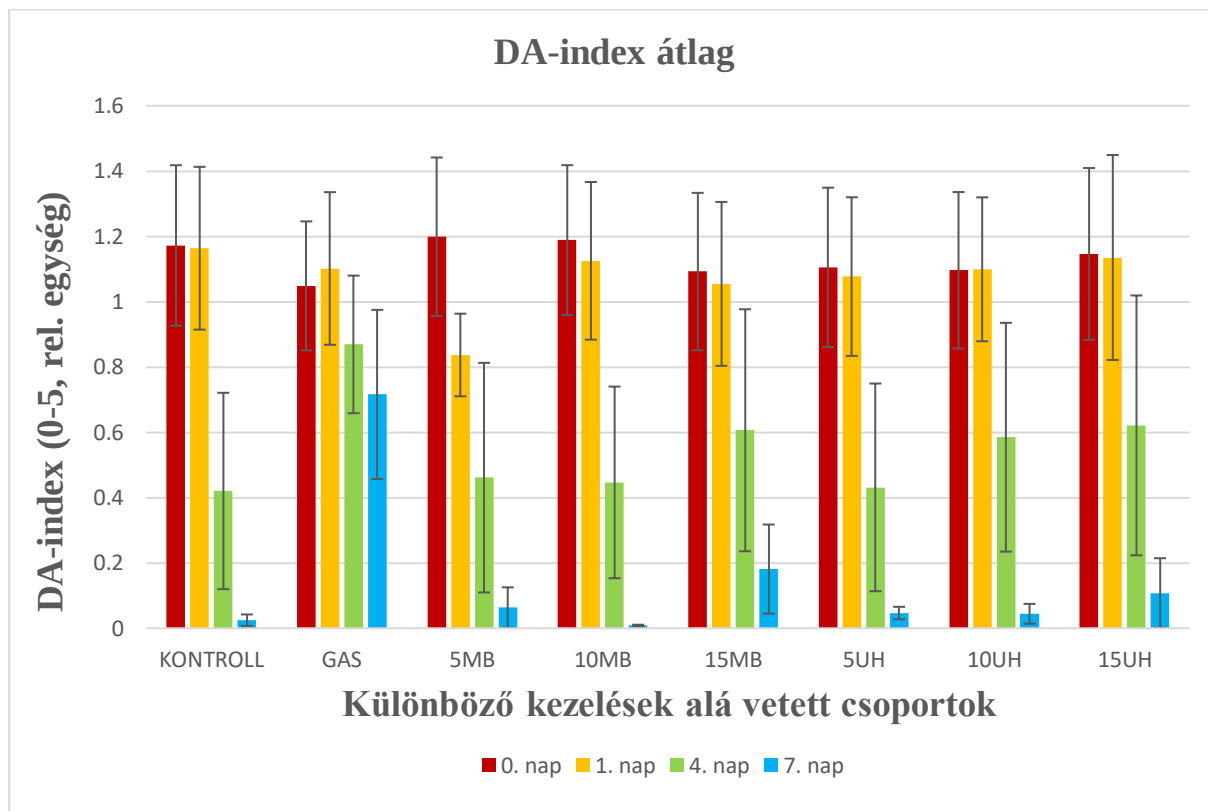
4.1. DA-Meter[®] roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezéssel kapott eredmények értékelése

A 12. ábra a különböző kezelések átlagos DA-index[®] értékeit mutatja. Az x-tengelyen a különböző kezelési csoportokat (Kontroll, GAS, 5MB, 10MB, 15MB, 5UH, 10UH, 15UH), az oszlopokon pedig a minták szórásait láthatjuk. Az y-tengelyen a DA-index[®] értéke látható relatív egységekben, -0,2 és 1,4 között. A diagramm szemlélteti, hogy minden kezelés hatására változások következtek be a DA-index[®] értékeiben, ami a zöltségek és gyümölcsök keménységét, érettségét vagy éretlenségét jelzi.

A „KONTROLL” csoport esetében a DA-index[®] változása a tárolási idő előrehaladásával jelentősen csökkent (zöld-piros színátmenet az utóérés során), ami egyértelműen a 4. mérési naptól látható. A „KONTROLL” csoport 0. mérési napon mért magas eredményeit az magyarázza, hogy az akkori mérés az érésátló kezelések előtt történt, emiatt a minták még homogének, kezeletlenek voltak. A 7. mérési napra a „KONTROLL” csoport értéke drasztikusan lecsökkent (kezeletlen kontrolminták utóérése).

A „GAS” csoport (12 órás hagyományos 1-MCP-kezelés) esetében elmondható, hogy 7 nap eltelte után is magas DA-érték[®] („még mindig zöld”) volt mérhető. Ez bizonyítja az 1-metilciklopropén gáz formában történő érésátlásának hatásosságát és az eltarthatósági idő növekedését. Az „MB” és „UH” kezelések kezdetben stabilizálták a DA-index[®]-et, (kiindulási zöld szín és érettségi állapot ideiglenes megőrzése), de végül ezek a csoportok is fokozatos csökkenést (utószíneződés) mutattak, főleg a 7. mérési nap eredményei alapján.

12. ábra: A kezelt paradicsomminták DA-index[®] átlagainak változása a tárolási idő függvényében (forrás: saját, 2024)



Összességében elmondható, hogy minden kezelés hatással volt a DA-index[®] eredményeinek alakulására. Az „MB” és „UH” csoportok kezdetben magasabb DA-index[®] értékkel jellemezhetők, ami az éretlenséggel áll kapcsolatban, viszont a mérés végére a „GAS” csoport tekinthető kiemelkedőnek az éretlenség (az eredeti „zöldérett” állapot) megtartásában, mivel az őrizte meg a legjobban az eredeti érettségi állapotot. A többi csoport esetében a DA-index[®] mérései nem bizonyulnak sikeresnek, az érés jelentős fokozódása miatt, amire egyértelműen utal a DA-index[®] jelentős mértékű, szinte nullára csökkenése (postharvest utószíneződéssel kísért utóérés). A hagyományos 1-MCP kezeléshez képest az igen rövid idejű mikrobuborékos kezelés (5, 10 és 15 perc) nem volt kellően hatékony még ultrahangos kiegészítő kezeléssel sem.

4.2. Minolta Chroma Meter CR-400 tristimulusos színmérővel mért színadatok értékelése

Az 13. ábra az a* szíenkoordináták (zöld-piros színátmenet) változását ábrázolja a tárolási napok elteltével és a különböző kezelésekre lebontva. Az a* koordináta a zöld-piros tengelyt

jelöli, ahol a pozitív értékek a piros árnyalatokat, míg a negatív értékek a zöld árnyalatokat képviselik.

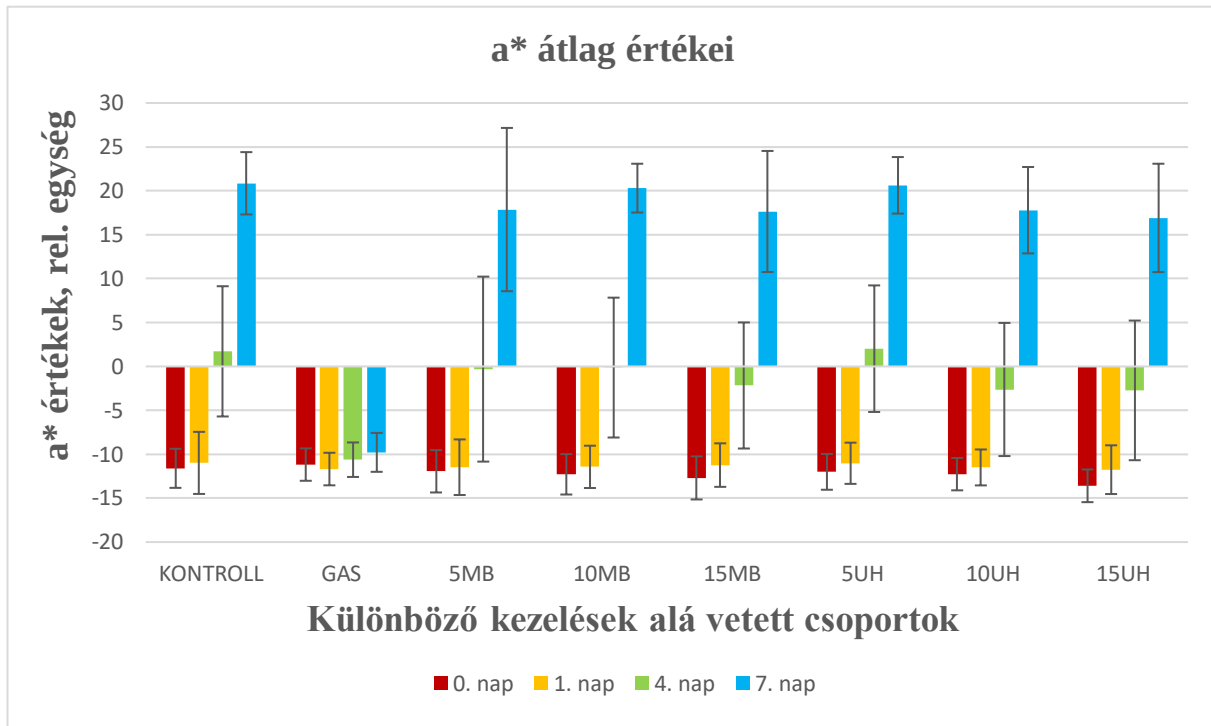
A pozitív a^* értékek („pirosodás” felé közelítés) csak a 4. és a 7. napon jelentkeztek a legtöbb csoport esetében. A „GAS” csoport kivételt képez, ahol egyik napon sem tolódott el a pozitív irányba az a^* értéke. Ez azt jelzi, hogy a hagyományos 1-MCP kezelés hatására nem indult el az utószíneződés. A „KONTROLL” és „5UH” csoportok esetében a 4. mérési napon is tapasztalható pozitív irányú eltolódás, tehát a csoport mintái pirosodni kezdtek, ami az utóérés jele.

