



Élelmiszertudományi Kar

Doktori értekezés

**AZ ÉTKEZÉSI PAPRIKA MINŐSÉGVÁLTOZÁSA
A SZEDÉS UTÁNI IDŐSZAK ALATT**

**Készítette:
Zsom Tamás**

**Konzulens:
Dr. Balla Csaba egyetemi docens**

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem
Élelmiszertudományi Karának
Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén**

Budapest, 2007

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola


tudományága: Élelmiszertudományok


vezetője: Dr. Fodor Péter,
egyetemi tanár, DSc
Alkalmazott Kémia Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

Témavezető: Dr. Balla Csaba
egyetemi docens, PhD
Hűtő- és Állatitermék Technológia Tanszék
Élelmiszertudományi Kar
Budapesti Corvinus Egyetem

A doktori iskola- és a témavezető jóváhagyó aláírása:

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, a műhelyvita során elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés védési eljárásra bocsátható.


.....
Az iskolavezető jóváhagyása


.....
A témavezető jóváhagyása

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanács 2007. október 2-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke

Fekete András, DSc

Tagjai

Badakné Kerti Katalin, PhD

Dimény Judit, CSc

Halász Anna, DSc

Hoschke Ágoston, CSc

Opponensek

Kovács Etelka, DSc

Terbe István, CSc

Titkár

Badakné Kerti Katalin, PhD

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
1.1. CÉLKITŰZÉS.....	3
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1. A TÉMA JELENTŐSÉGE, AKTUALITÁSA.....	5
2.2. AZ ÉTKEZÉSI PAPRIKA (<i>CAPSICUM ANNUUM L.</i>).....	6
2.2.1. Biológiai jellemzők.....	6
2.2.2. A szedést követő minőségváltozás.....	8
2.2.3. A paprika táplálkozás-élettani jelentősége.....	12
2.3. A PAPRIKA TÖRTÉNETE, MAGYARORSZÁG ÉS A PAPRIKA KAPCSOLATA.....	13
2.3.1. Termesztett fajták és a vonatkozó minőségi előírások.....	13
2.3.2. Az étkezési paprika értékesítésének jellegzetességei.....	15
2.4. A KERTÉSZETI TERMÉKEK MINŐSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSÁRA ALKALMAS MÓDSZEREK.....	15
2.4.1. A felületi szín mérése.....	16
2.4.2. Az állomány vizsgálatára alkalmas módszerek.....	17
2.4.2.1. Nyomó- és nyírófeszültségmérésen alapuló állományvizsgálati módszerek.....	17
2.4.2.2. Dinamikus keménységmérési módszerek: az akusztikus állományvizsgálat és az impakt ütővizsgálati keménységmérés.....	18
2.4.3. Membránpermeabilitás-változás és az ionkiáramlás.....	24
2.4.4. Transpirációs jellemzők meghatározása infravörös felületi hőmérsékletmérés alapján.....	24
2.4.5. A növények vízállapot-jellemzőinek meghatározása.....	29
2.4.6. Növényi szövetek által kibocsátott klorofil-fluoreszcencia mérése.....	33
3. ANYAG ÉS MÓDSZER:	39
3.1. NYERSANYAGOK.....	39
3.2. KEZELÉSEK.....	40
3.3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK.....	41
3.3.1. A paprika hidegkárosodásának és eltarthatóságának vizsgálata.....	42
3.3.2. Minőségváltozás és eltarthatósági idő a paprika fogyasztói kiszérése mellett.....	42
3.3.3. A paprika állományváltozása.....	43
3.3.3.1. A roncsolásos, Magness-Taylor féle húskeménység-vizsgálat.....	43
3.3.3.2. Roncsolásmentes állományvizsgálatok. Az érettségi állapot és a csomagolás, valamint a hőmérséklet hatása az állományváltozásra.....	43
3.3.3.3. Ütővizsgálati keménységméréssel történő keménységvizsgálat.....	45
3.3.3.4. Az akusztikus módszerrel történő keménységvizsgálat.....	46
3.3.4. A vízállapot-jellemzők meghatározása.....	47
3.3.5. A paprikahús membránpermeabilitásának meghatározása.....	48
3.3.6. Étkezési paprika légzésintenzitásának meghatározása.....	48
3.3.6.1. Légzésintenzitás-mérés nyitott rendszerű "respirométerrel".....	49
3.3.6.2. Légzésintenzitás-mérés zárt rendszerű "respirométerrel".....	49
3.3.7. A színváltozással kapcsolatban végzett vizsgálatok.....	50
3.3.7.1. Az utószíneződés vizsgálata tristimulusos színméréssel.....	50
3.3.7.2. Klorofil-fluoreszcencia jellemzők meghatározása.....	51
3.3.7.3. Felületi színváltozás meghatározása digitális képkészítés és elemzés alapján.....	52
3.3.8. Transpirációs jellemzők meghatározása IR-termográfiával.....	53
3.3.9. Az étkezési paprikafajták szabályozott légterű tárolása.....	54
3.3.10. Egyéb vizsgálati módszerek.....	54
3.3.11. Alkalmazott statisztikai programok, statisztikai módszerek.....	55
4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK	57
4.1. A PAPRIKA SZEDÉST KÖVETŐ MINŐSÉGVÁLTOZÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA ÉS NYOMONKÖVETÉSE.....	57
4.1.1. A paprika hidegkárosodásának és eltarthatóságának vizsgálata.....	57
4.1.2. Minőségváltozás és eltarthatósági idő a paprika fogyasztói kiszérése mellett.....	62
4.2. A PAPRIKA ÁLLOMÁNYVÁLTOZÁSA.....	65
4.2.1. A roncsolásos, Magness-Taylor-féle húskeménység-vizsgálat eredményei.....	65
4.2.2. A roncsolásmentes állományvizsgálatok eredményei.....	66
4.2.2.1. Az érettségi állapot és a csomagolási mód hatása az állományváltozásra.....	66
4.2.2.2. A tárolási hőmérséklet hatására bekövetkező állományváltozások.....	68
4.2.2.3. Ütővizsgálati keménységmérés eredményei.....	69
4.2.2.4. Az akusztikus módszerrel történő keménységmeghatározás eredményei.....	71
4.2.3. A paprika tömegvesztése a szedést követő tárolás alatt.....	73
4.2.4. A vízállapot-jellemzők változása.....	77

4.2.5. A paprikahús membránpermeabilitásának változása.....	80
4.2.6. Étkezési paprika légzésintenzitásának meghatározása.....	85
4.2.6.1. "Nyitott rendszerű respirométerrel" végzett légzésintenzitás-mérések eredményei.....	86
4.2.6.2. Zárt rendszerű "respirométerrel" végzett légzésintenzitás-mérések eredményei.....	88
4.2.7. A paprika színváltozásával kapcsolatban végzett vizsgálatok eredményei.....	93
4.2.7.1. Az utószíneződés vizsgálata tristimulusos színméreessel.....	93
4.2.7.2. Klorofil-fluoreszcencia mérések eredményei.....	95
4.2.7.3. Felületi színváltozás meghatározása digitális képkészítés és elemzés alapján.....	100
4.2.8. Transpirációs jellemzők meghatározása IR-termográfival.....	102
4.2.9. Az étkezési paprikafajták szabályozott légtérű tárolása.....	106
5. TÉZISEK, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	111
6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	115
7. ÖSSZEFOGLALÁS	117
7.1. SUMMARY	120
8. MELLÉKLETEK	123
8.1. IRODALOMJEGYZÉK	123
8.2. MELLÉKLET.....	132
9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	139

1. BEVEZETÉS

Az egészséges, illetve az egészségmegőrző táplálkozás iránt mutatott növekvő igénnyel összefüggésben egyre jelentősebb szerep jut a friss zöldség- és gyümölcsfogyasztásnak. Fogyasztói és kereskedői oldalról egyre nagyobb igény mutatkozik a kiváló minőségű és hosszán eltartható termékek iránt. A minőség megőrzése, illetve az eltarthatósági idő meghosszabbítása egyre fontosabb kérdés. A szedést követően a rosszul megválasztott tárolási körülmények a zöldségek és a gyümölcsök gyors minőségromlásához és az eltarthatósági idejük csökkenéséhez vezetnek (Herppich et al., 1999a; Galindo et al., 2004).

A kertészeti termékek élő, bonyolult biológiai rendszerek. Életfolyamataik a szedést követően is folytatódnak, így folyamatos külső és belső átalakulásokon pld. állomány-, tömeg-, aroma- és ízváltozáson mennek keresztül a „fától a fogyasztóig” tartó út során. A változás mértékét, az adott termék eltarthatósági, pultontarthatósági idejét („shelf-life”) és minőségét jelentősen befolyásolják a belső tényezők (érettségi-fiziológiai állapot, fejlettségi fok, beltartalmi összetétel, stb.), valamint a külső tényezők (pld. hőmérséklet, páratartalom, légösszetétel, mikrobiológiai terheltség). A jellemzően ár- és minőségérzékeny piacon elsőrendű prioritással bír a fogyasztásra alkalmas állapot megőrzése.

A termék minőségét a külső (sérülésmentesség, megjelenés - szín, méret, alak) és belső (íz, illat, állomány, tömeg, beltartalmi összetétel, tápérték) jellemzőinek együttese határozza meg, azonban a minőség fogyasztói megítélését a fogyasztói elvárások, preferenciák, valamint a korábban szerzett tapasztalatok is befolyásolják (Abbott, 1999).

A minőség egy komplex, összetett, egy szóval, egy mondattal nehezen meghatározható, az idők során sokat változott tartalmú és jelentésű fogalom. Már a római idők óta ismert mondás a „de gustibus et coloribus non est disputandum”, avagy „színről és ízről ne vitatkozz”, azaz a minőség és az íz megítélése egyénileg változó, az adott egyénre jellemző. A termék által hordozott, egyéni elbírálás alá eső információ mindenki számára ugyanaz, de az információ, a minőség értelmezése, „helyes” megítélése egyénileg változó. A minőség általános fogalmának magába kell foglalnia a termékről hordozott általános információkat, valamint a termékjellemzők által az egyénre gyakorolt egyedi hatásokat (Tijskens, 2004).

A minőség Juran 1974-es megfogalmazásában a „használhatóság mértéke”. A minőség az egyén és a termék kölcsönhatásának eredménye, így nem csak a termékjellemzőktől („belbecs” és „külcsín”), hanem az egyéntől (életkor, kultúra, elvárások, stb.) és a termék felhasználási módjától is függ (Wills et al., 1998; Tijskens, 2004). Abbott (1999) szerint a minőség a termék kiválóságának mértékét, egy adott feladatnak, célnak pld. a fogyasztói elvárásoknak való megfelelés mértékét jelenti.

Az általános fogyasztói megítélés szerint a minőség mindig a pozitív, a jó, a kiváló tulajdonságok együttese, míg a valóságban a rossztól a jóig terjedő állapot. A szakirodalom és a közvélemény is keresi a minőség fogalmának pontos megfogalmazását.

„*Quality is, to meet the expectations of the consumers!*” (ismeretlen szerző), azaz a minőség a fogyasztói elvárások, igények kielégítése. „*Quality is, when the consumer comes back and not the product!*”, azaz a minőség az, amikor nem a termék, hanem a fogyasztó jön vissza!

Az objektív és szubjektív tényezők kölcsönhatásaként létrejövő minőség objektív meghatározására objektív módszerekre (előírások, szabványok, mérési módszerek) van szükség. A rendelkezésre álló minősítő módszerek nem univerzális minősítő módszerek, ezért egy új termék esetében az adott módszer alkalmazhatósága, az adott módszer objektivitása fontos szereppel bír.

Magyarországon és a világ számos országában a friss zöldségfogyasztásban jelentős szereppel bír a viszonylag gyors minőségvesztésre hajlamos étkezési paprika. Esetében a lehetőségekhez mérten a legkörülményesebben megválasztott szállítási, raktározási, értékesítési körülmények mellett sem kerülhető el teljesen a szedést követő időszak alatt a minőségváltozás.

Az étkezési paprika minősége és annak szedést követő változása ritkán szerepel kutatási célként. Ez főleg azzal magyarázható, hogy a kertészeti termékek többségével szemben, a paprika minősége a klasszikus minőségvizsgálati módszerekkel nehezen, illetve egyáltalán nem határozható meg. Ennek legfőbb oka a paprika „furcsa”, speciális szerkezeti felépítésében (üreges „felfújó bogyó”, változatos alak, forma, méret és szín), hidegérzékenységében, viszonylag gyors minőségvesztésre (apadás, fonnyadás, keménységváltozás) való érzékenységében kereshető. A paprika fogyasztásra alkalmas érettségi állapota sem határozható meg egyszerűen, mert a fogyasztói érettségi állapot fajtafüggő jellemző. Ez fajtánként, fajtacsoportonként akár más-más szint (pld. sárga vagy piros, vagy zöld), méretet, alakot, formát, stb. is jelenthet. A fogyasztók szempontjából prioritással, elsődleges szereppel bíró jellemzőnek, a paprikabogyó keménységének nehézkes meghatározása a paprikabogyó felépítéséből fakad.

Az előbbieken röviden vázoltak ismeretében felmerül a kérdés, hogy milyen módszerekkel minősíthető objektíven a paprika, mely módszerek lehetnek alkalmasak a paprika minőségének meghatározására.

A hazai és a külföldi piacokon betöltött gazdasági jelentősége miatt fontosnak tartom az étkezési paprika szedést követő időszak alatti viselkedésének, tárolási jellemzőinek megismerését, minőségének objektív módszerekkel történő meghatározását, valamint minőségváltozásának objektív nyomonkövetését.

1.1. Célkitűzés

A kísérletes munkám során az étkezési paprika a szedést követő időszak alatt bekövetkező minőségváltozásának vizsgálatát, az ehhez szükséges módszerek kiválasztását, valamint a meghatározott minőségjellemzőkkel a paprika minőségváltozásának objektív leírását tűztem ki célul. Ennek főbb lépései a következők voltak:

- * különböző paprikafajták az eltérő szedést követő tárolási körülményekkel szemben tanúsított viselkedésének vizsgálata, tekintettel az eltérő tárolási hőmérsékletekre, az általuk kiváltott fiziológiai elváltozásokra, az alacsony hőmérséklet okozta hidegkárosodás tüneteinek és a hidegkárosodási hőmérsékletküszöb meghatározására, valamint az eltarthatósági idő növelése érdekében a szedést követő időszak optimális körülményeinek meghatározására,
- * a paprika minőségét és a szedést követő minőségváltozását leíró, elsősorban roncsolásmentes objektív módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata,
- * a paprikabogyó keménységének, mint elsődleges minőségjellemzőnek számszerű, objektív meghatározása, a minőséget befolyásoló külső és belső tényezők (érettségi állapot, hőmérséklet, páratartalom, tömegveszteség, stb.) keménységre gyakorolt hatásának meghatározása, az objektív módszerekkel meghatározott keménységadatok alapján minőségi kategóriák felállítása,
- * az érettségi állapot meghatározására alkalmas módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata (membránpermeabilitás, színmérés, klorofil-fluoreszcencia),
- * a paprika szedést követő élettevékenységének vizsgálata légzésintenzitás alapján, tekintettel az azt befolyásoló tényezők (érettségi állapot, hőmérséklet, páratartalom, felületi sérülés, gázösszetétel, stb.) hatására,
- * a transpirációs tulajdonságok, illetve a transpiráció és a tömegveszteség közötti kapcsolat meghatározása,
- * a modern tárolási körülmények a paprika minőségére gyakorolt hatásának vizsgálata, tekintettel az eltarthatósági idő meghosszabbítására.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A téma jelentősége, aktualitása

Az étkezési paprika a zöldségfélék között meghatározó szereppel bír szerte a világon. Magyarország zöldségtermelésében, a belföldi fogyasztásban, illetve az exportértékesítésben is jelentős szerepet tölt be. A mennyiség mellett a minőség, a paprika friss állapotának, „frissességének” megőrzése ármeghatározó, az értékesíthetőséget döntően befolyásoló szempont. A friss fogyasztást jelentősen befolyásolja a paprika meleggövi eredetével és biológiai tulajdonságaival összefüggő, viszonylag rövid eltarthatósági ideje, gyors minőségvesztési hajlama.

A paprika minősége, a bogyó „frissességének” mértéke objektíven, számszerűen, a klasszikus vizsgálati módszerekkel nehezen meghatározható. Eltarthatósági ideje viszonylag rövid, mivel magas víztartalma, a zöldségfélék között különlegesen egyedi szerkezeti felépítése (vékony héjú, viszonylag vékony hússzövetű, üreges „felfújó bogyó”) miatt hajlamos a gyors minőségvesztésre. Ez elsősorban a „felfújó” bogyó fonnyadásában, felületének ráncosodásában, utószínesedésében, a fogyasztók által keresett és elvárt „piacos” jellegének elvesztésében nyilvánul meg.

A klasszikus vizsgálati módszerekkel számos, a kertészeti termékek minőségét jellemző paraméter határozható meg. Ilyen külső jellemző például a tömeg, a jellemző méret és alak, a hús- és héjszín (alap- és fedőszín), sérülések mértéke, mikrobiológiai állapot. A belső jellemzők a sűrűség, az érettségi állapot, sav-, cukor- és keményítőtartalom, valamint az ezekből képzett komplex jellemző a Streif-index, vízdoldható szárazanyag-tartalom; fehérje- és aminosav-tartalom; víz-, ásványianyag- és vitamintartalom, állomány, légzésintenzitás. A kertészeti termékek minőségét számos külső tényező pld. az időjárási és a klimatikus tényezők (páratartalom, hőmérséklet, napsugárzás- és csapadékmennyiség), a víz- és tápanyagellátottság, a szennyeződések mértéke, a növényvédelem, a termésszabályozás, a betakarítás módja és ideje befolyásolja. (Sass, 1986).