A legnagyobb értéket a „KONTROLL” csoport produkálta a 7. mérési napon, a maga 20,86-os értékével, így ez a csoport tekinthető a legérettebbnek a mérési napok végére.

A negatív a^* értékek inkább a kezelések első három alkalmára vonatkoznak. Ez esetben a legalacsonyabb értéket a „15UH” csoport érte el a 0. mérési napon, -13,59-es értékével. Az a^* értékek fokozatosan emelkedtek a kezelések végére. A kezdeti zöld színárnyalat dominál a 4. napig.

A „GAS” csoport esetében az eredmények által az állapítható meg, hogy pozitív a^* tartományba tartozó változások nem alakultak ki, azaz a minták zöldek és éretlenek maradtak a kezelés végéig. Ezzel szemben a többi csoport értékei dominánsan elmozdultak a pozitív irányba, ami azt jelzi, hogy az érés beindult, és az érésgátlás ezekben az esetekben kevésbé mondható sikeresnek.

13. ábra: A színmérés a^* átlag értékeinek változása a napok elteltével
(forrás: saját, 2024)



A 14. ábra a b^* értékek alakulását mutatja be, a különböző kezelések és a tárolási idő előrehaladtával. A b^* koordináta a kék-sárga tengelyt (színváltozást) jelöli, ahol a pozitív értékek a sárga, míg a negatív értékek a kék színárnyalatot jellemzik. Ez az elemzés lehetőséget nyújt a sárgás vagy kékes színárnyalatok változásainak megértésében.

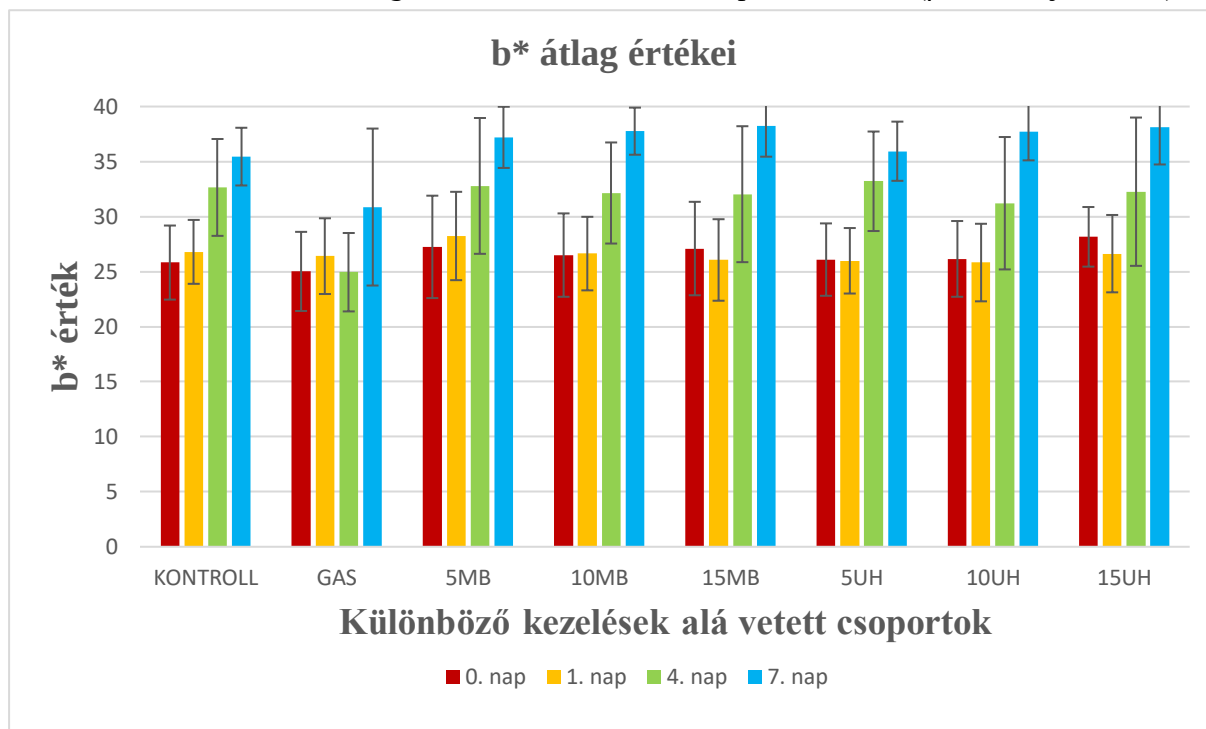
A b^* értékek minden csoport esetében pozitívak voltak, ami azt jelzi, hogy a sárgás színtartomány felé tolódtak a minták. Az értékek emelkedése a minták egyre intenzívebb sárga színének megjelenését mutatja.

A diagram elemzés alapján a legmagasabb b^* értékeket a „15MB” és „15UH” csoportok mutatták, melyek eredményei a 7. mérési napon 38 fölé emelkedtek. A 0. napon a b^* értékek 25 és 29 között mozogtak, ami enyhe sárgás árnyalatra utal, akárcsak az 1. mérési nap eredményei, ahol az értékek ugyancsak ebben a tartományban mozogtak.

A 4. napon már jelentős növekedés tapasztalható a b^* értékek tekintetében, ekkor 31-34 közötti eredményeket kaptunk, ami erősebb sárga árnyalatot fejez ki. A 7. napon az értékek tovább növekedtek, és legalább 35-ös b^* értéket értek el, a legnagyobb emelkedést a „15MB” csoport mutatta, 38,22-es eredménnyel. A 7. napi b^* érték növekedését egyértelműen egy erőteljesebb sárga szín jellemezte.

Összességében az idő múlásával minden csoport esetében emelkedtek a b^* értékek, ami a sárgás árnyalat dominanciáját fejezi ki. A b^* értékeinek elemzése fontos információkat nyújt a minták színstabilitásáról és a kezelések hatékonyságáról.

14. ábra: A színmérés b^* átlag értékeinek változása a napok elteltével (forrás: saját, 2024)



A 15. ábra az L^* színkoordináta (világossági tényező) értékeinek alakulását mutatja a különböző kezelések és a tárolási napok elteltével. Az L^* koordináta a minta felületének fényességét, világosságát, valamint a sötétségét jellemzi (0 = fekete, míg a 100 = fehér). Ezek az értékek fontosak a minták felületi világosság változásainak nyomon követésében: a magasabb L^* értékek világosabb, míg az alacsonyabbak sötétebb árnyalatot képviselnek.

Az L^* értékek rendszerint 50 és 60 közötti értékeket mutatnak, ami közepes világosságot jelez. Az idő előrehaladtával a legtöbb csoport esetében az L^* értékek csökkentek, ami a minták sötétedésére utal, és összefüggésben van az érési folyamatokkal (zöld-piros színátmenetes utószíneződésre utalva).

A legmagasabb L^* értékek a kiindulási és az 1. mérési napon voltak megfigyelhetők, ezzel ellentétben a 4. és a 7. mérési napra ezek az értékek változó mértékben csökkentek. A „GAS” csoport esetében a kezdeti L^* értékek alacsonyabbak a későbbi mérések adatainál, ami arra utal, hogy az érésgátlás sikeres volt, és a minták világossága nem csökkent jelentősen.