A gyümölcsök és zöldségek minőségének meghatározása az ún. szubjektív módszernél a termény valamely érzékelhető, látható, tapintható, ízlelhető tulajdonságának az egyén általi értékelésével, a korábban szerzett ismeretekkel és elvárásokkal történő összehasonlítással történik. Az objektív eljárás valamely jól definiálható, mérhető külső, illetve belső tulajdonság műszeres meghatározása. Ennek során jól reprodukálható, a korábbi mérésekkel összehasonlítható meghatározással történik a minőséget leíró, azzal összefüggésben álló jellemző megállapítása. Megfelelő számú szubjektív értékelés eredménye statisztikai értékelés útján objektívvé tehető, azaz a két csoport közelíthető egymáshoz.

A paprika esetében a minőség, a szedésre, illetve a friss fogyasztásra érett állapot megállapítása a termelői oldalon döntően tapasztalati, szubjektív értékelés útján történik. Az ültetéstől, virágzástól eltelt idő, a fajtára jellemző méret, az alak, a szín, illetve a héj viaszosságától

függő felületi fényesség, csillogás alapján, valamint a bogyó keménységének, fessességének tapintás útján történő vizsgálatával útján állapítja meg a termelő a minőséget, a szedésre érettséget. A szedést követően a paprikabogyó minősége, „frissessége” a fogyasztó asztalára kerülésig a paprikát érő hatásoknak, a környezeti körülményeknek „köszönhetően” csökken.

Az átlagos fogyasztó a minőséget szintén a látható külső jellemzők, azaz a méret, az alak és a szín, a személyes preferenciák és elvárások figyelembe vételével ítéli meg. A „végső döntést” a szubjektív „keménységvizsgálat”, azaz a bogyókeménység, mint „minőségjellemző” tapintás útján történő megállapítása után hozza meg. A kereskedelemben az étkezési paprika minőségének meghatározása 2004. május 1-től a korábbi, a Magyar Élelmiszerkönyv 1-4-1455/1999 előírásai helyébe lépő hatályos EU-szabályozás, az 1455/1999/EK rendelet előírásai alapján történik.

A nemzetközi irodalom kevésbé tárgyalt területe a paprika minőségének objektív meghatározása, valamint a szedést követő minőségmegőrzés, a minőségváltozás objektív vizsgálati módszerekkel történő vizsgálata és nyomonkövetése.

Az étkezési paprika minősége, „frissessége” speciális felépítése következtében, valamint a klasszikus minőségi paraméterek segítségével nehezen definiálható. Így minőségének objektív módon történő meghatározása nagy jelentőséggel bír a termelők, a fogyasztók, mind a kereskedelem számára. A kereskedelemben a mennyiségi átvétel mellett a minőségi átvételnek is meghatározónak kell lennie, ami az áru ellenértékének kifizetésének feltétele.

2.2. Az étkezési paprika (*Capsicum annuum L.*)

Az étkezési paprika a zöldségfélék között meghatározó szereppel bír szerte a világon. Magyarország zöldségtermelésében, a belföldi fogyasztásban, illetve az exportértékesítésben is jelentős szerepet tölt be. A mennyiség mellett a minőség, a paprika friss állapota, frissessége döntően befolyásolja az árat és az értékesíthetőséget.

2.2.1. Biológiai jellemzők

A friss fogyasztást jelentősen befolyásolja a paprika melegévi eredetével és biológiai tulajdonságaival összefüggő viszonylag rövid eltarthatósági ideje, gyors minőségvesztési hajlama.

A Közép-, és Dél-Amerikából származó paprika (*Capsicum annuum L.*) a burgonyafélék (*Solanaceae*) családjába, a *Capsicum* nemzetségbe tartozó, meleg-, napfény- és vízigényes zárvatermő növény. A mediterrán és a kontinentális éghajlati körülmények között egy, a trópusokon többéves, lágyszárú, illetve fásodó szárú félcserjék. A virág- és a növényfelépítése alapján a paprika a burgonyafélék - a dohány, a paradicsom és a tojásgyümölcs - közé sorolható. A *Capsicum annuum* nemzetségbe 20-30, többségében vad, csípős paprikafaj tartozik. Külön-külön is nagy jelentőséggel bíró fajtacsoport az étkezési,- és a fűszerpaprika, amelyek változatos alakban, formában, színben és méretváltozatban léteznek.

A termések felfújtt bogyók, üreges belső résszel. A bogyó alakja, megjelenési formája lehet gömb, lapított gömb, felfújtt hasábszerű, hegyes, ill. begyűrt végű, tömzsi, illetve vékony (kosszarv, spirál alakú). Változatos a bogyószín is: zöld, piros, sárga, narancssárga, sárgásfehér, stb., valamint az érési színátmenet lehet zöld-piros, zöld-sárga stb. A bogyók méretvariációja is sokféle, lehet egészen apró 1 cm, de akár 25 cm is (1.ábra).



1. ábra. A paprika jellegzetes méret-, alak- és színváltozatai, illetve speciális felépítése.

A „postharvest” kifejezés nem magyarosítható könnyen. A kertészeti termékek minőségének a fogyasztásig, a felhasználásig tartó megőrzésével és a romlási folyamatok megakadályozásával foglalkozó tudományterületet jelenti. A szedést, a betakarítást követő időszak alatt alkalmazott kezelések elsődleges célja az eltarthatósági idő növelése, a szedéskori minőség megőrzése.

A paprika szedést követő viselkedését nagymértékben befolyásolja melegévi eredete. Mivel a növény meleg-, víz- és fényigényes, a termése is érzékeny az alacsony tárolási hőmérsékletre. A szedést követően a paprika utóérő, az ún. klimakterikus maximummal nem rendelkező kertészeti termékek közé tartozik (Almási et al., 1977), azaz szedés után a légzésintenzitás közel azonos mértékű, lassan csökkenve változik, az érés jelenségét nem kíséri nagyfokú légzésintenzitás-változás. Ilyen termékek pld. a citrusfélék, a cseresznye, a szőlő, az uborka, a szeder, a málna, stb. Utóérési folyamatát szüretkori érettségi állapota és a tárolási körülmények határozzák meg.

Az étkezési paprika természetes érési folyamata során -fajtánként eltérő jellegzetességet mutató- színváltozáson megy keresztül. A fajtára jellemző alapszín (pld. sárga, zöld) változik meg pld. pirosra, sárgára. Már a *szedésre*, illetve a *fogyasztásra érett állapot* megállapítása is fajtafüggő, a termelők is döntően tapasztalati úton határozzák meg. A sárga-piros átmenettel érő paprikafajták pld. a Hó és a HRF esetében a szedésre érett állapot megegyezik a fogyasztásra érett állapottal, míg a pld. a zöld-piros színátmenettel érő Kárpia fajta esetében a fogyasztásra érett állapot, a piros

hússzín elérése megegyezik a *biológiai érettséggel*. Ekkor a bogyóban lévő magok már reprodukcióra képesek. A kaliforniai típusú, zöld-piros, illetve zöld-sárga színváltozással érő fajták bogyói fogyasztásra érettek zöld, illetve a piros és a sárga szín elérésekor is.

2.2.2. A szedést követő minőségváltozás

Rosszul megválasztott tárolási körülmények (hőmérséklet, páratartalom, gázösszetétel, stb.) mellett a paprika gyors minőségvesztésre hajlamos, amely a következőképpen jelentkezhet:

- a) **vízveszteség** - apadás, s az ezzel kapcsolatos változások pld. fonnyadás, puhulásként jelentkező állományváltozás, víztartalom csökkenése, a szövetek vízállapotának változása a párologtatás, a transpiráció következtében,
- b) a kritikus tárolási hőmérséklet alatt az étkezési paprika esetében is jelentkezhet a fiziológiai károsodásként fellépő, a tárolási rendellenességek közé sorolható **hidegkárosodás**,
- c) **mikrobiológiai eredetű elváltozások** - az előző változások mellett, illetve következményeként kialakuló, elsősorban penészgombafajok okozta károsodások,
- d) **érzékszervi változások** - összefüggésben az előző változásokkal, elsősorban a színre, ízre, aroma- és illatanyagokra vonatkozóan.

a) A vízveszteség és az általa okozott változások

A zöldségnövények nedvességtartalma általában igen magas, az étkezési paprikáé 90 % körüli. Ebből kifolyólag igen érzékenyek a víztartalom, és azzal összefüggésben a szövetek vízállapotának változására. Kertészeti termékeknél a tömegvesztés nem csak a vízveszteség, hanem még az egyéb biológiai folyamatok pld. légzés következtében bekövetkező tömegvesztés is okozza.

A munkám során tapasztalt tömegvesztés nagyrészt vízvesztésnek tekinthető. Így a későbbiekben szereplő tömegvesztésen elsősorban a vízvesztést értem.

A tömegvesztés időbeli lefutása lineáris jellegű változást (Wills et al., 1998) mutat a fonnyadási tünetek megjelenéséig, és összefüggésben áll a termék felülete és környezete közötti vízgőznyomás-különbséggel. Ennek mértéke meghatározza a friss termékből a felületen keresztül elpárolgó víz mennyiségét. Az egységnyi termékfelületen (A) időegységre eső (τ) tömegvesztés (ΔS) az alábbiakban írható le általános formában [1]:

$$\Delta S = \beta \cdot A \cdot \Delta p_g \cdot \tau \quad \Delta p = p_e - p_l \quad p_l = \varphi \cdot p_{gt}, \quad [1]$$

ahol a p_g a vízgőznyomás, é az élelmiszer felületén, p_l pedig a levegőben, β a párolgási tényező, φ pedig a levegő nedvességtartalma.

A tömegvesztés függ a vízgőznyomás-differenciától, a hőmérséklettől és páratartalomtól, a transpirációs koefficiens-től (elpárologtatási sebességtől), a légzésintenzitás mértékétől, a külső hőterhelés mértékétől, a légmozgás intenzitásától, a felület-tömeg arányától és a genetikai

tulajdonságoktól. A tömegveszteség hatással van a termés fizikai, fiziológiai és mikrobiológiai állapotára, valamint döntően befolyásolja a piaci értékvesztés mértékét.

A hőmérséklet, a páratartalom és a vízgőznyomás-különbség is részt vesz a fiziológiai romlási folyamatok szabályozásában. A hűtés a romlékony termények öregedésének egyik legfőbb késleltető módszere. A páratartalom is döntő szereppel bír, mivel a betakarított termés nem rendelkezik a későbbiekben a légzés és a párologtatás során elvesztett vízmennyiséget pótló forrással.

A vízgőznyomás-differencia csökkentésével csökkenthető a transpirációból, a párologtatásból fakadó tömegveszteség mértéke, amit a relatív páratartalom döntően (Wills et al., 1998; Paull, 1999) befolyásol. A tömegveszteség, a „frissesség” és a keménység, a víztartalom, a vízgőznyomás-különbség között szoros összefüggés áll fenn.

Böttcher (1996) szerint a tömegveszteség mértéke étkezési paprikafajtáknál csökkenthető a környező légtér páratartalmának növelésével, illetve a hőmérséklet csökkentésével (min. 7-10 °C), valamint a légmozgás csökkentésével. A pultontartás során tapasztalható tömegveszteséghez képest a 10 °C körüli hőmérsékleten történő tárolással kb. felére csökkenthető a tömegveszteség. Ez azonban még a bogyó puhulását, fonnyadását nem akadályozza meg. A bekövetkező vízveszteséggel szoros összefüggésben, a paprikabogyó tapintás útján érzékelhető feszes állapotának megváltozása először a bogyó fonnyadásaként jelentkezik. A további vízveszteség következtében a bogyó felületén megjelennek a szabad szemmel is látható ráncok és a bogyó tapintásra is puhává válik. Tárolás során a közel 4 %-os tömegveszteség fonnyadást, míg a 6 % feletti pedig már a bogyófelület ráncosodását okozza. A környező légtér páratartalmának a telített állapot közelébe történő emelésére alkalmazható a csomagolóanyagok használata. Ezzel a megoldással csökkenthető a termék és környezet közötti vízgőznyomás-differencia, és így a tömegveszteség akár 90 %-kal is csökkenthető. A paprikát igen gyakran erősen perforált fóliatasakokba csomagolva tárolják, vagy viaszbevonattal látják el.

b) A hidegkárosodás

Számos zöldség- és gyümölcsfajta, különösen a trópusi, szubtrópusi eredetűek érzékenyek a hidegkárosodásként ismert, az alacsony, de nem fagyási hőmérséklet okozta károsodásra, tárolási rendellenességre. A hideg okozta károsodás („chilling injury”) a növényi szövet fiziológiai károsodása, ami a növényi rész a kritikus hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten történő tárolása esetén következik be.

A hidegkárosodás hőmérséklete a kritikus hőmérséklet alatti bármely hőmérséklet lehet. A megjelenést és a jellemző tünetek mértékét befolyásolja a kritikus és a tárolási hőmérséklet közötti különbség, a tartózkodási idő; a hatás folyamatossága-megszakítottsága; a növényi rész fiziológiai-, fejlettségi-, érettségi állapota; a növény relatív érzékenysége a hidegkárosodásra, valamint a

hideghatást követő környezeti hőmérséklet. A hidegkárosodás ritkább esetben reverzibilis lehet, általában azonban a hidegkárosodás mértékétől függően irreverzibilis.

A könnyen romló termények esetében a lebontó folyamatok sebességét csökkentő hűtés módszere alkalmas az eltarthatósági idő növelésére és a minőség fenntartására. A hidegkárosodás komoly problémát jelent a szedést, a betakarítást követő időszakban.

A hidegérzékeny növényeknél, köztük az étkezési paprikánál is, a hidegkárosodás általában az alább felsorolt, nem könnyen mérhető, illetve vizuálisan nehezebben azonosítható tünetek formájában jelentkezhet. Az adott terménytől függően bekövetkezhet az is, hogy a hűtőtárolási hőmérsékleten nem, hanem csak a hűtőtérből történő eltávolítás után, szobahőmérsékleten jelennek meg a hidegkárosodásra utaló tünetek (Weichmann, 1987; Wang, 1990):

- szövet-, illetve sejtszinten bekövetkező elváltozások (membránszerkezeti –és összetételi változások, sejtplazmolízis, protoplazmás anyagáram megszűnése, megnövekedett anyag- és ionkiáramlás, sejtmembránok fokozott áteresztőképessége),
- normálistól eltérő érésmenet, akár az érési folyamat elmaradása a megfelelő külső körülmények ellenére, összetételbeli változások, különösképpen az illat-, és aromaanyagok terén (idegen illat- és ízanyagok),
- megnövekedett vízveszteség, tömegveszteség,
- szabálytalan, illetve kör alakú felületi, foltok, illetve kiterjedt bemélyedések (idővel a másodlagos mikrobiológiai romlást elősegítő fehér színű sejtfoládék-szivárgással),
- a normálistól eltérő, megnövekedett légzésintenzitás (CO₂-termelés),
- fokozott érzékenység a romlást okozó betegségekre,
- felületi, illetve belső szöveti elszíneződések, húsbarnulás, szövetszerkezet összeomlása, majd másodlagos mikrobiológiai romlás,
- felgyorsult öregedési folyamat, de normális külső megjelenéssel,
- rövidebb eltarthatósági idő.

A paprika hidegkárosodási körülményei

Melegégövi eredetének köszönhetően a paprika fajtánként eltérő mértékben érzékeny a kritikus tárolási hőmérsékletek alatt kialakuló hidegkárosodásra, valamint eltarthatósági ideje rövid időszakokra korlátozódik. Wang (1977) szerint az amerikai típusú fajták átlagos eltarthatósági ideje 14-21 nap az optimális tárolási hőmérséklet, 7-13 °C mellett. A hidegkárosodás tünetei paprika esetében általában 7 °C alatt jelentkeznek. A károsodás első látható jelei a felületi bemélyedések megjelenése a héjon. Tényleges kifejlődésük viszont magasabb hőmérsékletű polcontartás, értékesítés során tapasztalható (Wang és Baker, 1979; Miller és Risse, 1986). Weichmann (1987) szerint a látható tünetek már 3-4 napos, 7,5 °C-os tárolás után kialakulnak a magház körüli területeken.

A kitárolás okozta hőmérsékletemelkedés következtében először a kocsány körüli szöveteknél jelentkezik a puhulás. Fajta- és érettségi állapotfüggő mértékben, a bogyó belsejében teljes szöveti szerkezet összeesése is bekövetkezik. A fogyasztásra érett, piros termésekkel szemben a zöld színű fogyasztói érettségi állapotban szedett bogyók érzékenyek a 6 °C alatti hőmérsékletre. Főleg a kocsány körüli területen, a bogyók felületén alakul ki a fokozott vízvesztéssel, felületi foltokkal és elszínesedéssel jelentkező hidegkárosodási tünetegyüttes. 0 és 2 °C között az elváltozások néhány nap, míg 2-6 °C között 7-10 nap után jelentkeznek (Kozukue és Ogata, 1972; Lin et al., 1993; Meir et al., 1995; Böttcher, 1996). A kaliforniai típusú paprika fogyasztói érettségű zöld, illetve piros bogyói esetében egyik érettségi fok egyedeinél sem alakultak ki a hidegkárosodási tünetek 13°C-on egy- vagy kéthetes tárolás mellett. A piros színű bogyók még 1 °C-on sem mutatták a jellegzetes tüneteket ugyanennyi idő alatt még az egyhetes, szobahőmérsékletű utótárolás során sem. Ezzel szemben a zöld terméseknél a felületi bemélyedés tünete közel három nap után jelentkezett. Az érzékenység függ az érettségi állapottól, s így a piros színnel fogyasztói érettségű bogyók sokkal alacsonyabb hőmérsékleten kezelhetők, mint ami a zöld színű paprikára irodalmilag ajánlott (Lin et al., 1993; Serrano et al., 1997).