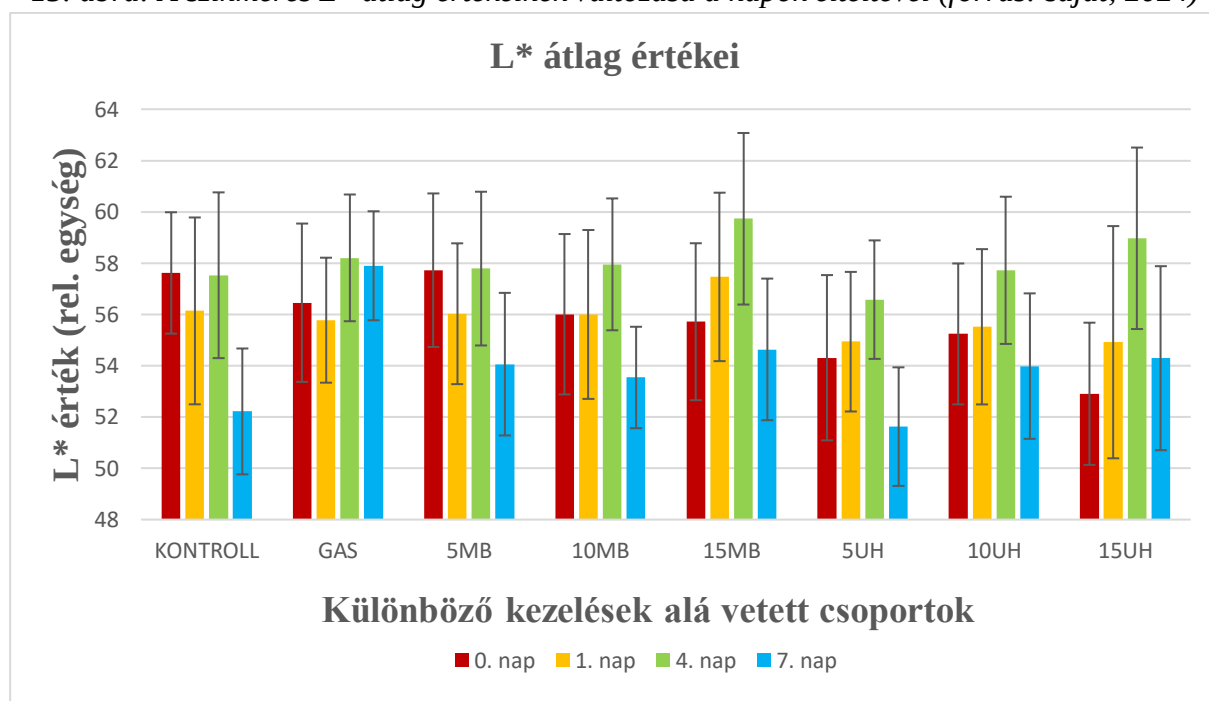
Ezzel szemben a „KONTROLL” (kezeletlen) csoport esetében az L^* értékek folyamatos csökkenése figyelhető meg, ami sötétebb színt és érettebb mintákat eredményez, hasonlóan az

„MB” (5, 10 és 15 perces mikrobuborékos kezelés), valamint az „5UH” és „10UH” csoportokhoz.

A „15UH” (15 perces ultrahangos-mikrobuborékos kezelés) csoport esetében a kezdeti naphoz képest a 7. mérési napon magasabb L^* értéket mértem, ami világosodásra mutat, és ellentétes irányú változást jelez a többi csoporthoz képest.

Összességében elmondható, hogy az L^* értékek a kezeléseket során általában csökkentek, ami a minták sötétebbé válását és az érés előrehaladását tükrözi. Kivételt képez a hagyományos („GAS”) csoport mintái, ahol a zárt rendszerebe végzett 1-MCP kezelés stabilizálta a minták színét, megőrizve a kezdeti érési állapotot (megőrizték a kezeléskori érettségi állapotot).

15. ábra: A színérés L^* átlag értékeinek változása a napok elteltével (forrás: saját, 2024)



Fontos megjegyezni azonban, hogy a zöldségek-gyümölcsök esetében bekövetkező színváltozást összességében nem egyedül csak egy színjellemző, hanem a minták L^* (világossági tényező), a^* (zöld-piros színátmenet) és b^* (kék-sárga színátmenet) együttes változásának hatása adja és írja le.

4.3. Légzésintenzitás mérések eredményei

Az alábbi diagram (16. ábra) a „KONTROLL, GAS, 5MB, 10MB, 15MB, 5UH, 10UH, 15UH” csoportok légzésintenzitásának alakulását mutatja. Az ábrázolás a kapott eredmények

alapján történt, mérési napokra lebontva. A diagramon látható, hogy a különböző színnel jelölt oszlopok a minták mérési eredményeit tükrözik a különböző időpontokban.

A „GAS” csoport esetében az első két mérési nap magasabb légzésintenzitása után jelentős csökkenés volt megfigyelhető a későbbi napokon. Ez az eredmény az érésgátlás sikerességét mutatja, hiszen a minták anyagcsere aktivitása és így a légzésintenzitása is csökkent.

A „KONTROLL” csoportnál a minták légzésintenzitása viszonylag stabil maradt, bár az 1. és a 4. mérési napon enyhe növekedés volt tapasztalható, ami az érési folyamat erősödésére utal.

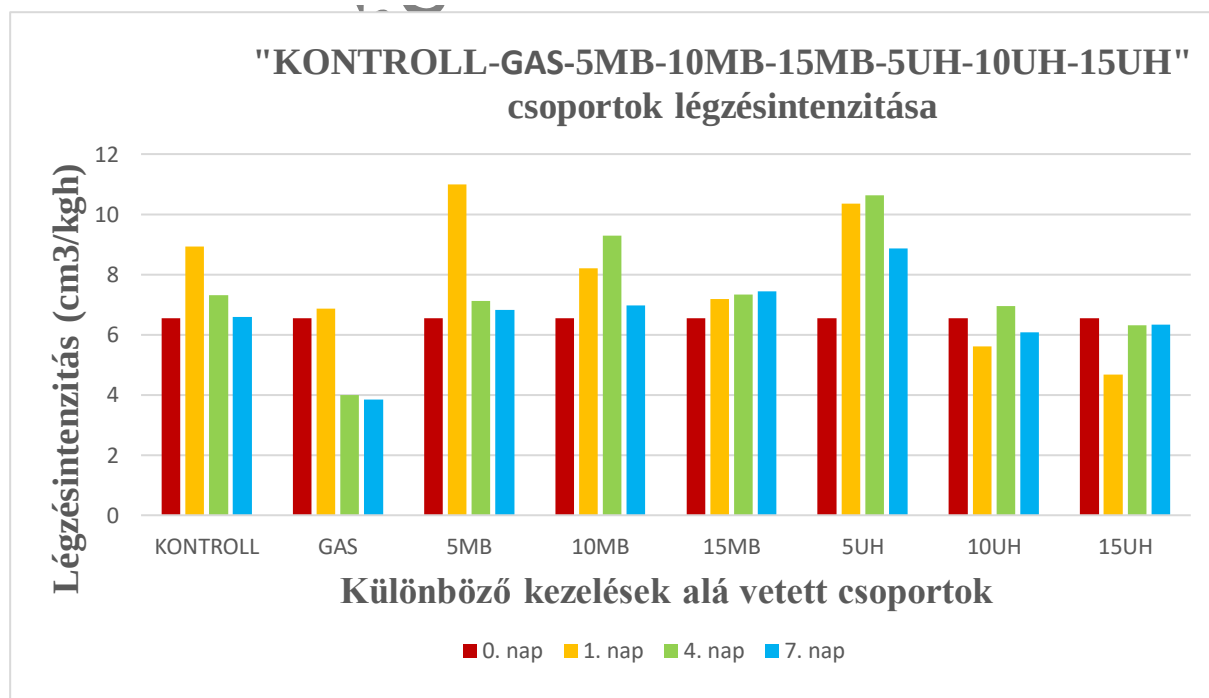
Az „5MB és 10MB” csoportoknál az 1. és a 4. mérési napon kiugróan magas légzésintenzitás értékek tapasztalhatók, ami a minták érési folyamatainak beindulását jelzik. Ezzel szemben a „15MB” csoport esetében a kapott eredmények fokozatos növekvő tendenciát mutattak, ami azt jelzi, hogy az érés és a légzésintenzitás egyenletesen erősödött az idő elteltével.

Az „5UH” csoportról elmondható, hogy itt tapasztalhatók a legmagasabb légzésintenzitás eredmények, ami szintén arra utal, hogy a minták érési folyamatai jelentősen beindultak.

A „10UH és 15UH” csoportok esetében az 1. mérési napról a 4. mérési napra minden esetben növekedés megfigyelhető, ami a minták aktivitásának fokozódását támasztja alá. A 7. napon a „10UH” csoportnál csökkenés, míg a „15UH” csoportnál stagnálás volt megfigyelhető.

Összességében a „10UH és 15UH” csoportok esetében a 7. mérési napon mért légzésintenzitás értékek magasabbak voltak, mint az 1. mérési napon mértek, ami arra utal, hogy a minták érési folyamatai továbbra is folytatódtak, és az érésgátlás nem volt kellően sikeres.