Az előbbieken röviden ismertetett irodalmi adatok alapján megállapítható, hogy a nemzetközi irodalomban étkezési paprikaként szerepeltetett kaliforniai típusú paprikafajták hidegkárosodásának mértéke döntően fajta- és érettségiállapot-függő. Ezért célszerűnek tartottam a Magyarországon jelentősebb piaci szereppel bíró, a kaliforniai típusú paprikáktól jelentősen különböző magyar étkezési paprika tárolási körülményei és hidegkárosodása közötti kapcsolat meghatározását.

c) Mikrobiológiai elváltozások

A tárolás során fellépő, s az előbb röviden ismertetett tényezők mellett, illetve azok következményeként a következőkben felsorolásra kerülő mikrobiológiai elváltozások étkezési paprika esetében megjelenhetnek elsődleges elváltozásként is. A hidegkárosodás miatt legyengült, sérült fiziológiai védelemmel rendelkező paprika azonban hajlamos az alábbi tünetekkel jelentkező másodlagos mikrobiológiai romlásra (Böttcher, 1996).

I. Alternáriás foltosodás (*Alternaria alternata*)

Folyamatosan növekvő és könnyen besüllyedő, kisméretű barnásfekete foltok, kerek, világos színű területtel övezve. Főleg mechanikailag vagy fiziológiailag sérült bogyók esetében fordul elő.

II. Szürkepenész (*Botrytis cinerea*)

A penész a kocsányvég elhalt részein, vagy a bogyó sérülésein keresztül hatolhat be, és végül kásás, pépes állományt alakít ki a bogyó belsejében. Egérszürke színű spóratartótokok láthatóak a kocsányon. A kialakulását a nem megfelelő tárolási körülmények segítik elő. A tünetek kialakulási

valószínűsége csökkenthető a tárolás előtt a kocsányvég, sima vágási felülettel történő rövidre vágásával.

III. Bakteriális eredetű lágyrothadás

Gyakran a kocsányon történő megjelenés után átterjed a kocsány felső és a bogyó belső részeire is. Rövid időn belül kásás, pépes állományt alakít ki, s a bogyó rövid idő alatt egy „vizenyős masszává” válik. Védekezés a szürkepenésznél leírtakhoz hasonlóan a kocsányvég rövidre vágásával lehetséges.

IV. Rhizopus-penészesedés (*Rhizopus stolonifer*)

A szürkepenészhez hasonló megjelenési tünetekkel jelentkezik: a bogyó megpuhul, de az érintett területek itt valamivel nagyobbak, kevésbé mélyek, és a későbbiekben pedig a felületen egy laza penészréteg is kialakul, elsősorban 10 °C feletti tárolási hőmérsékleten.

V. Cladosporium-penészesedés (*Cladosporium herbarum*)

A bogyók héján kisméretű, besüllyedt, sötétbarna közepű foltok és világosabb színű területek alakulnak ki, elsősorban hosszabb idejű tárolást követően jelennek meg.

VI. Fusarium-penészesedés (*Fusarium spp.*)

Elsősorban a piros húsú bogyók esetében a kocsányvégen alakul ki, ami a későbbiekben a koncentrikus gyűrűk közepén jelentkező, piros színű spóratelepekről ismerhető fel.

2.2.3. A paprika táplálkozás-élettani jelentősége

A paprika táplálkozás-élettanilag igen jelentős, igazi „vitaminbomba”. „A magyar nép kedvező egészségi helyzetének egyik fő oka a nagy paprikafogyasztás, amely az egyoldalú táplálkozás (kenyér és szalonna) hátrányait kiküszöböli” írta Szent-Györgyi Albert, aki a paprikából kivonva fedezte fel a C-vitamint (Balázs, 1989; Zatykó, 1993). A paprika kedvező élettani hatását a magas C-, P-, B- és A-vitamintartalma, szénhidrát-, fehérje- és ásványianyag-tartalma adja. A C-vitamintartalom az érettségi állapot és a fajta függvényében 150-250 mg / 100 g között mozog (Zatykó, 1993). Böttcher (1996) szerint a C-vitamintartalom a zöld paprikában 100-150 mg%, a vörösben 175-300 mg%, míg a paradicsompaprikában akár 270-400 mg% is lehet. Összehasonlításként: a citrom csak 34 mg / 100g C-vitamint tartalmaz, és egy felnőtt átlagos napi C-vitamin szükséglete 20 mg! A zöldségnövények között viszonylag alacsony energia- (100 g / 84 kJ) és szénhidrát-tartalommal (3 g / 100 g) rendelkezik, míg nyersrost-tartalma (0,9 g / 100 g) a középmezőnyben foglal helyet (Stefanovits-Bányai et al., 2005).

A jelenlegi vásárlói szokások szerint a paprika beltartalmi jellemzői a vásárlók motiválásában jelentéktelen szerepet játszanak. Az elfogyasztott mennyiséget a külső minőségi mutatók (szín, alak, húsvastagság, méret), a sajátos ízanyagok, a speciális étrendi szokások határozzák meg.

2.3. A paprika története, Magyarország és a paprika kapcsolata

Kultúrnövényként a paprikát kb. már háromezer éve ismerik. Kezdetben csak dísnövény, később fűszernövény volt, ma pedig mind étkezési-, mind fűszerpaprikaként jelentős szerepet tölt be. A paprika különleges magyar specialitásának és a magyar konyhában fűszernövényként (paprikaőrlemény) betöltött szerepének kialakulásához alig egy évszázadra volt csak szükség. A paprikát az Újvilág felfedezése után, 1494-ben Kolumbusz Kristóf hajóján Diego Chanca hajóorvos hozta be Európába. Az első adat a XVI. sz. közepéről maradt fenn, amely szerint az első paprikát Zrínyi Miklós nevelőanyja, Széchy Margit szerezte be gyűjteményeskertjébe (Somos, 1981, 1983; Balázs, 1989; Zatykó, 1993). A magyar irodalomban elsőként Szenczi Molnár Albert említette a paprikát, mint „török borsot” (Angeli, 1968). Az étkezési paprika rendszeres magyarországi termesztésig két-három évszázad telt el. Az első nagy bogycsú, vastag héjú, paradicsomalakú és kosszarvú étkezési paprikatípusokat a török megszállás elől Magyarországra menekült bolgár kertészek hozták be és terjesztették el a XIX. századtól kezdve (Somos, 1981, 1983; Balázs, 1989; Zatykó, 1993).

A paprika változatos formájának, ízének, színének, sokrétű fogyasztási-, és felhasználási módjának, jelentős táplálkozási és gyógyászati értékének felismerését követően vált elterjedté, kedvelté az egész világon mind fűszernövényként, ipari alapanyagként, mind pedig friss fogyasztásra szánt zöldségként. A fajtaválaszték a fogyasztói és feldolgozó igényeknek megfelelően folyamatosan új fajtákkal bővül.

2.3.1. Termesztett fajták és a vonatkozó minőségi előírások

Világszerte nagy mennyiségben termelik az édes, a csípős és a fűszerpaprika-fajtákat. Az étkezési fajták közül külföldön - az eltérő fogyasztási szokások, fogyasztói preferenciák miatt - elsősorban a nagytestű, ún. kaliforniai típusú, színes hújú fajtákat kedvelik. A Kárpát-medence országaiban azonban az eltérő ízlésvilág, a fogyasztói kultúra miatt a fehérhúsú, ún. töltenivaló (TV) étkezési paprikafajták a kedveltebbek, de a kaliforniai típusú fajták is egyre keresettebbé válnak.

Termesztett fajták főbb csoportjai:

I., Friss állapotban fogyasztható étkezési paprikák:

- a) töltenivaló (TV): édes és csípős (fehér, világoszöld, sötétzöld),
- b) paradicsomalakú: édes (sötétzöld, piros),
- c) hegyes: édes és csípős (világos-, sötétzöld),
- d) alma: édes és csípős (fehér)
- e) amerikai típusok (blocky- és lamuyo-típus, sötétzöld, piros, sárga)

II., Fűszerpaprikák (folytonnövő, féldeterminált és determinált növekedésű, csípős és édes)

A friss fogyasztást tekintve Magyarországon az étkezési paprikafajták közül a legjelentősebbek a fehér húsú, édes paprikafajták. Ezek általában jó terméshozamú, darabos bogyókat nevelő, folytonos növekedésű, de eltérő bogyóméretű és polcontarthatóságú fajták. A legtöbb Magyarországon jelenlévő vetőmag-előállító és -forgalmazó cég kínálatában megtalálhatóak ezek a fajtatípusok. Egyre inkább bevonják a termelésbe a szögletes alakú, tompa végű az ún. blocky-típusú, de már fehér húsú, a magyar ízvilágot is tükröző fajtákat is. Ezek alakban és méretben is közel állnak a nyugaton kedvelt amerikai típusú fajtákhoz, magukban hordozva a kiváló magyar ízt és beltartalmat.

Az Európai Közösségek Bizottsága 1455/1999/EK rendeletével (31999R1455) egységesen szabályozott, az étkezési paprikára vonatkozó minőségi előírásai a következők.

I. A termék meghatározása:

A friss állapotban forgalomba kerülő, fogyasztásra szánt édes (nem csípős) paprika (*Capsicum annuum L. var. annuum*) különböző fajtái.

II. Minőségi előírások

A) Minimumkövetelmények:

- ép, egész, **friss megjelenésű**, egészséges, nem lehet romlóhibás, vagy más minőségcsökkenés miatt fogyasztásra alkalmatlan,
- tiszta, gyakorlatilag mentes minden látható idegen anyagtól, kártevőktől,
- kocsánnyal rendelkező, teljesen kifejlett, nyílt sérülésektől, fagykárosodástól, napperzseléstől, kártevők okozta károsodástól mentes,
- a nem természetes felületi nedvességtől, minden idegen szagtól és/vagy idegen íztől mentes,
- a szállítást és az árukezelést kibíró fejlettségi állapotú.

B) Osztályozás:

- a) *I. osztály*: jó minőségű, **kemény**, a **fajtának megfelelő alakú, színű és fejlettségi szintű**, összhangban az érettségi fokkal, gyakorlatilag foltoktól mentes. A kocsány lehet enyhén sérült, vagy levágott, de a csészeleveleknek épeknek kell lenniük.
- b) *II. osztály*: az I. osztály követelményeit nem kielégítő, de a minimumkövetelményeknek megfelelő termékek.

III. Méretelőírások:

A paprika méretét a vállátmérő alapján kell meghatározni. Paradicsomalakú paprikánál ez a legszélesebb átmérő. A paprika átmérője minimum: a) hosszú, hegyes paprika: 30 mm, b) szögletes, tompa, valamint szögletes kúpos (ék alakú) paprika: 40 mm, c) lapos, pld. paradicsompaprika formájúaknál: 55 mm.

Az előbbieken röviden ismertetett minőségi előírások között is számos nehezen meghatározható, nehezen mérhető, szubjektív minőségi paraméter található, pld. fejlettségi szint,

szín, érettségi fok, keménység. Így a paprika minőségének meghatározása érdekében a paprika minőségi paramétereit objektíven leíró módszerekre van szükség.

2.3.2. Az étkezési paprika értékesítésének jellegzetességei

A „hungaricumok” közé tartozó étkezési paprika a fajtanemesítésnek és a termesztési formáknak köszönhetően egész évben kapható. A korai és az őszi hajtás révén friss állapotban folyamatosan jelen van a kereskedelemben, azonban az elfogyasztott mennyiségben jelentős eltérések tapasztalhatóak az év folyamán. Az évente megtermelt mennyiségre nagy hatást gyakorol az uralkodó időjárás. A hajtott fajtáknál a tavaszi hidegek, míg a szabadföldi termelésnél a nyári szárazság, illetve a túlzott csapadékmennyiség befolyásolja a mennyiséget, minőséget és az árakat. A magyarországi paprikatermelést már hosszú ideje jellemzi az átlagosan a 200.000 tonna körüli éves termésmennyiség, ami a '90-es évek óta folyamatosan csökkenő területen, de fokozatosan javuló eredménnyel történik (Mártonffy és Fodor, 1998, 1999; Szentpéteri, 1999; Szentpéteri és Búzás, 1999).

Az étkezési paprika az ország zöldségexportjában évek óta jelentős szerepet tölt be. Magyarország legfőbb exportpiacai az EU és a környező országok piacai. Az EU-ban és már Magyarországon is a zöldségfélék piaci forgalmának mintegy 65-70 százalékát a nagy élelmiszerláncok értékesítése (Tesco, Auchan, Metro, Penny, Spar, stb.) adja. Nagy felvevőpiacként jelentős mennyiségű árut vesznek át egyszerre, megkövetelve a pontos szállítási ütemezést, az egyöntetű minőséget.

2.4. A kertészeti termékek minőségének meghatározására alkalmas módszerek

A kertészeti termékek minőségének szedéskori, szedést követő, a kereskedelemben történő átvételkori, illetve tárolás alatti meghatározására roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálati módszereket használnak. A gyakorlat a gyors, roncsolásmentes és objektív eredményt adó módszereket részesíti előnyben. Ezek a módszerek azonban még nem használhatóak általánosan, nem univerzálisak. Így minden új termék, termékcsoporthoz esetében szükséges ezen módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata, igény szerinti módosítása.

Néhány, a zöldségek és gyümölcsök esetében a minőség meghatározására alkalmazható roncsolásos, illetve roncsolásmentes vizsgálati módszer közül:

- a külső termékjellemzők (szín, méret- és alak), illetve sérülés- és romlóhiba mentesség meghatározása,
- beltartalmi jellemzők (cukor-, keményítő-, szárazanyagtartalom, stb.) meghatározása,
- képfeldolgozási módszerek (digitális szín-, méret- és alakmeghatározás), képkalkuláció alacsony intenzitású röntgensugárzással, röntgentomográfia (CT), mágneses rezonancia (MRI), NIR, infravörös (IR) hőképelemzés, stb.
- állománymérés, azaz keménységmérés:

- klasszikus penetrációs Magness-Taylor módszer (húskeménységmérés),
- kompressziós elven működő, klasszikus roncsolásmentes módszer,
- akusztikus és az ütésvizsgálati (impakt) roncsolásmentes keménységmérés,
- szöveti membránrendszer áteresztő képességének mérése ionkiáramlással,
- klorofil-fluoreszcencia (fotoszintetikus elektrontranszport intenzitás), transpirációs jellemzők és a légzésintenzitás meghatározása a biológiai aktivitás jellemzésére,
- vízállapotjellemzők mérése,
- fényreflexiók és transzmissziós spektrofotometria, stb.

2.4.1. A felületi szín mérése

A termék, a termény optikai tulajdonságait elsősorban a szín jellemzi (Baranyai és Kókai, 2006). Az optikai jellemzők (szín, fényvisszaverő- és -áteresztő képesség) mérésén alapuló eljárások alkalmazhatóak a termény alakjának, méretének, színének, felületi érdességének, valamint a beltartalmi jellemzőinek becslésére, vagy objektív meghatározására pld. fényreflexiók és – transzmissziós módszerek, a színmérés és a képelemzés, valamint a NIR-módszer (Baranyai és Kókai, 2006). A kertészeti termékek színe sok esetben alap- és fedőszínre bontható, s ezek aránya változik a termény fejlődése, érése során, ami jelentősen befolyásolhatja a termék minőségének fogyasztói megítélését (pld. alma, körte, barack, banán, stb.).

A klasszikus tristimulusos színmérési módszer az additív színkeverés elvén alapul, azaz bármely szín előállítható három, adott hullámhosszú fény keverékeként. A színmérés során a Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (CIE) által 1931-ben elfogadott alapszíníngér-jellemzőket használják fel, ahol az összetevők a vörös (700 nm), zöld (546,1 nm) és kék (435,8 nm), azaz R, G és B, illetve X, Y és Z. Ezen rendszerek a kiegészítésével és továbbfejlesztésével hozták létre az emberi színérzékelés módját alapul vevő CIE 1976 CIELab színingerteret. A világossági tényező (L^*) megmutatja, hogy a mért felület a megvilágító fény hány százalékát veri vissza. Az a^* koordináta a zöld-piros színátmenetet ($-a^*$ - $+a^*$), míg a b^* a kék-sárga színátmenetet ($-b^*$ - $+b^*$) jelzi.

Ha az adott termény héjának, felületi színének változása összefüggésben áll az érettségi állapotával, akkor az RGB, XYZ, xyz, valamint a CIELab $L^*a^*b^*$ színingerterek mérésével, értékelésével jellemezhető a felületi szín, az érettségi állapot változása. Az értékelésben viszonylagos nehézséget okoz, hogy a tristimulusos kézi színmérő berendezések „mérőablakának” területe a termény teljes felületéhez képest kis méretű, így a teljes mintára vonatkoztatva nem jellemzi megbízhatóan az érési folyamatot. Az inhomogén felületi színesedést (színváltozás foltokban jelentkezik) mutató zöltségek és gyümölcsök esetében ez hátrányos (pld. alma, barack, paprika), ami a mérési pontok számának növelésével csökkenthető.

A számítástechnika, a digitális képkészítés és -feldolgozás fejlődésével a digitális felvételek alapján történő értékelési és képfeldolgozási módszer jelentősége is egyre nagyobb. Ennek alapja egy digitális kép készítése az adott terményről kamera, vagy fényképezőgép segítségével. A felvétel képpontjainak számítógépes értékelésével lehetséges a zöldségek-gyümölcsök méret, alak és szín szerinti osztályozása, a felületi szín alapján az érettségi állapot meghatározása, minőségi hibák azonosítása, stb. Az irodalomban több, folyamatos üzemű, szín, alak és méret, illetve keménység alapján működő válogató-osztályozó berendezésről érhető el információ.

2.4.2. Az állomány vizsgálatára alkalmas módszerek

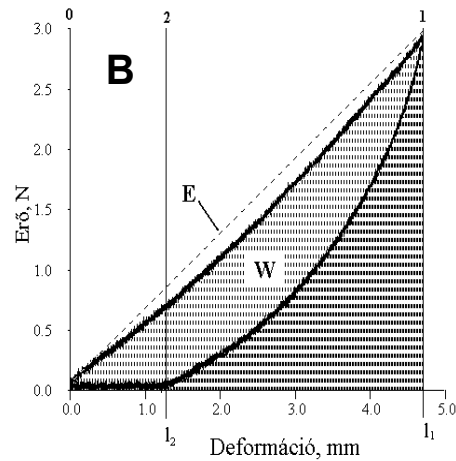
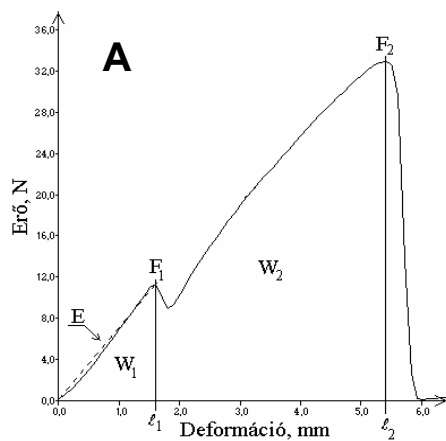
A zöldségek-gyümölcsök fizikai tulajdonságai szoros kapcsolatban állnak az állománnyal (Abbott, 1999). A kertészeti termékek általában viszko-elasztikus tulajdonságot mutató állománya, felületének és héjközeli szöveteinek, illetve húsának keménysége a „frissességről”, a minőségről, valamint ezek változásáról fontos és fizikai módszerekkel mérhető információt hordoz. Az állomány - a belső és külső tényezőktől függően – változik a szedést követően az érési, a légzési, a transpirációs és egyéb folyamatok következtében. A fogyasztó az állományt – leegyszerűsítve - szubjektív megítélése alapján többnyire a termény keménységével, a húskeménységgel azonosítja.

2.4.2.1. Nyomó- és nyírófeszültségmérésen alapuló állományvizsgálati módszerek

Az állomány meghatározására, mérésére - a jelenleg is folyamatos fejlesztőmunka mellett - több roncsolásos és roncsolásmentes módszert is kidolgoztak. A termény keménysége, állománya közvetlen és közvetett módon mérhető. A közvetlen módszer esetében a keménységgel szoros és közvetlen összefüggésben álló fizikai jellemzőt (pld. nyomó-, nyírófeszültség) mérnek. A közvetett módszer esetében a terményt érő valamely külső behatás (pld. vibráció, hanghatás) eredményeként fellépő reakciót mérjük (Borsa et al., 2002).

A nyomófeszültség-mérésen alapuló klasszikus állományvizsgálati módszer az ún. Magness-Taylor-féle penetrométeres keménységmérés. Gömbsüvegben végződő hengeres nyomófejet kézi, vagy gépi előtolással nyomnak a felületre merőlegesen a terménybe. A behatolás során a mért maximális erő (roncsolási feszültség) és a deformáció értéke alapján számítják a minta keménységét. A módszer terepen és laborban is egyszerűen kezelhető és kisméretű eszközzel, pld. a Magness-Taylor-féle kézipenetrométerrel végezhető (Borsa et al., 2002). A Magness-Taylor féle húskeménység-mérés asztali precíziós penetrométerekkel (pld. Instron, SMS, Zwick, stb.) is elvégezhető, melyek mérési pontossága és méréstartománya a kézi mérésnél nagyobb, a penetrációs sebesség szabályozható, a mért adatok megjelenítése és kiértékelése pedig szoftveresen elvégezhető.

Egy jellegzetes terhelőerő-deformáció jelleggörbe, valamint étkezési paprika roncsolásmentes állományvizsgálata során felvett jelleggörbe a 2. ábrán látható. A jelleggörbe kezdeti (a folyáshatárig terjedő) szakaszának meredeksége adja a rugalmassági modulust (E), [N/mm].



2. ábra. Az általános terhelőerő-deformáció jelleggörbe (A), valamint annak roncsolásmentes szakasza (B) étkezési paprika esetében SMS-precíziós asztali penetrométerrel mérve. Az általános jelleggörbe (A) két jellegzetes pontja a biológiai folyáshatár (F_1, N) és a roncsoláshatár (F_2, N).

Az kvázistatikus keménységmérésnél, pld. a Massey Twist Testernél a terménybe egy téglalap alakú késpengét nyomnak, amelynek hosszanti tengelye mentén mérik az elfordítás nyomatékigényét. A héjszilárdság mérésénél a felületre merőlegesen a héjra nyomott, állandó nyomóerő mellett elforgatott gumikorongos műszerrel mérik a héj roncsolódásához szükséges elfordítási nyomatékot (Borsa et al., 2002).

A kertészeti termékek betakarítás-, illetve szedéskori, valamint az azt követő időszak alatti minőségének jellemzésére egyre inkább a roncsolásmentes-, illetve a gyorsmódszerek kerülnek előtérbe.

A kompressziós, ún. kvázistatikus roncsolásmentes keménységmérésnél a precíziós, számítógép-vezérelt asztali penetrométereket (Instron, Stable Micro Systems, Zwick, stb.) használják a terhelőerő-deformáció jelleggörbe felvételére feladattól, terméktől függő mérőfejekkel (pld. hengeres, síklap) és mérési beállításokkal. A nyomóerőt közvetlenül mérik, a fellépő deformációt pedig közvetve mérik, illetve számítják. Ezen adatok értékelésével határozhatóak meg a minta állományában bekövetkező változások. A gyorsmódszerek közül az MGA-1091 elektronikus penetrométerrel a deformációt (penetrációs mélységet) egy ismert, vagy megengedett értékre beállítva mérik az ahhoz tartozó erő értékét (Borsa et al., 2002).

A roncsolásmentes gyorsmódszerek elterjedésével a roncsolásos, mint pld. a Magness-Taylor keménységmérés postharvest területen egyre inkább az akusztikus és az ütésvizsgálati módszerek referenciájaként szolgál (pld. Schotte et al., 1999; De Belie et al., 2000; De Ketelaere és De Baerdemaeker, 2001; Diezma-Iglesias et al., 2004; De Ketelaere et al., 2006).

2.4.2.2. Dinamikus keménységmérési módszerek: az akusztikus állományvizsgálat és az impakt ütésvizsgálati keménységmérés

A kertészeti termékek állományának, keménységének gyors, roncsolásmentes és objektív meghatározására iránti egyre nagyobb igény, valamint a számítástechnika rohamos fejlődése

elősegítette a dinamikus állományvizsgálati módszerek fejlődését és elterjedését. E módszerek közé tartozik az akusztikus és az ütésvizsgálati (impakt) állománymérés. Az akusztikus mérés során egy rövid impulzussal, vagy gyorsan változó jelek sorozatával gerjesztik a terményt. A válaszreakció, azaz a hullámterjedés, illetve a rezonancia alapján következtetünk a termény mechanikai jellemzőire. A vizsgálati módszer alapja a mechanikai rezgések kialakulásának és terjedésének – több tényező mellett – keménységtől való függése. A dinamikus viselkedés információt hordoz az állományról. E módszerek előnye a kis energiájú gerjesztés, a többnyire roncsolásmentesség, a gyorsaság és azonnali válaszadás.

A dinamikus mérési módszerek két nagy csoportja:

a) *a vizsgált termény rezgéseit elemző módszerek:*

- * mechanikai hullámok terjedésvizsgálata (akusztikus vagy ultrahangos terjedési sebesség vagy kis energiájú csillapítás),
- * *akusztikus hangválaszmódszer: mechanikai gerjesztés (gépi, kézi) hatására kialakuló sajátrezgések vizsgálata,*

b) *ütésvizsgálati módszerek (impakt vizsgálatok):*

- * a termény erőmérő cellával felszerelt sík lapra esik,
- * *az álló terményre erő- vagy gyorsulásérzékelővel felszerelt ütőfej esik, illetve az álló terményt erő- vagy gyorsulásérzékelővel felszerelt inga, vagy kalapács üti meg (Borsa et al., 2002).*

a) Az akusztikus állományvizsgálati módszer

Az akusztikus keménységmérés a minta gerjesztésre adott hangválaszának (sajátrezgésének) értékelésén alapul (Abbott, 1999). A mintát finom gépi, illetve kézi úton történő kis impulzusú megütéssel, illetve vibrációs úton pld. rezgéssel, hanggal gerjesztik. A minta hangválaszának érzékelése történhet mikrofonnal, vagy gyorsulásérzékelővel. Ezzel a módszerrel paradicsomot Schotte et al. (1999), De Ketelaere et al. (2001, 2004, 2006), De Ketelaere és De Baerdemaeker (2001); Fekete és Felföldi (1996, 2002); dinnyét Diezma-Iglesias et al. (2004); almát Abbott et al. (1992), De Belie et al. (2000), Landahl és De Baerdemaeker (2001); körtét Jancsók et al. (2001) és Gómez et al. (2005); kiwit Muramatsu et al. (1997), valamint étkezési paprikát Muha és Istella (2005) vizsgált. A minta gerjesztésre adott hangválasza, a jellemző rezonancia frekvencia információt hordoz a termény keménységéről, állományáról, minőségéről (Felföldi, 1996a, 1996b, Fekete és Felföldi, 1998).

Abbott 1968-ban publikált eredményei alapján különböző gerjesztéssel és jelérzékeléssel működő akusztikus rendszereket dolgoztak ki. A roncsolásmentes akusztikus hangválaszmódszer leírását Yamamoto és munkatársai (1980) közzé tették először.

Az akusztikus keménységtényező két leggyakrabban számított formája a rezonancia-frekvencia (f), [Hz], a termény tömege (m), [g] és méretei (pld. hossz) alapján kerül meghatározásra:

S_1 , [N/mm], S_2 , [$\text{Hz}^2 \text{g}^{2/3}$], illetve S_3 , [$\text{Hz}^2 \text{mm}^2$] [2].

$$S_1 = f^2 \cdot m \cdot 10^{-6} \quad (\text{Fekete és Felföldi, 2002}) \quad [2]$$

$$S_2 = f^2 \cdot m^{2/3} \quad [3]$$

$$S_3 = f^2 \cdot l^2 \quad [4]$$

Az alkalmazáshoz megfelelő mérési elrendezés, a hangválaszt érzékelő mikrofon, illetve gyorsulásérzékelő, valamint a hangválasz jellemző frekvenciáját megkereső hardver és/vagy szoftvereszköz szükséges. A hangválaszjelből a rezonancia-frekvencia spektrum az ún. „Fast Fourier Transzformációval” kerül meghatározásra dinamikus jelanalizátor, illetve speciális programmal működő számítógépes mérőrendszer segítségével (Baranyai és Kókai, 2006).

A termény rezgéseit elemző módszerekkel számos esetben vizsgálták a kertészeti termékek keménységét, a szedést, a betakarítást követő fiziológiai folyamatok (pld. érés) állományra gyakorolt hatását, valamint az alkalmazott kezelések minőségre gyakorolt hatását.

Fekete és Felföldi (2002) paradicsom érettségi állapotának meghatározásánál összefüggést keresett a mért akusztikus keménységadatok és a roncsolásmentes kompressziós állománymérés, valamint a roncsolásos húskeménységmérés adatai között. A húskeménység és az akusztikus keménység között paradicsom esetében $R^2 > 0,9$ összefüggést tapasztaltak, tehát az érés során bekövetkező állományváltozás az akusztikus módszerrel jól mérhetőnek bizonyult.

Felföldi és Fekete (2003) szerint a 0,1 %-os változásokat is kimutatni képes akusztikus rendszer alkalmasnak bizonyult alma, körte, paradicsom, hagyma, dinnye és sárgarépa esetében a szedést követő kismértékű (1-2 %) keménységváltozások azonosítására, az állományváltozást jellemző rezonancia-frekvencia változások érzékeny mérésére. Alkalmasnak találták az érési folyamatok, a mechanikai terhelések (ejtés, ismétlődő erőhatások) hatására bekövetkező állomány- és in-vivo fiziológiai változások kimutatására (alma fán történő érése, fejlődése), objektív nyomonkövetésére. A módszer alkalmazható még olyan kismértékű változásokkal járó területeken, mint a vízveszteség, a mechanikai hatások által okozott kismértékű változások, valamint a nem látható elváltozások kimutatása.

Gómez és munkatársai (2005) körte esetében negatív lineáris összefüggést állapítottak meg a jellemző rezonanciafrekvencia, a rugalmassági tényező, valamint az akusztikus keménységtényező időbeli változása esetében. Ez megbízhatóan jelezte a tárolás alatti állományváltozást. Körte esetében az akusztikus állományvizsgálat helyettesítheti a hagyományos roncsolásos keménységvizsgálatokat. Schotte et al. (1999) az akusztikus keménységtényező nem lineáris,

hanem csökkenő exponenciális időbeli lefutása mellett állapította meg a módszer alkalmasságát a paradicsom tárolás alatti állományváltozásának objektív meghatározására.

Jancsók és munkatársai (2001) Conference körte esetében az akusztikus keménységméréssel azonosították a körte belsejében a rosszul megválasztott szabályozott légterű (későbbiekben SZL) tárolási körülményekkel, korai szedéssel mesterségesen előidézett üregesedés jelenségét. Röntgenvizsgálattal és végeelem-modellezéssel kiegészített vizsgálataik alapján csak a nagyméretű és a körte középvonalában elhelyezkedő üregek esetében voltak elkülöníthetőek az üreges és az ép körték a közöttük lévő nem szignifikáns rezonancia-frekvencia eltérések miatt.

Sárgadinnye fejlődése és érési folyamatainak az állománnyal, a minőséggel való összefüggésének vizsgálatára, valamint az érettségi állapot objektív meghatározására kifejlesztett hordozható kézi keménységmérő műszerrel Sugiyama és munkatársai (1994, 1998) a gerjesztési impulzus által keltett hanghullám két érzékelő közötti terjedési sebességváltozása alapján határozták meg a dinnye fiziológiai és érettségi állapotának változását.

De Belie és munkatársai (2000) az általuk kifejlesztett automata akusztikus keménységmérővel mérték az alma SZL-tárolás alatti keménységváltozását és határozták meg a kitarolási időpontot. Az akusztikus keménységtényező érzékenyebben jelezte a keménység csökkenését a penetrométeres állománymérésnél, és alkalmas volt az alma SZL-tárolás alatti állományváltozásának mérésére. Csökkenő exponenciális modellt határoztak meg a tárolás alatti keménységváltozás becslésére, a tárolótér kinyitási időpontjának előrejelzésére.

Shmulevich és munkatársai (2003a) egy elektromechanikusan működtetett kistömegű ingás gerjesztéssel és piezoelektromos filmérzékelőkkel ellátott Firmalon™ berendezést alkalmaztak sikeresen a Golden Delicious alma pultontartása, illetve SZL-tárolása (1-1,5 % O₂ és 2 % CO₂, 0 °C, 5-8 hónap) alatti minőségváltozásának vizsgálatára. A pultontartás és SZL-tárolás melletti különböző kezelések (párásítás mértéke, fóliás letakarás, illetve annak hiánya, stb.) mellett a tárolás alatti keménységcsökkenés mértékét az alma akusztikus jelválaszában, az akusztikus keménységtényezőben bekövetkező változás érzékenyebben jellemezte a Magness-Taylor húskeménységnél. Az akusztikus módszer alkalmazható volt az alma SZL-tárolás alatti keménységváltozásának on-line vizsgálatára és nyomonkövetésére, valamint a puhulási folyamatot leíró összefüggés határozható meg az eltérő fajták és tárolási körülmények esetére.

Az akusztikus keménységvizsgálat globális keménységjellemzést ad, azaz a teljes termény mechanikai tulajdonságait jellemzi, szemben a roncsolásos, illetve kompressziós vizsgálatok által adott lokális információval (Abbott, 1999). Nagyon jól reprodukálható (kb. 1 %), érzékenyen mutatható ki vele az állományváltozás, így eredményesen használható a tárolás során bekövetkező állományváltozások meghatározására. Teljesen roncsolásmentes, így lehetővé teszi ugyanazon egyed többszöri vizsgálatát. Jól alkalmazható tömör, viszonylag kemény és homogén belső

szerkezetű, gömbszerű termékeknél (pld. sárgadinnye, alma, körte, barackfélék, paradicsom, hagyma, stb.) Puha, bonyolult belső szerkezetű termények állományának vizsgálatára nem, vagy bizonyos korlátozásokkal használható (Felföldi, 1996b; Felföldi és Fekete, 2003).

Muha és Istella 2005-ben közölte a roncsolásmentes módszerek sikeres alkalmazhatósági vizsgálatainak eredményeit cékla, répa, hagyma, burgonya és paradicsom, illetve az előzőektől eltérő, különleges belső felépítésű étkezési paprika esetében. Muha és munkatársai (2005) az akusztikus módszer a Hó, a HRF, a Danubia, a Kaméleon és a Kárpia paprikafajták esetében az optimális mérési elrendezés, valamint a szedést követő állományváltozás meghatározására történő alkalmazhatóság és megbízhatóság meghatározására a lágyszövet alátámasztásra helyezett paprikákat a válli-, illetve a csúcsi részen történő enyhe megütéssel gerjesztették. A gerjesztés által keltett jellemző rezonancia-frekvencia jól érzékelhető és reprodukálható volt, valamint a paprika csúcson történő gerjesztése tisztább jelet adott a válli rész gerjesztésénél. Az akusztikus keménységmérés módszer kiváló megbízhatósággal rendelkezik, és az elsősorban gömb alakú, viszonylag homogén belső szerkezetű termékeknél alkalmazott $S=f^2 \cdot m$ összefüggéssel a paprika szobahőmérsékletű tárolása alatti rezonanciafrekvencia-változás monoton csökkenést mutatva érzékenyen jelezte a paprika fajtafüggő keménységváltozását, puhulását.

b) Az *impakt* ütésvizsgálati keménységmérés

A módszer alapja, hogy a vizsgált minta felületét megütő tömeg fékeződése függ a vizsgált minta mechanikai tulajdonságaitól, pld. keménységétől, rugalmasságától. Ez a módszer a termény felületének, illetve közvetlenül a héj alatti szöveteinek keménységéről ad információt.