16. ábra: A különböző kezelések átlagos légzésintenzitás adatai (forrás: saját, 2024)



4.4. Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérés eredményei

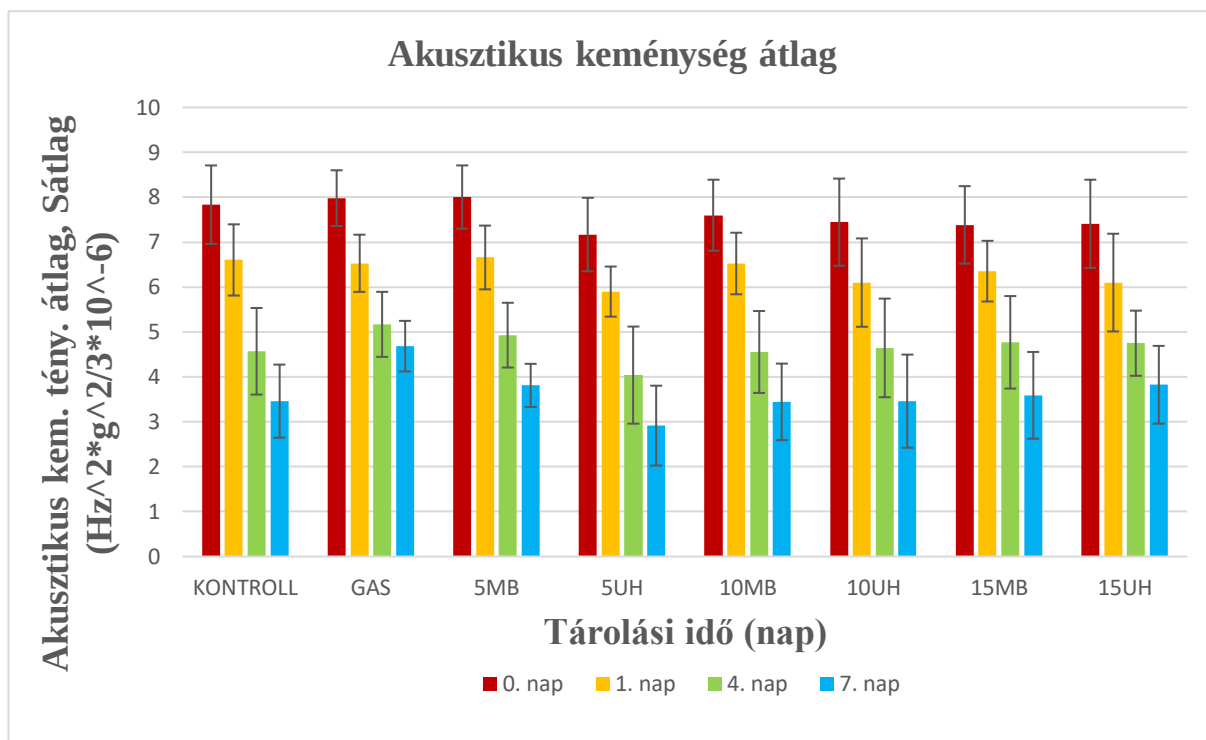
A 17. ábra a paradicsomok akusztikus keménységének (globális állományjellemző) változását mutatja a különböző kezelések és tárolási napok során. A napok elteltével a keménység általában exponenciálisan csökkent, ami az érés előrehaladtával bekövetkező puhulásra utal. A diagramon látható, hogy az egyes csoportok között a mérési napokon 1-nél nagyobb különbség mutatkozott.

A legkisebb keménységi értékeket minden esetben a 7. mérési napon mért eredmények mutatják, ami a paradicsomok érési folyamatának pozitív változásait, azaz az adott minta (csoport) keménységváltozását (utóéréssel összefüggő puhulását) jelzik. Különösen az „5UH” csoportnál figyelhetők meg a legkisebb eredmények, ami meglepő, mivel a „KONTROLL” csoportnak kellett volna a legpuhábbnak, legérettebbnek lennie az érési folyamatok és kezelések hiánya miatt.

A „GAS” csoport érte el a mérések második felében a legmagasabb értékeket, ami az érés gátlásának sikerességére utal. Ezeket az értékeket a 4. és a 7. mérési napon produkálta a „GAS” csoport, ami az érésgátlás sikerességét jelzi, mivel a minták keménysége nagyobb maradt a többi csoportnál, és az érés következtében várható puhulás késleltetett. Hasonlóan a „15MB és 15UH” csoportok esetében is látható az érésgátlás sikeressége, bár teljes sikerről akkor beszélhetnénk, ha minden időpontban ezek az eredmények lettek volna a legmagasabbak.

Összességében a mérés a „GAS” csoport tekintetében sikeresnek mondható, mivel a kezelések hatására a minták keménysége nagy maradt, az érés által bekövetkező puhulás eltolódott. A „KONTROLL” és „MB-UP” csoportok értékei között jelentős különbségek nem mutatkoztak, így az akusztikus keménység szempontjából csak a „GAS” csoport esetében beszélhetünk igazán sikeres érésgátlásról. A többi csoport értékeinek csökkenése a minták puhulását és érésének előrehaladását jelzik.

17. ábra: A különböző kezelések átlag akusztikus keménységeinek ábrázolása (forrás: saját, 2024)



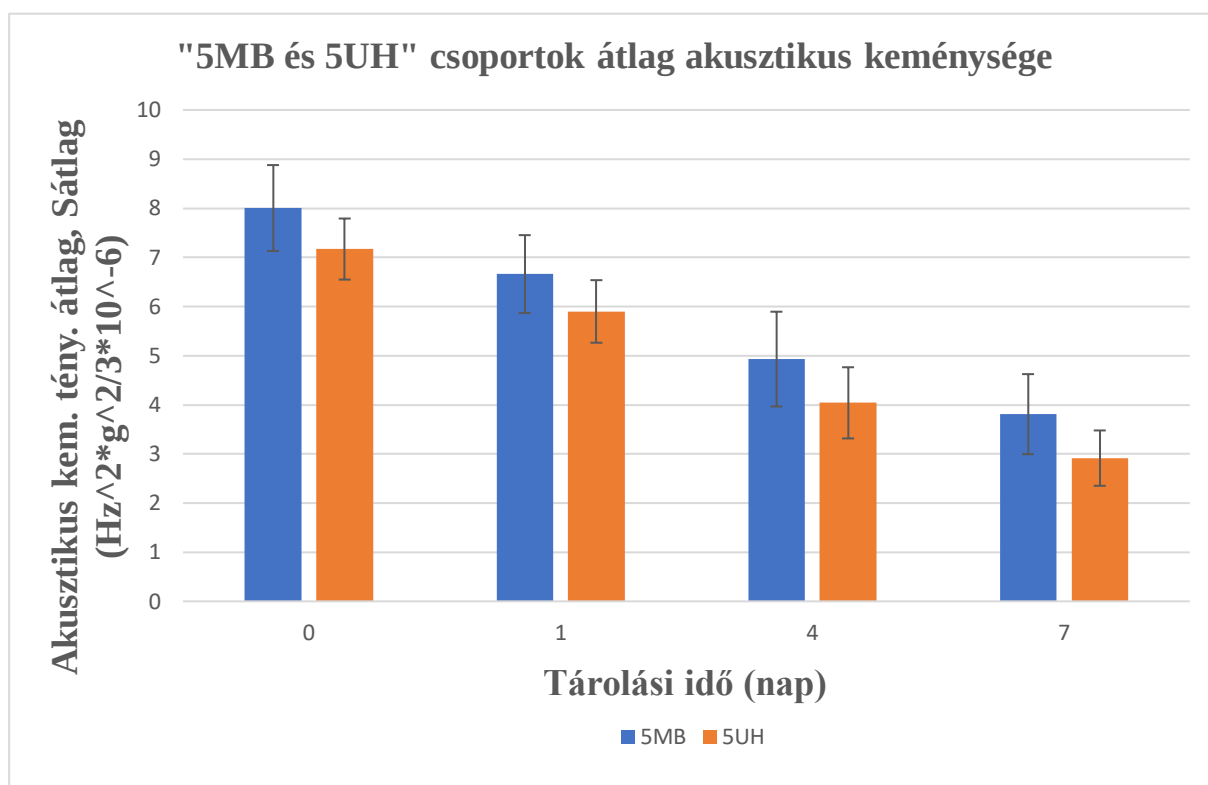
A 18. ábra az 5 perces tartó 1-MCP-kezelés eredményeit mutatja be két csoportban: az „5MB” csoport esetében 5 perces tartó mikrobuborékos kezelést alkalmaztam, míg az „5UH” csoport ugyanúgy 5 perces tartó mikrobuborékos kezelést kapott, de itt ultrahang-generáló készüléket is elhelyeztem a vízbe.

Az eredmények azt mutatják, hogy az ultrahang alkalmazása nem segítette az érés és puhulás késleltetését. Az „5MB” csoport esetében az akusztikus keménységi tényező átlaga 8,00-ról 3,81-re csökkent a 7. mérési napra, ami a kezdeti keménység több mint felére történő csökkenését jelzi, így a minták egyértelműen puhultak.