Az akusztikus keménységméréssel ellentétben az *impakt* ütésvizsgálatok területén az egységes keménységszámítási eljárás hiányában a nemzetközi irodalomban számos *impakt* paraméter segítségével jellemzik a lokális felületi keménységet. A két fő mérési elrendezési elv esetében az ütőfejbe, a kalapácsba épített gyorsulás-, vagy erőérzékelő mozog a minta felé (*ütésvizsgálat*, *impact test*), illetve a minta mozog az érzékelő irányába (*ejtésvizsgálat*, *drop test*). Így a minta, illetve az érzékelő fékeződése és a minta keménysége közötti kapcsolat kerül meghatározásra a fékeződésnél az erő-és gyorsulásérzékelő jelének időalapú változásának vizsgálatával. Az *impakt* keménységtényező az állomány, a keménység, a frissesség és a minőség meghatározásának alapja.

Felföldi és Ignát (1999), Felföldi és Fekete (2000) által az állomány jellemzésére kialakított dinamikus ütésvizsgálati keménységtényező (D), [$1/\text{ms}^2$] került meghatározásra [5].

$$D = 1 / \Delta T^2 \quad [5]$$

A módszer reprodukálhatósága jó, a vizsgálat roncsolásmentes, valamint szinte minden anyagra (pld. alma, körte, kajszibarack, paprika, paradicsom, burgonya, stb.) alkalmazható a minta alakjától, méretétől, szerkezetétől függetlenül (Baranyai és Kókai, 2006).

Correa et al. (1992) avokádó szedést követő fiziológiai változásainak, az érés és állományváltozás közötti kapcsolat vizsgálatára használta az ejtési ütésvizsgálati módszert.

Felföldi és Ignát (1999) modellanyagok, alma kajszai- és őszibarack, paradicsom, valamint étkezési paprika esetében is végeztek alkalmazhatósági vizsgálatokat a felületi keménység objektív, roncsolásmentes meghatározására kidolgozott, dinamikus jelanalizátorral, piezoelektromos erőérzékelős impaktorrall ellátott ütésvizsgálati módszerükkel. Az erőérzékelő feltételezett szinuszos időbeli lefutásának megfelelő változást tapasztalva állapították meg a módszer paprika állományváltozásának érzékeny mérésére történő alkalmazhatóságát. A gömbszerű terményeknél szignifikáns korrelációt állapítottak meg az ütésvizsgálati-, illetve az akusztikus keménységtényező között. Eredményeik alapján került sor később a paprika eltérő termesztési körülményeinek (metszés, termőközeg) a termés keménységére gyakorolt hatásának vizsgálatára (Tompos et al., 2003).

Salvadores et al. (2000) kísérleteit követően Arana és munkatársai (2004) átfogóan vizsgálták az ejtési impakt vizsgálat alkalmazhatóságát több almafajta mesterségesen előidézett lisztességének meghatározására. A lisztesség az ütessel szembeni maximális ellenállás és a maximális deformáció esetében mutatott jó, a lisztességre való érzékenység mértékétől függő korrelációt.

Körte és alma esetében Jarén és García-Pardo (2002) és Shmulevich és munkatársai (2003b), illetve őszibarack esetében Ruiz-Altisent et al. (2000), Ortiz-Canavate et al. (2001), Homer et al. (2002) és Garcia-Ramos et al. (2003) számolt be impakt keménységtényező alapján történő keménység szerinti automata osztályozórendszer kifejlesztéséről. De Ketelaere és társai (2001, 2004) paradicsom minőségének, érettségi állapotának meghatározását és becslését végezték az impakt keménységvizsgálati módszerrel.

Shmulevich és munkatársai (2001) piezoelektromos filmérzékelővel, illetve piezoelektromos gyorsulásérzékelővel ellátott kombinált akusztikus-impakt állományvizsgáló berendezéssel (Sinclair IQ™) vizsgálták a mangó keménységváltozását. Jó korrelációt állapítottak meg az akusztikus és az ütésvizsgálati keménységtényezők között ($>0,85$), illetve magas fokú az előbbieket és a klasszikus keménységjellemzők (húskeménység, rugalmassági modulus) között. Mindkét roncsolásmentes keménységjellemző változása érzékenyen jelezte az érettségi állapot, illetve a keménység változását. A két keménységtényező közötti kedvező korreláció alapján a két érzékelési mód kombinációjával növelhető a mangó állomány- és minőségvizsgálatának megbízhatósága.

Véleményem szerint a roncsolásmentes állományvizsgálati módszerekkel, illetve az általuk meghatározott, a kertészeti termények állományváltozását érzékenyen jellemző keménységtényezőkkel az étkezési paprika esetében a szedést követő állomány- és minőségváltozások megbízhatóan, reprodukálhatóan vizsgálhatóak.

2.4.3. Membránpermeabilitás-változás és az ionkiáramlás

Az élő szervezetekben lejátszódó folyamatok szoros kapcsolatban állnak sejtek, a sejtalkotók biológiai membránrendszerével. A kertészeti termékek a szedést, a betakarítást követő időszak alatti változásai összefüggnek a szöveti szerkezet állapotában, valamint a membránszerkezetben kialakuló változásokkal.

Weichman (1987) szerint szoros összefüggés tapasztalható a membránrendszer épségét jelző féligáteresztőképesség-változás, az azt kiváltó külső stresszhatások (hő- és hideghatás, stb.), valamint a membránok természetes eredetű változása (pld. érés) között.

Minden, az élő szövetek membránrendszerének épségében, szerkezetében változást okozó külső hatás, illetve belső változás hatást gyakorol a biológiai membránok féligáteresztőképességére. Emiatt megnő a sejtthártyákon keresztüli ion-, vagy elektrolit kiáramlás mértéke, illetve annak sebessége. Ez konduktometriásan, izotóniás oldatokban az oldat elektromos vezetőképességének mérésével jól mérhető, a változás dinamikája jellemezhető.

A sejtből, a szövetekből kiáramlott sejtnedv ionösszetétele műszeres analitikai úton (pld. lángfotometriásan, folyadékkromatográfiásan) is mérhető, s meghatározható a kapott adatokból az ionkiáramlás mértéke.

A szedést követő időszak alatti, az ionkiáramlás-változással kapcsolatos változások mérésére számos példa található az irodalomban, azonban az étkezési paprika ionkiáramlásmérés segítségével történő membránpermeabilitás-változásának vizsgálatára nem találtam példát. Kertészeti termékek pld. alma esetében vizsgálták a szedést követő érési- és öregedési folyamatok során a szövetek membránpermeabilitásában bekövetkező változásokat (Merész et al., 1993, 1994; Merész és Lovász, 1993, 1997; Sass et al., 1993; Lovász et al., 1998, Kovács és Merész, 2004).

2.4.4. Transpirációs jellemzők meghatározása infravörös felületi hőmérsékletmérés alapján

Az élelmiszerek, köztük a zöldségek és a gyümölcsök hőfizikai viselkedése nagymértékben függ kémiai összetételüktől (Raemy, 2003). A szedést, a betakarítást követő tárolás alatti minőségromlásban - többek között – szerepet játszanak a respirációs (légzési) és a transpirációs (vízpárolgató) folyamatok. A rosszul megválasztott áruvá készítési, tárolási, szállítási és értékesítési körülmények mellett a fokozott felületi vízpárolgatózás miatt a kertészeti termékek kezdeti magas víztartalma viszonylag gyorsan lecsökken. Ez a felület gyors fonnyadásához, ráncosodásához vezet, nagymértékben csökkentve a frissen szedett termény minőségét és eltarthatósági idejét (Linke, 1997; Herppich et al., 1999a, 1999b; Linke et al., 2000, 2002; Gottschalk és Linke, 2001; Galindo et al., 2004).

A transpirációs tömegveszteség mértéke számos termékjellemezőtől (méret, alak, állomány, felület permeabilitása, stb.), a környezeti levegő állapotától (hőmérséklet, páratartalom), valamint a termék közvetlen környezetében és a termék irányába ható légáramlási folyamatoktól függ.

A kertészeti termékek légzési tevékenysége a termés felületi hőmérsékletét növelő hőfelszabadulással jár. A felületi vízpárolgatóból fakadóan lokális felületi hőmérsékletcsökkenés, hőmérséklet-gradiens alakul ki a termék felszíne és környezete között. A felületen lévő víz elpárolgatóához szükséges energiamennyiség (látens hő) forrása a termék és környezete hőtartalma. Gyakran helyi felületi hőmérsékletkülönbségek tapasztalhatóak a termés egyes részei pld. a gyümölcstest és a -kocsány között, eltérő vízpárolgatóási tulajdonságot jelezve. Az infravörös (IR) sugárzáson alapuló hőkamerás felületi hőmérsékletmérés, a termográfia segítségével a felületi hőmérsékletkülönbségek, a vizsgált objektum felületén keresztül hőenergiaként kibocsátott infravörös sugárzás mértéke könnyen mérhető (Hellebrand et al., 2000a, 2000b; Linke et al., 2002). A hőfelvételek alapján elkészíthető a vizsgált objektum kétdimenziós hőtérképe, az ún. termogram, ahol a különböző felületi hőmérsékletek és hőmérsékleteloszlások színekülönbségek segítségével jeleníthetők meg.

A termográfia az elmúlt 40, de különösen az elmúlt 20 év során számos területen került alkalmazásra. Ilyen pld. a mezőgazdaság, az élelmiszeripar, a vegyipar, a gyógyszeripar, az állati és a humán orvostudomány, a hadiipar, az építőipar és az ipari mérés-technika stb., s a felhasználási terület egyre csak bővül (Linke et al., 2000, 2002; Hellebrand et al., 2000a, 2000b, 2001; Varith et al., 2003b).

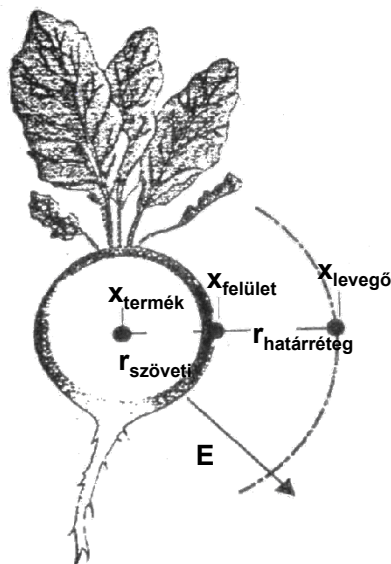
Minden az abszolút nulla (-273,16 °C) fok feletti hőmérsékletű test elektromágneses hullámokat pld. rádióhullámokat, fényt, illetve hő formájában infravörös sugárzást bocsát ki. A Stefan-Boltzmann törvény [6] alapján az egységnyi felületre vonatkozó teljes kibocsátott sugárzásmennyiség (E), [W/m²] arányos a tárgy 0 és 1 közötti értékű emissziójával (ε) és a hőmérséklet (T), [K] negyedik hatványával (Manickavasagan et al., 2005):

$$E = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4, \quad [6],$$

ahol a Stefan-Boltzmann állandó: $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$. A termék által kibocsátott összes hőmennyiség és az emissziós tényező ismeretében kiszámítható a termék felületi hőmérséklete. A hőkamerákba épített érzékelők a 3-5 μm, illetve a 8-14 μm (rövid-, illetve hosszú hullámhosszú atmoszférikus ablak) hullámhossztartományban érzékelik a tárgy felületének infravörössugárzás-kibocsátását. Ennek mennyisége kerül a hőkamerában hőmérsékleteloszlásként átszámításra (Linke et al., 2000, Hellebrand, 2000a, 2000b, 2002, Manickavasagan et al., 2005).

A kertészeti termékek szedést követő tömegveszteségének mértéke a termékjellemzőktől, illetve a szedés utáni időszak környezeti körülményeitől függ. A szedést követő víztartalom-eloszlást a vízpárolgás és a víztartalom terméken belüli ismételt eloszlása határozza meg. A változó környezeti körülmények a terméken belül a vízpotenciál-különbségek változását idézik elő (Linke, 1997).

A minőségromlást okozó, a felületi vízpárolgásból fakadó tömeg(víz)veszteség mértékét az ún. transpirációs jellemzőkkel jellemezhetjük. Ezek a vízpárolgás irányában fellépő transpirációs ellenállás ($r_{\text{transp}} = r_{\text{szöveti}} + r_{\text{határréteg}}$) [$s \text{ cm}^{-1}$], valamint a transpirációs sebesség (E), [$\text{mg cm}^{-2}\text{h}^{-1}$] [7]. Ez az egységnyi felületen (A), [cm^2] egységnyi idő alatt (τ), [h] elpárolgott víz mennyiségét ($m_1 - m_2$), [mg] jelenti (Linke, 1997, 1998; Linke et al., 2002) (3. ábra).



$$E = \frac{m_1 - m_2}{A \cdot \tau} = \frac{x_{\text{termék}} - x_{\text{levegő}}}{r_{\text{határréteg}} + r_{\text{szöveti}}} = \frac{x_{\text{felület}} - x_{\text{levegő}}}{r_{\text{határréteg}}} \quad [7],$$

ahol az x a termék, a levegő, illetve a termékfelület nedvességtartalma.

3. ábra. A transpirációs sebesség számításával kapcsolatos alapvető összefüggések (Linke, 1997; 1998).

A termék közvetlen közelében a környezet és a termékfelület közötti vízgőznyomás-különbség, valamint a termék irányába ható légáramlási folyamatok hatására alakul ki a termék felületéhez közel egy adott nedvességtartalmú ún. felületi határréteg. Ennek a rétegnek a további vízpárolgotatásra gyakorolt ellenállása a felületi határréteg ellenállás. A termék vízállapotát jellemző tényező az ún. szöveti ellenállás. Mértéke a szövet vízpárolgotatással szemben kifejtett ellenállásától függ (friss retek: $0,25 \text{ s cm}^{-1}$, tárolt alma: akár 500 s cm^{-1}). A szöveti és felületi határréteg ellenállás jellemzi a termék és a közvetlen környezete kapcsolatát.

A legtöbb zöldség-gyümölcs esetében helyi szöveti ellenállás-különbség tapasztalható (pld. gyümölcstest és kocsány között), ami helyi transpirációs különbséghez és a termék szöveti szerkezetében víztartalom újbóli elrendeződéséhez a vezethet. A szedést követő teljes vízveszteség mértéke a környezeti feltételek (felületi határréteg ellenállása) és a termék tulajdonságainak (szöveti ellenállás) függvénye. A termék és környezete közötti transpirációs jellemzők segítségével jellemezhető a termék frissessége, a szedést követő vízállapotban bekövetkező változások, pld. a fonnyadás-ráncosodás jelensége is magyarázható, jellemezhető (Linke et al., 2000; Linke és Geyer 2000; Linke et al., 2002).

Az IR-termográfia számos területen került és kerül alkalmazásra. A módszer minden olyan endoterm és exoterm esetben használható, ahol hőmérsékletkülönbség mérhető.

A termográfiát a mezőgazdaság területén is számos esetben alkalmazzák pld. az öntözéssel, vízellátással kapcsolatos növényélettani kutatásoknál (Jones, 1999; Jones et al., 2002; Leinonen és Jones, 2004), a gépi szedés elősegítésére, a kertészeti termékek szedéskori hozamának előrejelzésére (Xu és Ying, 2003; Stajenko et al., 2004), valamint penészgombás fertőzések azonosítására (Hellebrand et al., 2006).

A szedést követően például az érettségi állapot és a frissesség mértékének meghatározására, valamint a felületi sérülések azonosítására is alkalmazható a termográfia. A betakarítás, a szállítás és az áruvá készítés során számos esetben érik látható (horzsolások, karcolások), illetve nem látható felületi sérüléseket (ütődés) okozó behatások kertészeti termékeket. A sérült szövetek hőmérséklete a seblégzésből fakadó légzésintenzitás-növekedés miatti hőtermelés miatt akkor növekszik, ha a seblégzés okozta hőtermelés nagyobb a párologtatásnál, ha viszont kisebb, akkor a sérülés helye lehül.

Hellebrand és munkatársai (2000a, 2000b) Jonagold és Cox almafajták esetében az érettségi állapot előrehaladásával fajtánként eltérő mértékű felületi hőmérsékletnövekedést és csökkenő mértékű transpirációt tapasztaltak. Megállapították, hogy megfelelő érzékenyséű hőkamera alkalmazásával mérhető a gyümölcsök felületi hőmérséklete, illetve a fizikai sérülések kimutathatóak a helyi hőmérsékletváltozás alapján. Állandósult hőmérsékletű termék és környezet esetében a felületi sérülés okozta 0,1K-nél kisebb hőmérsékletváltozások, valamint az almák transpirációjának a sérülések által okozott változása nem volt mérhető. Véleményem szerint a felületi transpiráció mértékét nem csak a felület és a környezet hőmérséklete befolyásolja, hanem a környező légtér páratartalma is. Ez döntő hatást gyakorolhat a transpiráció hajtóerejére, a felület és a környezet közötti vízgőznyomás-különbségre.

Varith és munkatársai (2001, 2003a, 2003b) szerint a „Red Delicious”, „Fuji” és „Macintosh” almafajták felületi sérülései állandósult állapotban a termográfiával szobahőmérsékleten nem érzékelhetők. Megállapították, hogy a termográfia segítségével gyorsan és roncsolásmentesen azonosíthatóak a felületi sérülések az ép és a sérült szövetek hővezetőképességben bekövetkező különbségeknek köszönhetően, ha a hőmérsékletváltozás (felmelegítés-lehűtés) során történik a vizsgálat. A vizsgált fajták esetében az azonosíthatóság fajtafüggő mértékű (60-100 %) volt, és a felmelegedést-lehűlést követően a sérült szövetek minimum 1-2 °C hőmérsékletkülönbséget mutattak az ép szövetek hőmérsékletéhez képest.