Az „5UH” csoport esetében a kezdeti keménység 7,17-ről 2,91-re csökkent a 7. mérési napra, ami még jelentősebb csökkenést mutat. Ebből következően az ultrahang alkalmazása fokozta a puhulás mértékét, mivel az akusztikus keménységi tényező alacsonyabb értékeket produkált, mint az „5MB” csoportnál.

Összességében mindkét csoport esetében jelentős csökkenés figyelhető meg az akusztikus keménységben, ami a minták érésének fokozódását és a puhább állományuk kialakulását támasztja alá.

18. ábra: 5 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége



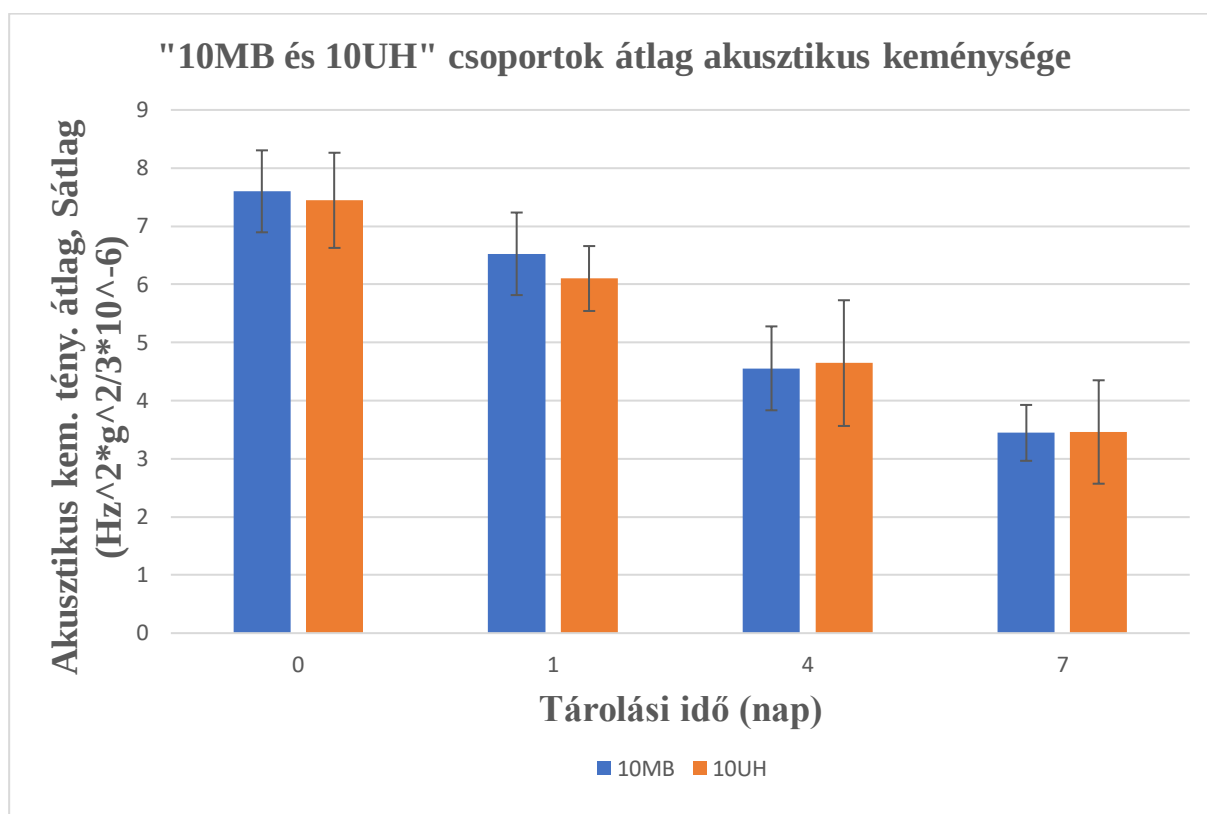
A 19. ábra a 10 percig tartó kezelések eredményeit szemlélteti. A „10MB” csoport 10 percig tartó mikrobuborékos kezelést kapott, míg a „10UH” csoport ugyanilyen kezelésnek volt kitéve, viszont ennél ultrahangot előállító készülék volt elhelyezve a vízben.

A „10MB” csoport esetében az akusztikus keménységi tényező átlaga 7,6-ról 3,4-re csökkent a 7. mérési napra. Az eredmények hasonló tendenciát mutatnak, mint az 5 perces kezelésnél, viszont a 10 perces kezelés esetében kisebb mértékű csökkenést figyelhetünk meg a 7. mérési napra.

A „10UH” csoport akusztikus keménysége 7,44-ről 3,46-ra csökkent a 7. mérési napra, ami azt jelzi, hogy az ultrahangos kezelés ismét jelentős puhulást eredményezett.

Mindkét csoport, az 5 perces kezelésekhöz hasonlóan, jelentős keménységcsökkenést mutatott, ami az érés és a puhulás előrehaladását támasztja alá, de a 10 perces kezelések valamivel enyhébb hatást gyakoroltak a keménység csökkenésére.

19. ábra: 10 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége



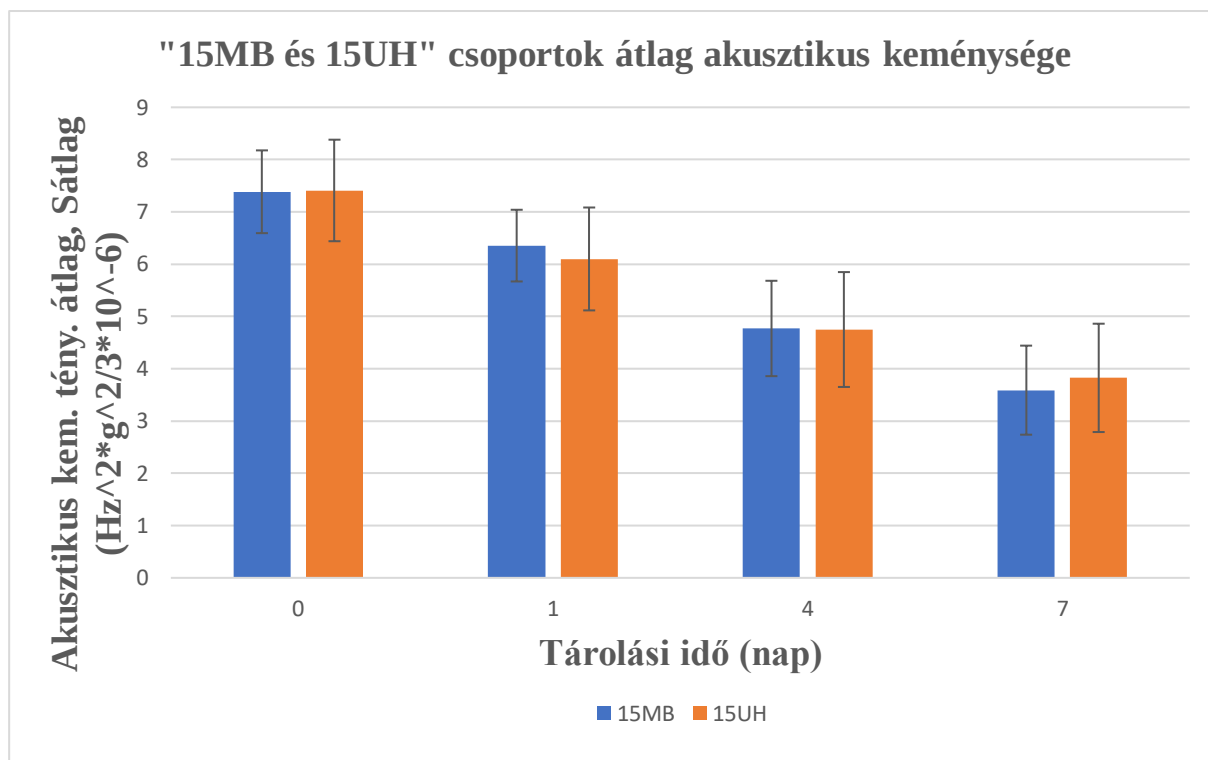
A 20. ábrán a 15 percig tartó kezelés eredményeit láthatjuk. A „15MB” csoport 15 percig tartó mikrobuborékos kezelést kapott, míg a „15UH” csoport ugyanilyen kezelést, de itt ultrahangot előállító készülék volt elhelyezve a vízbe.

A „15MB” csoport akusztikus keménységi tényező átlaga 7,38-ról 3,59-re csökkent a 7. mérési napra. A 15 perces kezelés során bekövetkező csökkenés szintén jelentős mértékű.

A „15UH” csoport akusztikus keménységi tényező átlaga 7,41-ről 3,82-re csökkent a 7. mérési napra. Az ultrahangos kezelés hatása ebben az esetben enyhébb, mint az előző, rövidebb ideig tartó kezeléseknél.

A leghosszabb (15 perces) kezelést kapott csoportoknál is megállapítható, hogy a mérési napok elteltével egyenes arányban következett be a minták keménységének csökkenése. Az ultrahang hatása a 15 perces kezeléseknél már kevésbé jelentkezett.

20. ábra: 15 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége



A 21. ábrán a „GAS és KONTROLL” csoportok akusztikus keménységeinek átlagát látjuk. A „GAS” csoport esetében a mérési napok elején számottevő különbség nem észlelhető az akusztikus keménységben, viszont a mérési napok vége felé jelentős különbségek alakultak ki. A minták keményebbek és éretlenebbek maradtak. Az „5MB” csoport esetében a kezdeti keménység minimálisan magasabb volt, de a puhulás gyorsabban következett be, mint a „GAS” csoportnál. Az „5UH” ultrahanggal kezelt csoportnál a minták minden esetben puhábbak voltak a „GAS” csoportnál.

A 10 perces kezelés hatása hasonló volt, mint az 5 percesé: a keménység gyorsabban csökkent, mint a „GAS” csoporté. Az ultrahang esetében szintén gyorsabb puhulás következett be, így az ultrahang alkalmazása nem mondható sikeresnek. A 15 perces kezelések esetében is ugyanez a tendencia figyelhető meg: gyorsabb puhulás és állományváltozás következett be, mint a „GAS” csoportnál. Összességében a „GAS” csoport kiemelkedő volt az érésgátlás hatékonyságában, míg a többi csoportról ez nem mondható el.

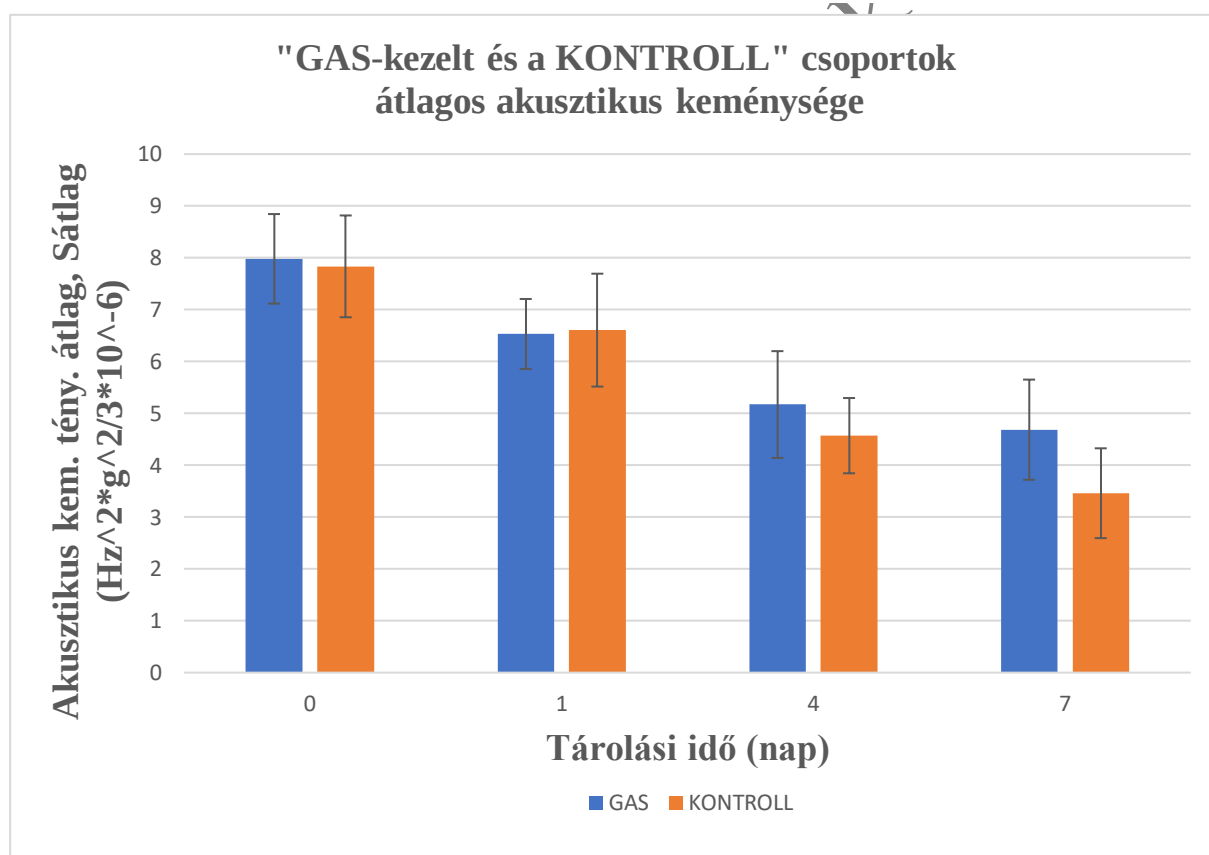
A „KONTROLL” csoportról a várt eredmények (érés- és puhulásgátlás) ellenkezője állapítható meg. A kezdeti méréseknél magasabb keménységgel rendelkezett ez a csoport, de ez a napok elteltével sok esetben megfordult, mint például az „5MB”, „15MB”, „15UH” és „GAS” csoportok esetében. Az 5 perces kezelés esetében a kezdeti keménységi tényező az

„5MB” csoportnál nagyobb volt, mint a „KONTROLL” csoporté, és a 7. napon is csak kis eltérés tapasztalható.

Az ultrahang alkalmazásával itt is gyorsabb keménységcsökkenés következett be. A 10 perces kezelések esetében közel azonos puhulás volt tapasztalható a mintáknál. Az utolsó mérési napra az ultrahangos kezelés itt ugyanazt az eredményt hozta. A hosszabb, 15 percig tartó kezelések hatására a minták keménysége nagyobb maradt, mint a „KONTROLL” csoporté. A mérések végére mindkét csoport mintái keményebbek és éretlenebbek maradtak a „KONTROLL” mintáitól.

Összegezve a kapott eredmények nem mutattak számottevő különbséget a „KONTROLL” és más csoportok között. A minták érésgátlásának sikeressége nem volt egyértelműen kimutatható ebben a mérésben.

21. ábra: A GAS-kezelt és a KONTROLL" minták átlag akusztikus keménysége



5. Következtetések és javaslatok

Az eredmények átfogó vizsgálásakor megfigyelhető, hogy a hagyományos gáznemű 1-MCP alkalmazása („GAS”) hatékonynak bizonyult a zöld paradicsomok CO₂-termelésének visszaszorításában, valamint az állományváltozás (puhulás) és a felület színváltozásának lassításában. A mikrobuborékos (MB) 1-MCP kezelések esetében az alkalmazott (5, 10 és 15 perc) kezelési idő nem volt elegendő ahhoz, hogy a növényi szövetekbe hatékonyan eljusson az 1-MCP. Ezen csoportok sikeres érésátlásához javaslom a kezelési idő meghosszabbítását.

A gáznemű 1-MCP alkalmazási módszer hátránya („GAS”), hogy hosszú kezelési időt, általában 24 órát vesz igénybe, valamint légmentes és sok termény befogadására képes tárolóhelyiségeket igényel. Ezen feltételek biztosítása korlátozhatja a kereskedelmi szintű hagyományos 1-MCP alkalmazását (Pongprasert and Srilaong, 2014). A paradicsomok esetében alkalmazott vizes közegben végzett 1-MCP kezelésekről sok kutatás folyt a közelmúltban (Choi et al., 2008). Ezen tanulmányok eredményei azt mutatták, hogy a vizes közegben alkalmazott mikrobuborékos (MB) módszer ugyanolyan hatékonyan működik a tárolási idő meghosszabbítására, mint a gáznemű 1-MCP kezelések, azonban a hatékony érésátláshoz 700-szor magasabb koncentráció szükséges, mint a gáznemű alkalmazásakor (Argenta et al., 2007). Emiatt a hagyományos gáznemű 1-MCP alkalmazása jelentősen gazdaságosabb, mint a mikrobuborékos társáé (Zhang et al., 2009).

Kísérletem során a hagyományos 1-MCP kezelés hatékonyan késleltette a zöld paradicsomok érésének és anyagcsere aktivitásának előrehaladását. A mikrobuborékos kezelések (5, 10 és 15 perc) esetében a mérések sajnálatos sikertelenségét megváltoztathatja az alkalmazott 1-MCP koncentrációjának növelése.

Ez a munka sajnos nem tudta bebizonyítani a mikrobuborékok formájában alkalmazott 1-MCP hatásosságát az általunk alkalmazott koncentráció (625 ppb) és kezelési idők (5, 10 és 15 perc) esetében, viszont a fentebb említett ajánlások követésével az 1-MCP alkalmazásával végzett érésátlás remélhetőleg sikeresen kivitelezhető.