Van Linden és munkatársai 2003-ban paradicsom esetében termográfiával azonosították a szabad szemmel is nehezen megfigyelhető felületi sérüléseket, miután a sérülések könnyebb azonosítására 90 percig 1 °C-on, illetve 1-2 percig 70 °C-on tartást, valamint 7 és 15 s mikrohullámú kezelést alkalmaztak. A kb. 0,5-1 °C hőmérsékletkülönbségek alapján elkülöníthetők voltak az ép és a hidegfoltként jelentkező sérült területek. Megállapításuk szerint a termográfia

további fejlesztéssel alkalmas lehet a sérült felületű paradicsomok automatikus gépi azonosítására, a hibás egyedek elkülönítésére.

Veraverbeke és munkatársai (2003, 2006) Elshof és Jonagored almafajták SZL-tárolás alatti minőségváltozását vizsgálták termográfia segítségével. Az eltérő termékjellemzőkből (méret, alak, viaszfelület minősége, a viaszréteg, illetve a héj eltérő hőfizikai tulajdonságai), illetve az eltérő transpirációs tulajdonságokból fakadóan fajtánként eltérő lehülési- és transpirációs sebesség, illetve vég hőmérséklet volt mérhető. Megállapításaik szerint a termográfia módszere elég érzékeny az eltérő jellemzőkkel bíró fajták felületi viaszrétege között különbségtételre, azonban nem elég érzékeny a tárolás során a viaszréteg szerkezetében bekövetkező változások érzékelésére.

Fito és munkatársai 2004-es eredményei szerint a termográfiasan mért felületi hőmérsékletadatok és -eloszlások, illetve a felületen lévő filmréteg vastagsága, a gyümölcstérfogat, a légsebesség stb. alapján meghatározható a narancs felületének megszárításához szükséges idő, megállapítható a szárítási végpont, amivel lehetőség nyílik az energiafelhasználás és a gyümölcsminőség javítására, illetve a folyamatszabályozás terén történő alkalmazásra.

Megállapítható, hogy a roncsolás- és érintkezésmentes infravörös termográfia széles körben, minden olyan esetben alkalmazható, ahol a mérendő felület hőmérsékletének változása információval szolgál a bekövetkező változásokról (kvalitatív meghatározás), illetve azok mértékéről (kvantitatív meghatározás). Lehetőséget nyújt a kertészeti termékek felületi hőmérsékleteloszlásainak képi megjelenítésére és mennyiségi meghatározására. Segítségével számos, a hőfizikai folyamatokkal kapcsolatos terméktulajdonság mérhető. A kertészeti termékek igen eltérő hőfizikai jellemzői és viselkedése, valamint azok a környezeti klimatikus tényezők függvényében történő változása miatt új területen, új feladatra történő alkalmazásnál figyelembe kell venni, hogy a módszer nem használható egységes metodika szerint. A pontos hőmérséklet-meghatározáshoz a vizsgált anyagok emissziós tényezőjének meghatározása szükséges. Alkalmazási lehetőségeit tekintve fontos módszer, azonban a viszonylag egyszerű, könnyű használhatóság, kezelhetőség mellett a mért adatok szakszerű kiértékeléséhez, értelmezéséhez fontos a fizikai, fiziológiai és egyéb kapcsolódó törvények, összefüggések ismerete.

Véleményem szerint a megismert elméleti alapok és a szedést követő alkalmazási lehetőségek ismeretében célszerű megvizsgálni az étkezési paprika esetében is az IR-termográfia alkalmazhatóságát. A módszer segítségével újszerűen vizsgálható, illetve átfogóbban magyarázhatóak lehetnek a paprika szedést követő minőségét döntően befolyásoló folyamatok pld. párologtatás tömegvesztésre és az állományváltozásra gyakorolt hatása.

2.4.5. A növények vízállapot-jellemzőinek meghatározása

Az élő rendszerekben lejátszódó folyamatok vizes fázisban játszódnak le, így a víz általános életfeltétel. A víz mozgása együttesen jelenti a rendezetlen hőmozgáson alapuló diffúziót, illetve határozott irányú tömegáramlást is, mint pld. a sejtfalakban, a biomembránokon való átjutás. Az utóbbi vízmozgás mozgatórugója két hely pld. a gyökérzet és a lombozat víznyomása közötti különbség.

A vízpotenciál valamely rendszerbe foglalt víz elvi munkaképessége. A tiszta víz vízpotenciálja légköri nyomáson és 25 °C-on 0 MPa. A vízvándorlás sebessége függ a vízpotenciálok közötti különbségtől, valamint a két teret összekötő szállítópályák (sejtfal, határhártyák, stb.) vízvezető-képességétől (Mengel, 1976; Pethő, 1993; von Willert et al., 1995; Haraszty, 1998; Wills et al., 1998).

A féligáteresztő hártván keresztül történő, két különböző koncentrációjú vizes oldat koncentrációkiegyenlítésre való törekvéséből eredő vízmozgást ozmózisnak, valamint a tiszta víz és az oldat vízgőznyomása közötti különbséget ozmotikus potenciálnak (π vagy ψ_{Π}) nevezzük.

Az élő sejtek egy rugalmas, szemipermeabilis hártvával körülvett dinamikusan változó vízpotenciálú ozmométernek tekinthetők. A víz a sejtekbe az ozmózis segítségével jut be, és a sejtplazma kifeszíti a sejtfalakat. A sejtfalat feszítő erővel szembeni ellenállás pozitív értékű hidrosztatikus nyomást hoz létre a sejtplazmában. Ezt turgornyomásnak, vagy turgornak nevezzük (P vagy ψ_P).

A víz munkaképességét, azaz a vízgőznyomást (vízpotenciált) befolyásolja az oldott anyagok és ionok jelenléte (ozmotikus potenciál, π), a sejtekben található kolloidok, a kapillárisok és egyéb felszínek vízmegkötése (mátrixpotenciál, τ), valamint a pozitív vagy negatív hidrosztatikai nyomás (nyomáspotenciál, P). Ezek együtt alakítják ki a rendszer eredő vízpotenciálját $\psi_w = P - \pi - \tau$. A rendszer vízpotenciálját (ψ), [MPa] a nyomáspotenciál és az ozmotikus potenciál összege adja [8]:

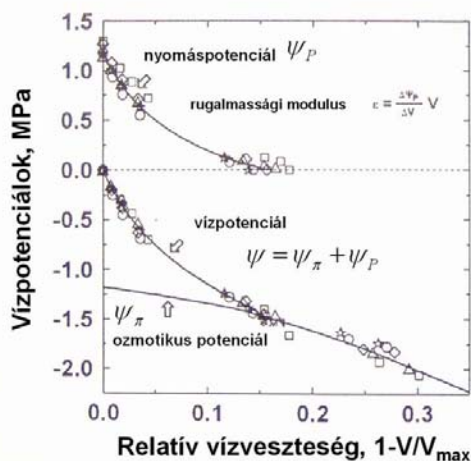
$$\psi = \psi_{\Pi} + \psi_P = \Pi + P = P - \Pi \quad [8]$$

(—) (—)(+)

Az eredő vízpotenciált az ozmotikus potenciál (– előjelű, a vízpotenciált csökkenti) és a nyomáspotenciál (mindig + előjelű, a vízpotenciált növeli) együttes hatása eredményezi. Ideális esetben a szedést megelőzően a termény víztartalma közelít a lehetséges maximumhoz, azaz dinamikus egyensúly esetében a vízutánpótlás közel azonos a vízleadással. A vízzel telített sejtben a fali nyomás (ψ_P) és az ozmotikus potenciál (ψ_{Π}) kiegyenlíti egymást, így a sejt vízpotenciálja nulla ($\psi = 0$, $|\psi_{\Pi}| = |\psi_P|$). A szöveteket alkotó sejtek nagyjából egyidejűleg vesznek fel vizet, így egymást egyre jobban nyomják, ami a szövet turgescens állapotát adja. A turgor, az ún. szöveti feszültség igen jelentős a szervek alaktartása, mechanikai szilárdsága szempontjából. A víz spontán

mozgása akkor lehetséges, ha az egymással érintkező két rendszer vízpotenciálja különböző. A víz a nagyobb (kisebb számértékű pld. $\psi = -0,2$ MPa) vízpotenciálú helyről a kisebb (nagyobb számértékű pld. $\psi = -0,5$ MPa) vízpotenciálú helyre áramlik (Pethő, 1993; von Willert et al., 1995; Haraszty, 1998).

A szedést követő, tömegveszteséggént is jelentkező, a szövetekben vízhiányt okozó vízvesztést nem lehet teljes mértékben megakadályozni. Átlagos körülmények között a sejt vízzel ritkán telített, így $\psi = \psi_{\Pi} + \psi_p = P - \Pi$. A vízpotenciál és a nyomáspotenciál is gyorsan csökken a szövetek fonnyadásának kezdetéig. Az ún. fonnyadáspontot követően a nyomáspotenciál értéke nulla ($\psi_p = 0$, „turgor loss point”) és a sejt elveszti turgeszcens állapotát. A turgor megszűnését követően (fonnyadt termék) a vízpotenciál egyenlő az ozmotikus potenciállal, azaz $\psi = \psi_{\Pi}$ (Herppich et al., 1999a, 1999b) (4. ábra).



4. ábra. Sárgarépa vízpotenciál-változása 2 napos 18°C-os tárolás során. (Herppich et al, 1999b).

A turgor régióban a víz- és a nyomáspotenciál jelentős mértékben és pozitívan korrelál olyan szöveti fizikai jellemzőkkel, mint a szöveti feszség. Növényélettani jellemzőként a vízpotenciál abszolút értékben kifejezve, a nulla és a fonnyadási pont közötti értéke alkalmas lehet a magas víztartalmú, romlékony kertészeti termékek minőségének a szedést megelőző, illetve az azt követő időszak alatti jellemzésére.

A növényi szövetek vízállapotának, a vízpotenciálok meghatározására von Willert és munkatársai (1995) a következő vizsgálati módszereket ajánlják:

a) *kompensációs elven alapuló módszereknél* a vizsgált szövetminta és az ismert ozmotikus potenciálú mérőoldat között alakul ki ozmotikus, illetve vízgőzegyensúly. A *plazmolitikus módszernél* a különböző ozmotikus koncentrációjú oldatba helyezett minták esetében határozzák meg a határplazmolízis jelenségét, azaz a turgorállapot elvesztését.

Egész termények, illetve levelek vízállapotának meghatározására Jobling és munkatársai (1997) által kidolgozott módszer esetében a felületre rögzített, eltérő koncentrációjú sóoldattal töltött

mikroporozus PE-fóliából készült csomagocskák időbeli relatív tömegváltozása alapján került meghatározásra a minta vízpotenciáljának változása.

b) *szövetek felett kialakuló egyensúlyi vízgőznyomáson alapuló mérési módszernél (pszichrometria) zárt légtérben vízpotenciál-egyensúly áll be a minta és a felette lévő tér között, és a relatív légnedvesség alapján számítható a vízpotenciál. Az ún. Spanner-féle elrendezésnél (pld. C-52, Wescor Inc, USA) a tömör alumíniumházba helyezett minta feletti Peltier-hűtéssel hűtött termoelem közös pontján vékony, a hűtés kikapcsolása után, a harmatponti hőmérsékletet átlépve elpárolgó kondenzréteg alakul ki (nedveshőmérő). Pontos hőmérsékletmérésre alkalmas, rez-konstantán termoelemekhez kapcsolt mikrovoltmérővel oldatok, föld- és levél-, illetve növényi hússzövet minták vízállapota is meghatározható a mért termofeszültségekből számított hőmérsékletkülönbségek alapján. A mérőcella mérőegysége pszichrométerként („wet bulb depression method”), vagy harmatpont-higrométerként („dew-point depression method”) is működtethető.*

c) *Scholander-féle, nyomástartó kamrában végzett vizsgálatnál („pressure bomb”) teljes növények, ágak és levelek, levéldarabok vízpotenciáljai határozhatóak meg (pld. Plant Water Status Console 3000, Soilmoisture Inc., USA). A nyomás alatt lévő kamrában elhelyezett levágott gyökér-, vagy ágvégen a vizes sejtnedv megjelenésekor mért egyensúlyi nyomásérték (a növényi részben a levágást megelőzően uralkodó nyomás) alapján kerül meghatározásra az eredő vízpotenciál (von Willert et al., 1995; Herppich et al., 1999a, 1999b).*

A tudományos kutatások középpontjába azért került a vízpotenciál kérdésköre, mert a vízpotenciálban és összetevőiben bekövetkező változások jól jellemzik a növények és növényi szövetek vízállapot-változását. Néhány példa - a teljesség igénye nélkül - a vízpotenciál-vizsgálatok alkalmazási lehetőségeire:

a) *A mezőgazdasági termelés:* pld. haszonnövények növekedésére, fejlődésére, valamint az ezekkel az élettani folyamatokkal kapcsolatban álló külső és belső tényezők vízállapotra gyakorolt hatásának vizsgálata (Hoffman et al., 1980; Parsons és Howe, 1984; Markhart, 1985; Siddique et al., 2000; Dorji et al., 2005; Agele et al., 2006, stb.).

b) *A szedést követő időszak:* zöldségek és gyümölcsök vízállapotának a tárolás, az áruvá készítés, a szállítás, valamint az értékesítés során bekövetkező a vízállapottal, valamint az azzal összefüggő változások hatásának jellemzése.

Néhány érdekes példa az irodalomban fellelhető számos alkalmazási területről:

- a növény vízellátottságának, vízállapotának (öntözés és turgorállapot kapcsolata) hatása a paprikatermés minőségére (Aloni et al., 1999),
- a posztharvest kezelések hatásának vizsgálata a zöldségnövények (pld. sárgarépa, retek, spárga) minőségére, frissességére, szöveti vízállapotára. A szedést követő állomány- és vízállapot-

változás közötti kapcsolat vizsgálata, tekintettel a tárolási hőmérsékletre, fejlettségi-érettségi fokra, valamint a terméket érő mechanikai behatásokra, sérülésekre, illetve környezeti körülményekre (Herppich et al. 1999a, 1999b; 2000, 2002; 2003a; 2004a; 2004b; 2005; Herppich és Schlüter, 2004; Landahl et al., 2004; Huyskens-Keil et al., 2005),

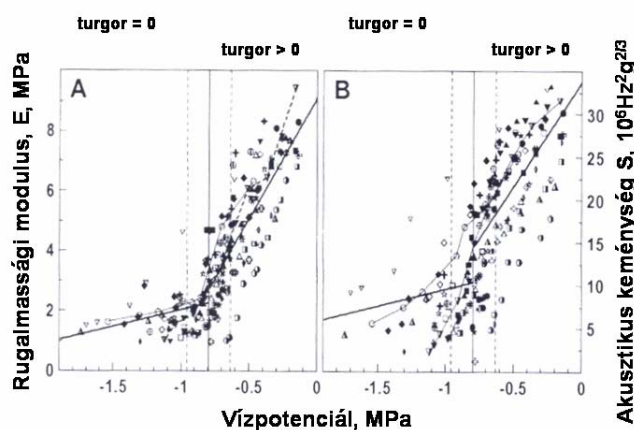
- az állomány- és vízállapot-változás, mint turgor- és vízpotenciál-változás közötti kapcsolat jellemzése (Weisz et al., 1989; Shibairo et al., 1997), valamint a vízhiány mértékének csomagolás segítségével történő csökkentése az eltarthatósági idő növelésére (pld. Ben-Yehoshua et al., 1983, Lurie et al., 1986; Rodov et al., 1995).

Ben-Yehoshua és munkatársai (1983) HDPE fóliába csomagolt citrom és kaliforniai típusú paprika állományváltozására (keménység- és tömegváltozás), a membránrendszer épségére (ionkiáramlás-változás), a vízállapotra (vízpotenciál-változás), valamint az eltarthatósági idő növelésére irányuló kísérleteik alapján megállapították, hogy a HDPE-csomagolás eltarthatósági időt növelő hatása a termék körül kialakított vízgőzzel telített légtér, illetve a turgorállapot (nyomáspotenciál) fenntartásaként jelentkezett. A szöveti változások, elsősorban a puhulás és a fonyadás mértéke szoros összefüggésben áll a vízpotenciál csökkenésével. A vízpotenciált és az ionkiáramlás mértékét a csomagolás szignifikánsan csökkentette.

Herppich és munkatársai (1999a, 1999b) a szedést követően a kertészeti termékeket érő fizikai sérülések, a hőmérséklet és a páratartalom a növényi szövetek vízállapotára gyakorolt hatását vizsgálták sárgarépa esetében a Scholander-féle „pressure bomb” módszerrel. A friss ($\psi_{friss} = -0,2MPa \rightarrow -0,6MPa$) és 18 °C-on tárolt sárgarépa vízpotenciálja még magas (>95% RH) relatív páratartalom mellett is közel 200 %-os ($\psi_{0.nap} \approx -0,45MPa \rightarrow \psi_{2.nap} \approx -0,95MPa$), szignifikáns exponenciális lefutású csökkenést mutatott a szöveti vízvesztés függvényében a két nap alatt. Az ilyen drasztikus mértékű vízpotenciál-változás miatt, illetve az alacsonyabb környezeti relatív páratartalom (85 % RH) mellett a szövetek nyomáspotenciálja (turgorállapota) már átlépi a fonyadással, ráncosodással is jelentkező ún. turgorelvesztési nyomáspotenciál-határt („turgor loss point”) ($\psi_{2.nap} \approx -2,1MPa$). A felületi fizikai sérülések hatását (ejtés, rázatás) csak a folyamatos stresszhatást okozó rázópados kezelésnél (5 Hz és 1-5 min) jelezte a vízpotenciál szignifikáns ($\psi_{fris} = -0,4MPa \rightarrow -1MPa, -1,5MPa$) csökkenése. A sárgarépa minőség-, azaz frissességváltozásának mértéke döntően a víztartalomtól, illetve a szövetek vízpotenciál-változásának mértékétől függ.