6. Összefoglalás

Szakdolgozatom a zöld paradicsomok (Pitenza F₁) postharvest utóérési folyamatainak gátlására összpontosít, amelyhez 1-metil-ciklopropén (1-MCP) vegyületet alkalmaztam. Ez a vegyület aktívan és nagy intenzitással kapcsolódik az etilénkötő receptorokhoz, így a termés nem tudja megkötni az etilént. Az etilén nagy hatást gyakorol a növény fejlődésére, növekedésére, érési (utóérési) folyamataira és fontos szerepet játszik a növények teljes élettartama alatt.

Az 1-MCP vegyület alkalmazása két eltérő módon történt a frissen szedett, zöldérett minták esetében. Az első módszer a vegyület mikrobuborékok formájában való felületükre történő juttatását jelentette vizes közegben alkalmazva, amit 5, 10 és 15 perces kezelések során valósítottam meg. Az alábbi rövid ideig tartó kezeléseket egy, a mikrobuborékokat előállító speciális berendezésben végeztem (6. ábra), amely egy egyedileg épített, zárt berendezés. A második módszer az 1-MCP vegyület hagyományos gáznemű alkalmazását jelentette. A mintákat 20 °C-on 12 órán át kezeltem, 625 ppb 1-MCP koncentráció mellett egy zárt és gáztömör kezelőtérben. Az 1-MCP-érésgátló kezelést az AgroFresh Inc. (Philadelphia, Amerikai Egyesült Államok) által gyártott Smartfresh™ (SF) ProTabs tablettákkal végeztem, amelyek aktív hatóanyagként 2 % 1-metilciklopropént (1-MCP) tartalmaztak. A tablettákat a gyártó által ajánlott dózisban (625 ppb) használtam, hogy gáznemű 1-MCP-t szabadítsanak fel a minták kezelésére. A kezelőtérben a levegő folyamatos keringését egy ventilátor biztosította a 12 órás kezelés során.

A kezelések után mindkét csoport mintáit 7 napon át, 20 °C-on J-600 GD típusú, hőmérsékletszabályozással és belső légkeringtetéssel ellátott hűtőszekrényben tároltam. A vizsgálati mintáimon roncsolásmentes állomány-, szín-, légzésintenzitás- és érettségvizsgálatokat hajtottam végre. A kezelések a hagyományos kivitelezésű (625 ppb, 12 h), az ún. „GAS” csoport esetében mutatkoztak a legsikeresebbnek. A mikrobuborékokkal kezelt csoportok (5, 10 és 15 perc hatásideje) nem mutattak lényegi eltérést a kezeletlen („KONTROLL”) csoporttól. A mintaegyedek egyöntetű, homogén színváltozáson (zöldből-piros), érésfejlődésen és állományváltozáson (puhulás) mentek keresztül.

A különböző roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezésekkel (színmérés, akusztikus impakt keménységi tényező mérése, légzésintenzitásmérés és érettségmérés) a kezelés alkalmazásának napján (0. nap) és az első (1.), negyedik (4.), valamint hetedik (7.) napon történtek a mérések. A minták színének mérése Konica-Minolta CR-400 Chroma Meter (Konica-Minolta Corporation, Japán) színmérő eszközzel történt. A színmérés által három

színkoordináta: az L^* (világossági tényező, 15. ábra), az a^* (zöld-piros színátmenet, 13. ábra) és a b^* (kék-sárga színátmenet, 14. ábra) értékeit határoztam meg.

Ezek eredményeit vizsgálva elmondható, hogy a „GAS” csoport mintáinak színét stabilizálta a hagyományos, zárt térben végzett, gázos 1-MCP kezelés, mivel megőrizte a minták kezdeti színezettség- és érettségi állapotát. A mikrobuborékos kezelések esetében a minták jelentős színváltozáson (zöldből-piros szín kialakulása) mentek keresztül, amit a CIE Lab színkoordináták műszeres meghatározása is megfelelően szemléltet.

Az akusztikus keménységvizsgálatokat az Aweta AFS asztali roncsolásmentes állománymérő műszerrel végeztem el. A paradicsomok akusztikus keménysége (17. ábra) a tárolási napok előrehaladtával csökkent, azaz a szobahőmérsékletű tárolás alatt bekövetkezett állományváltozás (puhulás) objektíven mérhető volt. A „GAS” csoportnál az érésgátló kezelés sikerességét a bogyók keménységének megtartásával, a puhulás késleltetésével igazolta. A „KONTROLL” és a „MB-UH” (mikrobuborék + ultrahang-kezelés) csoportok értékei között nem mutatkozott jelentős különbség, az érési folyamat előrehaladtával folyamatos csökkenés volt megfigyelhető.

A paradicsomminták tárolás alatti légzésintenzitásának meghatározására egy egyedi építésű, zárt rendszerű respirométert használtam. A légzésmérő rendszer 4 db, egyedileg zárható, 4250 cm³ térfogatú plexi mérőedényből állt. Az ismert tömegű paradicsommintákat kb. fél óra időtartamra helyeztem el a zárt mérőedényekbe (5 db/mérőedény, 4 ismétlés / csoport, 9. ábra). A paradicsomok feletti szabad légterbe bevezetett Ahlborn FY A600-CO₂H (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH, Németország) típusú CO₂ érzékelő által mért adatokból (ppm CO₂) számítottuk ki a minták légzésintenzitását [cm³ CO₂/kg*h] mértékegységben. A légzésintenzitás eredményeinek összegzése után elmondható, hogy a „GAS” csoportnál jelentős csökkenés figyelhető meg a tárolási napok elteltével. A „KONTROLL és MB-UH” csoportoknál az érési folyamatok intenzitása és a légzés növekedése volt megfigyelhető, különösen a „10UH és 15UH” csoportok esetében, amelyeknél a 7. napon is magas értékek jellemezték a méréseket.

Az utolsó mérés a DA-index[®] értékeinek meghatározása (12. ábra) volt, amely mérését egy DA-Meter[®] roncsolásmentes érettségvizsgáló berendezéssel végeztem. A kezdeti kezelések stabilizálták a DA-indexet[®] az „MB és UH” csoportok esetében, viszont a mérések végére fokozatos csökkenést (utószíneződést) mutattak a minták. A „GAS” csoport esetében a 7. napon is magas DA-érték[®] volt mérhető, ami ugyancsak bizonyítja az 1-MCP gáznemű formájában történő alkalmazásának hatásosságát, megőrizve az eredeti zöld színt és érettségi állapotot. A

„KONTROLL” csoport értékei a 7. napra drasztikus csökkenés mutattak, ami a minták jelentős utóérési (utószíneződési) tevékenységét jelzi.

Összességében a hagyományos gáznemű 1-MCP alkalmazása hatékonynak bizonyult a zöld paradicsomok etilén- és CO₂-termelése visszaszorításában, valamint az állományváltozás (puhulás) és a felület színváltozásának (utószíneződés) lassításában. A mikrobuborékos (MB) és ultrahangos (UH) 1-MCP kezelések esetében az alkalmazott kezelési idő (5, 10 és 15 perc) nem volt elegendő ahhoz, hogy a növényi szövetekbe hatékonyan eljusson az 1-MCP. Ezen csoportok sikeres érésgátlásának esélyét a kezelési idő meghosszabbításával vagy az 1-MCP koncentráció emelésével lehetne fokozni.

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

7. Irodalomjegyzék

1. Argenta, L.C., Fan, X., Mattheis, J.P., 2007. Responses of ‘Golden Delicious’ Apples to 1-MCP Applied in Air or Water. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.42.7.1651>
2. Bai, Y., Lindhout, P., 2007. Domestication and Breeding of Tomatoes: What have We Gained and What Can We Gain in the Future? *Annals of Botany* 100, 1085–1094. <https://doi.org/10.1093/aob/mcm150>
3. Bertin, N., Génard, M., 2018. Tomato quality as influenced by preharvest factors. *Scientia Horticulturae* 233, 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.056>
4. Blanke, M.M., Kunz, A., 2018. PA and DA meter – providers of the new ripeness index? *Acta Hortic.* 363–368. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1228.54>
5. Bovi, G.G., Rux, G., Caleb, O.J., Herppich, W.B., Linke, M., Rauh, C., Mahajan, P.V., 2018. Measurement and modelling of transpiration losses in packaged and unpackaged strawberries. *Biosystems Engineering* 174, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.06.012>
6. Cara, B., Giovannoni, J.J., 2008a. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. *Plant Science, Ethylene Biology* 175, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.03.021>
7. Cara, B., Giovannoni, J.J., 2008b. Molecular biology of ethylene during tomato fruit development and maturation. *Plant Science, Ethylene Biology* 175, 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.03.021>
8. Cherono, K., Sibomana, M., Workneh, T.S., 2018. Effect of infield handling conditions and time to pre-cooling on the shelf-life and quality of tomatoes. *Braz. J. Food Technol.* 21, e2017016. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.01617>
9. Choi, S.T., Tsouvaltzis, P., Lim, C.I., Huber, D.J., 2008. Suppression of ripening and induction of asynchronous ripening in tomato and avocado fruits subjected to complete or partial exposure to aqueous solutions of 1-methylcyclopropene. *Postharvest Biology and Technology* 48, 206–214. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.10.008>
10. Dang, D.S., Buhler, J.F., Stafford, C.D., Taylor, M.J., Shippen, J.E., Dai, X., England, E.M., Matarneh, S.K., 2021. Nix Pro 2 and Color Muse as potential colorimeters for evaluating color in foods. *LWT* 147, 111648. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111648>
11. De Leo, V., Catucci, L., Di Mauro, A.E., Agostiano, A., Giotta, L., Trotta, M., Milano, F., 2017. Effect of ultrasound on the function and structure of a membrane protein: The case study of photosynthetic Reaction Center from *Rhodobacter sphaeroides*. *Ultrasonics Sonochemistry* 35, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.09.007>
12. Hitka_G, Kajszi szabályozott légterű tárolástechnológiájának fejlesztése, doktori értekezés, (2011)
13. Jalali, A., Linke, M., Geyer, M., Mahajan, P.V., 2020. Shelf life prediction model for strawberry based on respiration and transpiration processes. *Food Packaging and Shelf Life* 25, 100525. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100525>
14. Kızıldeniz, T., Hepsağ, F., Hayoğlu, İ., 2023. Improving mulberry shelf-life with 1-Methylcyclopropene and modified atmosphere packaging. *Biochemical Systematics and Ecology* 106, 104578. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104578>
15. Lin, Z., Zhong, S., Grierson, D., 2009. Recent advances in ethylene research. *Journal of Experimental Botany* 60, 3311–3336. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp204>

16. Lu, C., Ding, J., Park, H.K., Feng, H., 2020. High intensity ultrasound as a physical elicitor affects secondary metabolites and antioxidant capacity of tomato fruits. *Food Control* 113, 107176. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107176>
17. Lurie, S., 2007. 1-MCP in post-harvest: Physiological mechanisms of action and applications. *Fresh Produce* 1, 4–15.
18. Mir, N., Canoles, M., Beaudry, R., Baldwin, E., Mehla, C., 2004. Inhibiting Tomato Ripening with 1-Methylcyclopropene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129. <https://doi.org/10.21273/JASHS.129.1.0112>
19. Moretti, C.L., Araújo, A.L., Marouelli, W.A., Silva, W.L.C., 2002. 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. *Hortic. Bras.* 20, 659–663. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400030>
20. Nagy, D., Zsom, T., Taczman-Brückner, A., Somogyi, T., Zsom-Muha, V., Felföldi, J., 2024. Comparison of the Bactericidal Effect of Ultrasonic and Heat Combined with Ultrasonic Treatments on Egg Liquids and Additional Analysis of Their Effect by NIR Spectral Analysis. *Sensors* 24, 4547. <https://doi.org/10.3390/s24144547>
21. Nguyen, L.L.P., Pham, T.T., Syium, Z.H., Zsom-Muha, V., Baranyai, L., Zsom, T., Hitka, G., 2022. Delay of 1-MCP Treatment on Post-Harvest Quality of ‘Bosc Kobak’ Pear. *Horticulturae* 8, 89. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8020089>
22. Nguyen, L.P.L., Zsom, T., Dam, M.S., Baranyai, L., Hitka, G., 2019. Evaluation of the 1-MCP microbubbles treatment for shelf-life extension for melons. *Postharvest Biology and Technology* 150, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.12.017>
23. Peralta, I.E., Knapp, S., Spooner, D.M., 2005. New Species of Wild Tomatoes (*Solanum* Section *Lycopersicon*: Solanaceae) from Northern Peru. *issn: 0363-6445* 30, 424–434. <https://doi.org/10.1600/0363644054223657>
24. Pongprasert, N., Srilaong, V., 2014. A novel technique using 1-MCP microbubbles for delaying postharvest ripening of banana fruit. *Postharvest Biology and Technology* 95, 42–45. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.04.003>
25. Saavedra, T.M., Figueroa, G.A., Cauhi, J.G.D., 2016. Origin and evolution of tomato production *Lycopersicon esculentum* in México. *Cienc. Rural* 47, 20160526. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160526>
26. Schaller, G.E., Kieber, J.J., 2002. Ethylene. *Arabidopsis Book* 1, e0071. <https://doi.org/10.1199/tab.0071>
27. Spadoni, A., Cameldi, I., Noferini, M., Bonora, E., Costa, G., Mari, M., 2016. An innovative use of DA-meter for peach fruit postharvest management. *Scientia Horticulturae* 201, 140–144. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.041>
28. Yang, S.F., Hoffman, N.E., 1984. Ethylene Biosynthesis and its Regulation in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 35, 155–189. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103>
29. Yu, W., Ma, P., Sheng, J., Shen, L., 2024. Arginine and cysteine delay postharvest ripening of tomato fruit by regulating ethylene production. *Postharvest Biology and Technology* 216, 113052. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2024.113052>
30. Zhang, Z., Huber, D.J., Hurr, B.M., Rao, J., 2009. Delay of tomato fruit ripening in response to 1-methylcyclopropene is influenced by internal ethylene levels. *Postharvest Biology and Technology* 54, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2009.06.003>
31. Zsom T. - Árukezelés technológiák és minőségügy II. – Burgonyafélék áruismerete előadás, 2024.02.21. <https://elearning.uni-mate.hu/course/view.php?id=29151>

8. Táblázatok és ábrák jegyzéke

8.1 Ábrajegyzék

1. ábra: A paradicsom termelési részesedése régióként (www.faostat.com , 2024).....	4
2. ábra: Paradicsom (Internet 1.)	6
3. ábra: CTIEL skála (forrás: https://www.mdpi.com/1424-8220/24/8/2426).....	8
4. ábra: Az etilén összegképlete	9
5. ábra: A különböző paradicsom csoportok (forrás: saját kép, 2023).....	16
6. ábra: Mikrobuborék berendezés sematikus rajza (forrás: saját).....	17
7. ábra: DA-Meter® roncsolásmentes érettségvizsgáló műszer (forrás: saját kép, 2023)	19
8. ábra: Minolta Chroma Meter CR-400 színmérő készülék (forrás: saját kép, 2023)	20
9. ábra: A légzésintenzitás mérésére használt rendszer (forrás: saját kép, 2023)	21
10. ábra: AWETA AFS asztali roncsolásmentes állománymérő (forrás: saját kép, 2023).....	22
11. ábra: A paradicsomok érés általi változása a mérési napok elteltével (forrás: saját kép, 2023).....	24
12. ábra: A kezelt paradicsomminták DA-index® átlagainak változása a tárolási idő függvényében (forrás: saját, 2024)	26
13. ábra: A színmérés a^* átlag értékeinek változása a napok elteltével (forrás: saját, 2024).....	28
14. ábra: A színmérés b^* átlag értékeinek változása a napok elteltével (forrás: saját, 2024).....	29
15. ábra: A színmérés L^* átlag értékeinek változása a napok elteltével (forrás: saját, 2024).....	30
16. ábra: A különböző kezelések átlagos légzésintenzitás adatai (forrás: saját, 2024).....	31
17. ábra: A különböző kezelések átlag akusztikus keménységeinek ábrázolása (forrás: saját, 2024a).....	33
18. ábra: 5 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége	34
19. ábra: 10 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége	35
20. ábra: 15 percig tartó "MB-UH" kezelt minták átlag akusztikus keménysége	36
21. ábra: A „GAS-kezelt és a KONTROLL” minták átlag akusztikus keménysége.....	37

9. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet konzulenseimnek, Dr. Zsom Tamásnak és Horváth-Mezőfi Zsuzsannának. Az ő segítségük, támogatásuk és iránymutatásuk nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre. Továbbá a kutatáshoz szükséges minták biztosításáért köszönetet érdemel Tomoga Péter (Budapest), aki önzetlenül segítette a munkámat.

Köszönetet mondok mindazoknak, akik bármilyen formában hozzájárultak a szakdolgozatom elkészítéséhez, akár szakmai támogatásban, inspirációban, vagy bátorításban. Ezek nagyban hozzájárultak a szakdolgozatom sikeres véghezviteléhez.

Mindenkinek hálás vagyok a közreműködésért és támogatásért!

Rabatin Jácint Péter szakdolgozat

10. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Rabatin Jácint Péter
A Hallgató Neptun kódja:	FR1VAJ
A dolgozat címe:	Étkezési paradicsom postharvest érésgátló kezelésének értékelése
A megjelenés éve:	2024
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszék Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlanul állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: Budapest, 2024. év október hó 31. nap

Rabatin Jácint Péter

Rabatin Jácint Péter

Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Rabatin Jácint Péter (hallgató Neptun azonosítója: FR1VAJ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2024. év október hó 31. nap

Dr. Zsom Tamás egyetemi docens
belső konzulens

Horváth-Mezőfi Zsuzsanna kutatási munkatárs
belső konzulens