Herppich és munkatársai (2003a; 2003b, 2004a; 2004b; 2005), Landahl és munkatársai (2004), Herppich és Schlüter (2004), valamint Huyskens-Keil munkatársai (2005) sárgarépával, retekkel és spárgával végzett vizsgálataik alapján megállapították, hogy az állományt, a minőséget aktívan befolyásolja a szövetek vízállapota, valamint a szöveti sejtfalak fejlettségi-érettségi

állapotfüggő mechanikai tulajdonságai, illetve a hőmérséklet és a páratartalom. A transpirációs vízveszteség növekedésével, a csökkenő szöveti vízpotenciál függvényében az állományváltozás (rugalmassági modulus 5/A. ábra, akusztikus keménység 5/B. ábra) kétlépcsős változást mutat. A turgorelvesztési pont felett, illetve alatt eltérő meredekségű lineáris összefüggés szerint változik a szövetek rugalmassági modulusa, akusztikus keménysége, azaz állománya.



5. ábra. Retek gyors kiszáradása során a vízpotenciál, a rugalmassági modulus (A), valamint az akusztikus keménységtényező (B) közötti kapcsolat (Herppich és Schlüter, 2004).

Retek és sárgarépa akusztikus keménységtényezőjének (S), valamint a rugalmassági modulusának (E) a víz- és a nyomáspotenciál (turgor) változásával összefüggő szignifikáns változása tükrözte a keménység, a frissesség változását. A vízpotenciál-változás, illetve a rugalmassági modulus változása az akusztikus keménységtényezőnél érzékenyebben, megbízhatóbban jelezte a bekövetkező állományváltozásokat, míg az akusztikus keménységtényező a víztartalom-állományváltozás közötti kapcsolatot jelezte jól. A vízállapot-állomány közötti kapcsolatot a hőmérséklet terményfüggő mértékben, illetve a fejlettségi foktól függően befolyásolta.

Összefoglalva, a magas víztartalmú kertészeti termékek szedést követő minőségváltozását nagymértékben a vízállapot-, a víztartalom-változással összefüggő változások határozzák meg. A vízpotenciálok meghatározásával a szedést megelőzően és azt követően a víztartalommal, vízállappal, az állománnyal összefüggő, közvetve a minőségére, a fogyasztói megítélésére hatást gyakorló változások objektíven és érzékenyen jellemezhetők a tömegveszteségre érzékeny, gyors állományvesztésre hajlamos termények, mint a retek, a spárga, a paradicsom és a paprika esetében. Ezen összefüggések pontosabb ismeretében a kertészeti termékek szedést, a betakarítást követő kezelésének és tárolásának módja, technikája módosítható, fejleszthető.

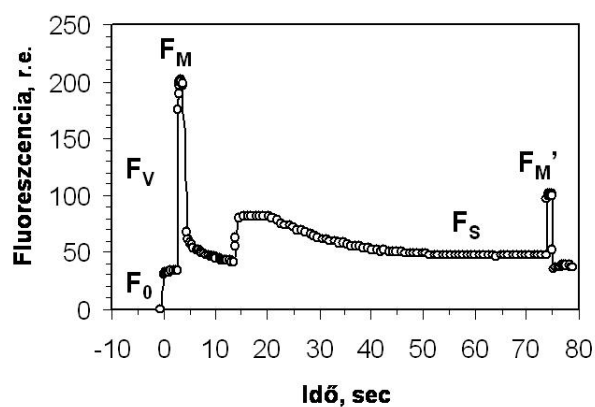
2.4.6. Növényi szövetek által kibocsátott klorofil-fluoreszcencia mérése

A növényi szövetek által kibocsátott klorofil fluoreszcencia meghatározásával bepillantást nyerhetünk a fotoszintetikus elektrontranszport-folyamatba. A zöld növények, növényi részek, zöltségek, gyümölcsök fotoszintetikus rendszerének pillanatnyi állapota (pld. sérülésének mértéke),

aktivitása (pld. gátlásának mértéke), illetve annak időbeli változása, valamint a külső és belső tényezők fotoszintetikus rendszerre történő hatása ezzel a roncsolásmentes, nagy pontosságú, megbízható és gyors eredményt adó módszerrel értékelhető. A klorofil-fluoreszcencia mértéke összefüggésben áll növényi szövetek fotoszintézisre képes, aktív klorofil-molekulákat tartalmazó, a fotoszintézis második fotokémiai rendszerének (PSII) épségével (von Willert et al., 1995; DeEll et al., 1999).

A fotoszintetizáló növényi szövetek thylakoid membránjaiban a klorofil-molekulák által elnyelt fényenergia két módon kerülhet felhasználásra: 1. a fotoszintézis fotokémiai folyamatai energiaigényének biztosítására (ATP, NADPH/H⁺), 2. a fotoszintézisre fel nem használt energiamennyiség leadható hő formájában. A fennmaradó mennyiség kibocsátható fényként (kb. 680-720 nm), azaz klorofil-fluoreszcenciaként, ami klorofil-molekulák által elnyelt teljes fényenergia kb. 1-3 %-a (Krause és Weis, 1991; von Willert et al., 1995; Maxwell és Johnson, 2000; Herppich, 2001; Müller et al., 2001).

A mérési módszer alapja a Kautsky és munkatársai által megfigyelt (Kautsky et. al., 1960), valamint Krause és munkatársai által Kautsky-effektusnak elnevezett (Krause és Weis, 1991) jelenség. Hosszabb ideig sötétben tartott fotoszintetizáló növényeknél kb. 1 másodperccel a világosba áthelyezést követően klorofil-fluoreszcencia növekedés tapasztalható. A sötétben tartott növényi szövetben a PSII majdnem az összes, a fényenergia által gerjesztett elektront tovább tudja adni, és a fluoreszcencia mértéke minimális (F₀). Folyamatos megvilágítás hatására a klorofil-fluoreszcencia eléri a maximális értékét (F_m), ahol a PSII csak kis részét képes továbbítani a gerjesztett elektronoknak. A maximális és a minimális klorofil-fluoreszcencia különbsége [9] adja a változó, azaz az F_v értéket (van Kooten és Snel, 1990; Maxwell és Johnson, 2000; Pompodakis et al., 2005).



$$F_v = F_m - F_o \quad [9]$$

$$\frac{F_v}{F_m} = \frac{F_m - F_o}{F_m} \quad [10]$$

6. ábra. A klorofil-fluoreszcenciagörbe jellegzetes lefutása és jellemző pontjai (www.psi.cz), illetve az PSII relatív elektrontranszportjának hatékonyságát jellemző F_v/F_m hányados számítása.

Az F_v/F_m arány [10] általánosan használt érzékeny, megbízható jelzőszám, amellyel a fotoszintetikus rendszer (PSII) maximális relatív elektrontranszportjának hatékonysága, azaz a zöld növényi szövetek fényenergia-felhasználásának, valamint a kloroplasztok aktivitásának mértéke jellemezhető. Az F_v/F_m arány maximális értéke kb. 0,83-0,85 között lehet. Külső, illetve belső tényezők hatására kialakuló fiziológiai változások (pld. érés, öregedés, stb.) hatására az F_v/F_m érték csökkenése mutatható ki (van Kooten és Snel, 1990; Lurie et al., 1994; Tijssens et al., 1994; von Willert et al.; 1995; Saquet és Streif, 2002; Kosson, 2003; Bron et al., 2004; Pompodakis et al., 2005). A fluoreszcenciagörbe jellegzetes lefutását és jellemző pontjait Lavorel és Etienne dokumentálta 1977-ben (van Kooten és Snel, 1990) (6. ábra).

A klorofil-fluoreszcencia mérési módszer fejlődése (Nedbal et al., 2000b):

- Kautsky és Hirsch 1931: levelek klorofil-fluoreszcencia intenzitásának vizsgálata szabad szemmel színes üvegen keresztül, kezdetleges laborműszerek.
- 1960-1980-as évek közepe: háttér-, illetve direkt megvilágításban is alkalmazható, a mérőfény nagyfrekvenciájú fel- és lekapcsolásával („modulálás”) működő PAM („Pulse Amplitude Modulated”) fluorométerek.
- Élő növények fluoreszcencia-jellemzőinek mérésére alkalmas, kis felületen érzékelő műszerek: „Multi-Flash Kinetic Fluorometer”, „Plant Efficiency Analyzer”, „Fast Repetition Rate Fluorometer”, „Double-Modulation Fluorometer”.
- A CCD („Charge-Coupled Device) digitális kamerák, a számítástechnika együttes alkalmazásával folyamatos üzemű, növényi részek és teljes, ép növények klorofil-fluoreszcencia jellemzőinek átfogó, kétdimenziós képi megjelenítésére képes berendezések, pld. FluorCam (PSI) (Maxwell és Johnson, 2000; Nedbal et al., 2000a, 2000b és 2000c; Soukupová et al., 2001).

A klorofil-fluoreszcencia alkalmazási területei

A klorofil-fluoreszcencia, a fotoszintetikus aktivitás, valamint annak változása érzékeny indikátora, jelzőfaktora a fotoszintézis stabilitásának és hatékonyságának. Ez tükrözi a termés vitalitását és minőségét befolyásoló belső (érettségi állapot, öregedés mértéke, stb.) és külső tényezők (stresszfaktorok: magas sótartalom, szárazság, magas fényintenzitás, alacsony, illetve magas hőmérséklet, fagyás, stb.) hatását (Herppich, 2001). Sokat ígérő lehetőséget biztosít a minőség mérhetővé tételére, előrejelzésére. Segítségével a természetes érési és öregedési folyamatok, vagy külső stresszfaktorok okozta sejtkárosodások még a látható tünetek kialakulása előtt kimutathatóak, azonosíthatóak (pld. Smillie et al., 1987; Woolf és Laing, 1996; Meir et al., 1997; DeEll et al., 1999; Nedbal et al., 2000a és 2000b; Saquet és Streif, 2002; Huybrechts et al., 2003; Bron et al., 2004; Lötze et al., 2006).

A stresszfaktorok hatásának vizsgálata és a tárolás során bekövetkező változások előrejelzésénél az alacsony hőmérsékleten, illetve az azt követő szobahőmérsékletű polcontartás

során kialakuló hidegkárosodás klorofil-fluoreszcencia segítségével történő vizsgálatával számos kutató foglalkozik.

Tijksens és munkatársai (1994) hidegkárosodást okozó körülmények mellett az uborka és paprika PSII elektrontranszportjának hatékonyságát vizsgálva megállapították, hogy az F_v/F_m érték csökkenése összefüggésben áll egy, az Arrhenius-i összefüggés szerinti hőmérséklet- és időfüggő enzimgátlási mechanizmussal.

Meir és munkatársai (1997) a klorofil-fluoreszcencia módszerét a bazsalikomlevelek hidegkárosodásának becslésére, előrejelzésére használták. 4 és 8 °C-on a hidegkárosodás látható tünetei eltérő mértékben már 4 nap után jelentkeztek. 4 °C mellett az F_v/F_m a 4. napig tartó meredek csökkenést követően, míg 8 °C mellett a 4. napot követő emelkedés után állandósult. A triazolos kezelés megakadályozta a hidegkárosodásra utaló szignifikáns F_v/F_m -csökkenést. Megállapításaik szerint az F_v/F_m jó jelzőszáma a hidegérzékenységnek, mivel az F_v/F_m szignifikáns változása a hidegkárosodási hőmérsékleten a tárolás 1. napját követően, jóval a látható tünetek megjelenése előtt már utalt a hidegkárosodásra.

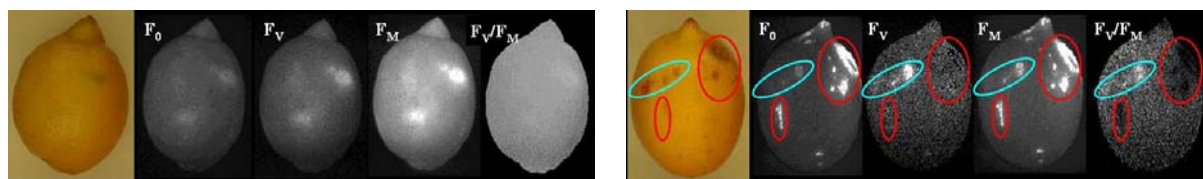
Purvis (2002) zöldpaprika esetében difenilaminos (DPA) kezelés hatását vizsgálta a felületi foltosodásként jelentkező hidegkárosodás mértékének csökkentésére. A friss állapotban mért klorofil-fluoreszcencia jellemzők mindegyikében (F_0 , F_v , F_m ; $F_v/F_m=0,85$) már az 1 °C-os tárolás 1. napja után is jelentős változás következett be. A hidegkárosodás látható tünetei csak a többnapos 1 °C-os tárolás során jelentkeztek. A DPA-kezelés szignifikánsan csökkentette a hidegkárosodás okozta F_m -érték csökkenését. A hidegkezelés hatására adott gyors, a klorofil-fluoreszcencia jellemzőkben bekövetkező változás alapján a klorofil-fluoreszcencia analízis megbízhatóan alkalmazható a hidegérzékeny és a hidegrezisztens szövetek megkülönböztetésére, azonban a hidegkárosodás mértékének megállapítására nem, csak a károsodás jelzésére alkalmas.

Kosson (2003) zöldpaprikánál vizsgálta az 1-8 °C közötti hőmérséklet és a PE-csomagolás hatását a klorofil-fluoreszcencia jellemzőkre, valamint a hidegkárosodás tüneteinek kialakulására. Az 1 °C-os hidegkárosodási hőmérsékletnél az F_v/F_m érték fokozatos csökkenése (0,85→0,55) a tárolás 3. napjától jelezte a hidegkárosodás által kiváltott PSII-károsodást (18. nap: 0,45). A csomagolatlan mintákon a hidegkárosodás látható tünetei csak a tárolás 6. napjától, illetve a hidegtárolás 3. és az azt követő szobahőmérsékletű tárolás 3. napjától jelentek meg. A PE-csomagolás szignifikánsan, 6 nappal késleltette 1°C-on a tünetek megjelenését, 3 nappal az azt követő szobahőmérsékleten tárolva, illetve 18 nappal 4 °C-os tárolás mellett.

DeEll és Toivonen (2000) a klorofil-fluoreszcencia anaerob légzésindikátorként történő alkalmazhatóságát vizsgálta brokkoli módosított atmoszférás csomagolásánál (MAP). 28-napos 1 °C-os tárolást követően a CO₂-akkumulációt biztosító csomagokon belül alkoholos erjedési folyamatok jelei voltak tapasztalhatóak az optimális gázösszetételt biztosító csomagolásban tárolt

mintákénál alacsonyabb F_v/F_m érték mellett. A klorofil-fluoreszcencia módszerével megbízhatóan, gyorsan és roncsolásmentesen volt meghatározható a brokkoli minősége.

Nedbal és munkatársai (2000a) citrom esetében megállapították, hogy a fotoszintetikus folyamatok a klorofil-fluoreszcencia módszerével mérhetőek, nyomkövethetőek. A citromhéj klorofil-fluoreszcencia jellemzőinek változása alapján előrejelezhetőek voltak a látható felületi elváltozások, károsodások (penészesedés), valamint a sérült területek kiterjedése gyorsan meghatározható volt (7. ábra). Citromnál - az irodalommal ellentétben - nem az F_v/F_m , hanem az F_0/F_v hányados biztosított szignifikánsan jobb elkülöníthetőséget a fertőzött és ép területek, minták között. A rendszer automata válogatórendszerbe építve alkalmas lehet a minőségi hibás gyümölcsök még a látható tünetek kialakulását megelőző azonosítására.



7. ábra. Két zöld folttal rendelkező citromról készített színes kép és a klorofil-fluoreszcenciás felvételek összehasonlítása (balra), valamint a szemmel látható felületi sérülések, penészfertőzések és az ép területek közötti fluoreszcencia-különbségek bemutatása (jobbra) (Nedbal et al., 2000a).

Az érettségi állapot változása és a klorofil-fluoreszcencia kapcsolata

A fotokémiai aktív klorofil-molekulák mennyiségének, a második fotokémiai rendszer (PSII) csökkent aktivitásának, valamint a megnövekedett klorofiláz enzimaktivitásnak köszönhetően a zöld szín eltűnésével a klorofil-fluoreszcencia mértéke az érési folyamatok, az öregedés előrehaladtával csökken (Smillie et al., 1987; Bron et al., 2004).

Bron és munkatársai (2004) szerint a papaya klorofil-fluoreszcencia jellemzői (F_0 , F_v , F_m , F_v/F_m , F_m/F_0) alapján az eltérő érettségi állapotok jó elkülöníthetőek voltak. Az F_0 és az F_m jellemző adta a legjobb korrelációt a felületi szín és a gyümölcskeménység változásával. Több minőségjellemzővel együtt a klorofil-fluoreszcencia jellemzők meghatározása egy hasznos, kiegészítő roncsolásmentes módszer lehet a papaya minőségének objektív meghatározására, valamint a látható tünetek kialakulása előtt azonosíthatóak a természetes érési-öregedési folyamatok és a külső stresszfaktorok okozta sejten belüli károsodás.

Éretlen (zöld), fogyasztásra érett és túlrett paradicsom fotoszintetikus aktivitásának változását vizsgálták Carrara és munkatársai (2001). Az érés során a klorofiltartalom csökkenésével együtt csökkentek az F_0 és az F_m jellemzők is. Még az érett és a túlrett paradicsomminták esetében is volt mérhető klorofil-fluoreszcencia, jelezve a második fotokémiai elektrontranszport rendszer (PSII) működőképességét még előrehaladott érettségi állapot esetében is.

Bodria és munkatársai (2002) a klorofil-fluoreszcencia, a felületi reflexió mérésével, illetve az érettségi állapotot jellemző keménység, a vízdoldható szárazanyagtartalom, valamint a

klorofiltartalom közötti összefüggést határozták meg alma- és barackfajták esetében. A klorofiltartalom fluoreszcenciamérésen alapuló meghatározása fontos roncsolásmentes, az érettségi fokot jellemző mérőszámmá teszi a klorofil-fluoreszcencia jellemzőket. Alma esetében jól korreláltak a fluoreszcencia-jellemzők a keménységgel, illetve a cukortartalommal, míg baracknál a korreláció mértéke fajtafüggő volt.

Összefoglalva, a klorofil-fluoreszcenciamérés nagy jelentőségű, roncsolásmentes, számos előnnyel rendelkező módszer. Alkalmazásával a szedést megelőző és az azt követő időszak változásairól, a növényi fotoszintetikus rendszer állapotáról, a külső stresszfaktorok hatásáról szerezhetünk gyors, objektív és jól értékelhető információt. Előnyös, hogy sok esetben a klorofil-fluoreszcencia jellemzők változása jóval a látható tünetek megjelenését megelőzően jelzi a minőségváltozásokat, valamint a minőségváltozás nyomonkövethető vele.

A klorofil-fluoreszcencia jellemzők meghatározását étkezési paprika esetében is alkalmazhatónak tartom, különösképpen az F_v/F_m érték csökkenése terén bekövetkező változások alapján a paprika fiziológiai állapotának vizsgálatára. Lehetséges vizsgálati terület a tárolási körülmények (pld. hőmérséklet, csomagolás) hatásának vizsgálata, valamint az érettségi állapot az egyszerű felületi színmérésnél komplexebb információt adó fluoreszcencia-jellemzők változásán alapuló vizsgálata.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER:

3.1. Nyersanyagok

Vizsgált étkezési paprikafajták és főbb jellemzőik

Vizsgálataim során pontosan ismert eredetű és minőségű, hideghajtatott Hó, HRF és Kárpia étkezési paprikahibrideket vizsgáltam. Ezek főbb jellemzői az alábbiak:

Hó: Édes, fehér húsú, folytonnövő hibrid; erős növekedési ütemmel, csüngő állású és igen nagy méretű bogyókkal. A vállszélesség 6-8 cm, a terméshossz 13-15 cm, az átlagos bogyótömeg 90-120 g, a húsvastagság 4-5 mm. Kiegyensúlyozott érésdinamikájú fajta. A bogyók méretükben gyorsan eléri a szedésre megfelelő méretet (hossz és vállátmérő), de a hús csak ezután kezd el vastagodni, ezért a kéthetes szedésforgó adhat a friss állapotban történő értékesítéshez megfelelő minőséget. Piacos, jól pulton tartható, jól tárolható árut biztosít (Semini-katalógus 2005-2006) (8. ábra).

HRF: Édes, fehér húsú; közepes növekedési ütemű hajtatott, folytonnövő hibrid. Támrendszeres termelőrendszerben eredményesen termelhető fajta. Termése felálló, amely fejlődése során csüngővé válik. A bogyó vállszélessége 5-7 cm; hossza 12-14 cm; az átlagos bogyótömeg 70-90 g; a húsvastagság 3-5 mm. Korai érésű fajta, a termés végső méretét gyorsan eléri, s súlya ezután folyamatosan gyarapszik. A termésminőség kiváló, jól pulton tartható. Kiegyenlített osztályozottsága miatt jól eladható, piacos árut biztosít (Semini-katalógus 2005-2006) (8. ábra).

Kárpia: Édes, zöld-piros színátmenettel érő, vastag húsú, a megszokottnál kissé vastagabb héjú, lapított és általában kétrekeszű bogyókat termő fajta. Balkánon elterjedt és Európa-szerte népszerű kápia típusú fajta. Termése keresett a friss fogyasztásra is, mivel kiváló minőségű és ízű. Kitűnő zamata különösen sütvé érvényesül. Ipari feldolgozásra is megfelel, magas szárazanyag- és rosttartalmának, illetve kiváló színének köszönhetően mind az őrlemény-, mind az ízesítőkrémgyártásban fontos alapanyag. A vállszélesség: 4-6 cm, terméshossz: 12-15 cm, átlagos bogyótömeg: 65-85 g, húsvastagság: 4-5 mm. Hosszan pulton tartható bogyói mind piros, mind zöldérett állapotban fogyaszthatóak (Semini-katalógus 2005-2006) (8. ábra).

A vizsgálataim során felhasznált paprikaminták tavaszi ültetésű, támrendszeres művelésű, csepegtető öntözésű és tápanyagellátású, fóliasátorban nevelt állományból származtak, nyárvégi és őszi szedéssel. A bogyók szakértői megítélés alapján fogyasztásra érett állapotban, az általános gyakorlatnak megfelelően a kemény hús, feszes, fényes felület elérésekor, fajtától függően sárgásfehér (Hó és HRF), illetve zöld, vagy piros (Kárpia) szín elérésekor kerültek leszedésre. Csak az ép, egyöntetű és egészséges bogyók kerültek 24 órán belül felhasználásra, előkészítés (mosás, kocsányvég-visszavágás, viaszolás, stb.) nélkül.



Forrás: www.zoldseg.kee.hu/zoldseg



Fotó: Zsom T., 2003











Forrás: Seminis katalógus 2005-2006

8. ábra. HRF (A), Hó (B) és Kárpia (C) étkezési paprikahibridek.

A vizsgált paprikaminták érettségi állapotát a felületi szín alapján egy 1 és 8 közötti értékekkel jellemzett érettségi skála segítségével határoztam meg. Ennek néhány, jelentősebb színváltozást mutató lépcsője az 1. táblázatban látható. A fogyasztásra érett állapot a Hó és a HRF fajta esetében az 1. érettségi fok (sárgásfehér hús- és héjszín), míg a Kárpia fajta esetében 8. érettségi fok (piros szín hús- és héjszín). A Kárpia fajtánál az 1. érettségi fokú, zöld héj- és hússzínű bogyók is fogyaszthatóak. Mindkét fajtánál teljes érettséget, azaz a biológiai érettségi állapotot, a piros héj- és hússzínnel jelentkező 8. érettségi állapot jelenti.

1. táblázat. Hó, HRF és Kárpia paprikák jellemző érettségi állapotai.

Érettségi állapot		Hó, HRF	Kárpia
1.	fogyasztói érett		
3.	„enyhén pirosodó”		
5.	„pirosodó”		
8.	érett (piros)		

3.2. Kezelések

A Hó, a HRF és a Kárpia paprikafajták vizsgálati során az alábbi kezeléseket alkalmaztam:

Tárolási és csomagolási mód:

- hőmérséklet 4 °C, 7 °C, 10 °C hűtőtárolás, szobahőmérséklet,

- polcontartás szobahőmérsékleten, normál légkörben,
- MAP-csomagolás 1,5 % CO₂ + 4,5 % O₂, N₂-keverékkel (Messer Hungarogáz Kft., Budapest) átöblített csomagok,
- SZL-tárolás: normál légköri gázösszetétel, valamint 1-1,5 % O₂ + 0-1 % CO₂, 1-1,5 % O₂ + 2,5-3 % CO₂, 3 % O₂ + 1-1,5 % CO₂ mellett.
- csomagolás nélkül,
- LDPE (kis sűrűségű polietilén), RotaPack Rt., Szeged, 15-20 µm vastagság,
- PP (polipropilén), TVK, Tiszaújváros, 25 µm vastagság,
- PA+PE (poliamid-polietilén kombinált fólia), Wipak Multibarrier 8, Solvent Kereskedőház Rt., Budapest, 150 µm vastagság,
- egyedi csomagolás, 3-5 db paprika / csomag, fogyasztói csomagolás 8-10 db/ csomag.

Páratartalom: csomagolás mellett min. 80 %, míg csomagolatlan minták hűtőtárolásánál 60-65 % relatív páratartalom, de a vizsgálatok idején nem volt lehetőségem precízen meghatározni az aktuális páratartalmat.

Tárolási idő: kísérlettől függően min. 1 hét, max. 7 hét.

Érettségi állapot (1-8 közötti skálán): fogyasztói érett (1) → biológiailag érett (8).

Kísérletes munkám során végzett vizsgálataim főbb jellemzőit a Melléklet 1. táblázatában foglaltam össze.

3.3. Vizsgálati módszerek

A Hó, a HRF és a Kárpia paprika szedést követő tárolása alatti, a külső és belső tényezők által a minőségváltozásra gyakorolt hatás meghatározására, valamint a minőségváltozás objektív meghatározása és nyomonkövetése érdekében a következő módszereket alkalmaztam:

* ***Tárolási, eltarthatósági vizsgálatok, fajtajellemző viselkedés, a fiziológiai elváltozások azonosítása, az optimális tárolási körülmények meghatározása***

* ***Állománymérési módszerek:***

- Roncsolásos állományvizsgálat: Magness-Taylor húskeménységmérés,
- Roncsolásmentes állományvizsgálat: precíziós penetrométeres keménységmérés, impakt ütészvizsgálati keménységmérés, akusztikus keménységmérés.

* ***Optikai vizsgálati módszerek***

- színmérési módszerek (tristimulusos, képelemzés),
- klorofil-fluoreszcencia analízis,
- transpirációs jellemzők meghatározása termográfiával.

* ***Légzésintenzitás meghatározása***

* **Roncsolásos minőségvizsgálati módszerek**

- membránpermeabilitás meghatározása,
- vízállapot-jellemzők meghatározása.

3.3.1. A paprika hidegkárosodásának és eltarthatóságának vizsgálata

a) *A hidegkárosodás, a tömegveszteség és a hűtőtárolási hőmérséklet közötti kapcsolat*

Vizsgált paprikafajták: Hó és HRF fogyasztói érettségi állapotban (1.), csomagolás nélkül tálcákra téve. *Mintaszám:* 8-8 db paprika/tálca, 9-9 tálca/fajta.

Tárolási időtartam és hőmérséklet: 3 hét és 4 °C, 7 °C, 10 °C-os hűtőtárolás, fajtánként és tárolási hőmérsékletenként minden hét hűtve tárolást követően 1-1 hét szobahőmérsékletű polcontartás. Az eltarthatósági vizsgálatokhoz irCAREL IR32SE elektronikus hőmérséklet-szabályozóval ($\pm 0,5$ °C) ellátott Zanussi-LEHEL háztartási hűtőszekrényeket használtam.

Vizsgálatok és megfigyelések: a hűtőtárolás és a szobahőmérsékletű polcontartás alatti tömegveszteség (%) és fiziológiai változások megfigyelése, valamint az irodalomban közölt tüneti leírások (Weichmann, 1987, Böttcher, 1996) alapján a mikrobiológiai elváltozások azonosítása. A három hűtőtárolási hőmérsékletre tartozó tömegveszteség, romlási és elváltozási tünetek alapján hűtőtárolási hőmérsékleti küszöbérték meghatározása, hidegkárosodási körülmények azonosítása.

b) *Hőmérséklet és csomagolás együttes hatása a minőségi jegyekre és az eltarthatóságra*

Vizsgált paprikafajták: Hó és HRF fogyasztói érettségi állapotban (1.), LDPE-csomagolás (15-20 μm) mellett. *Mintaszám:* hőmérsékletenként és fajtánként 15-15 db, 3-3 db paprika/csomag.

Tárolási időtartam és hőmérséklet: 27 nap, 4 °C, 7 °C, 10 °C-os hűtőtárolás.

Vizsgálatok és megfigyelések: csomagokon belüli gázösszetétel mérése PBI Dansensor Combi-Check 9800-1 gázelemzővel (Melléklet 1. ábra), hűtőtárolás alatti tömegveszteség (%) és fiziológiai változások, romlási tünetek megfigyelése, százalékos megoszlás meghatározása. A kialakuló egyensúlyi mikroklíma minőségre és eltarthatóságra gyakorolt hatásának meghatározása.

A PBI Dansensor Combi-Check 9800-1 típusú gázelemző a gáz minta O_2 -tartalmát paramágneses elven, a CO_2 -tartalmát a széndioxid koncentráció függvényében változó mértékű infravörös sugárzáselnyelés alapján méri 0-100 % O_2 és 0,01 % - 100 % CO_2 mérés tartományban.

3.3.2. Minőségváltozás és eltarthatósági idő a paprika fogyasztói kiszérése mellett

Vizsgált paprikafajta: fogyasztói érettségi állapotú Hó, 6-6 db 1 kg-os (8-10 db paprika/csomag) LDPE- (15-20 μm) és PP-fóliás (25 μm) fogyasztói csomag, illetve csomagolatlan kontrollminták. A kezeléseket a két fóliatípus, valamint a normál kiindulási gázösszetételű (passzív MAP) és módosított atmoszférájú, 1,5 % CO_2 + 4,5 % O_2 , N_2 -keverékkel átöblített légterű csomagolás (aktív MAP) jelentette.

Tárolási hőmérséklet és időtartam: 7 °C-os hűtőtárolás mellett öt hét.

Vizsgálatok: csomagokon belüli gázösszetétel-változás mérése PBI Dansensor Combi-Check 9800-1 gázelemzővel, fiziológiai elváltozások (utószínesedés, felületi elváltozások, romlási tünetek), illetve a piacképes hányad (%) meghatározása, 9-pontos rangsorolásos (1-legrosszabb, 9-legjobb) érzékszervi bírálatok (szín, íz, illat, állomány) hetente (10-15 bíráló).

3.3.3. A paprika állományváltozása

Vizsgálatok helyszínei: Institut für Agrartechnik Bornim e.V. ATB, Abteilung Technik im Gartenbau, Potsdam, Németország (ATB-Potsdam), Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar (BCE-ÉTK), Fizika-Automatika Tanszék.

3.3.3.1. A roncsolásos, Magness-Taylor féle húskeménység-vizsgálat

Vizsgált fajták: fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8).

Kezelések. LDPE-csomagolásban (15-20 µm, 4-4 db paprika / csomag) és csomagolatlanul 10 és 20 °C-on történő 21 napos (BCE-ÉTK), illetve 28 napos (ATB-Potsdam) tárolás. *Mintamennyiség:* BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszék: 160 db/fajta, 40db/kezelés és fajta, 4db paprika/mérési alkalom, 2-2 mérés hús és héj irányából/paprika. ATB-Potsdam: 108 db/fajta, 27db/kezelés és fajta, 3db paprika/mérési alkalom, 1-1 mérés hús és héj irányából/paprika.

A vizsgált paprikabogyók húsból kivágott szelet (kb. 30*30mm) húskeménységének roncsoláshatárig történő mérésére a héj, illetve a hússzövet irányából került sor az SMS-TA-XT2i (BCE-ÉTK) és a Zwicki 1120 (ATB-Potsdam) precíziós penetrométerrel (9. ábra). A méréseket 11 mm átmérőjű Magness-Taylor mérőfejjel végeztem úgy, hogy a mérőfejjel a minta húskeménységét egy, a mérőfej átmérőjének megfelelő lyukméretű fémlapon keresztül átnyomva mértem meg. A 20°C-on tárolt mintáknál kétnaponta, míg a 10 °C-on tárolt mintáknál háromnaponta került sor a minták minőségváltozásának meghatározására.

3.3.3.2. Roncsolásmentes állományvizsgálatok. Az érettségi állapot és a csomagolás, valamint a hőmérséklet hatása az állományváltozásra

a) *Érettségi állapot és csomagolási mód hatása. Vizsgált minta:* Hó, három érettségi fokban. *Éretlen (-1):* a bogyók felülete zöldesfehér színű, fénytelen, tapintásra puha; a bogyó még fogyasztásra éretlen. *Fogyasztói (1):* fogyasztásra érett, a bogyó viaszos, fényes, fehér színű, tapintásra kemény. *Érett, pirosodó (2-3):* enyhe sárgás-pirosas színesedésnek indult, feszes, kemény, viaszos felületű bogyók. *Mintamennyiség:* 15 db paprika/kezelés érettségi fokonként, 3 mérés/paprika. *Tárolási mód és kezelés:* 7 °C-os hűtőtárolás 32 napig, LDPE-csomagolás (15-20 µm), illetve csomagolatlan tárolás.

Vizsgált minta: Hó, fogyasztói érettségű (1) paprika. *Tárolási mód és kezelés:* 21 napos 7 °C-os hűtőtárolás, egyedi csomagolás PP (25 µm), PA+PE fóliába (150 µm). *Mintamennyiség:* 15-15 db

paprika/kezelés. Csomagokon belül kialakuló gázösszetételt a PBI Dansensor Combi-Check 9800-1 gázelemzővel határoztam meg.

b) *Tárolási hőmérséklet hatása. Vizsgált minta:* fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8).

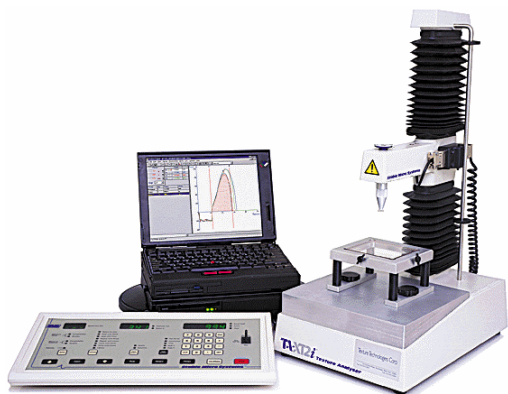
Kezelések. LDPE-csomagolásban (15-20 μm , 4-4 db paprika/csomag) és csomagolatlanul 10 és 20 °C-on történő 21 napos (BCE-ÉTK), illetve 28 napos (ATB-Potsdam) tárolás. *Mintamennyiség:* BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszék: 160 db/fajta, 40db/kezelés és fajta, 3db mérés/paprika. ATB-Potsdam: 108 db/fajta, 27db/kezelés és fajta, 2db mérés/paprika.

Roncsolásmentes állományvizsgálatokat a bogyókeménység, a rugalmassági modulus (E, N/mm) meghatározására a paprikabogyó felületén, megközelítőleg a paprikatest középvonalában egy SMS-XTA2i (BCE-ÉTK), valamint egy Zwicki 1120 (ATB-Potsdam) precíziós asztali penetrométerrel végeztem (9. ábra). A terhelőerő-deformáció jelleggörbe felvétele $F_{\text{max}} = 2\text{N}$ elérésig tartott egy 11mm átmérőjű Magness-Taylor-mérőfejet használva. A paprika mérési ponttal átellenes oldali sérülésének elkerülésére a mintákat lágy alátámasztásra, finom szemcséjű homokágyba helyezve mértem. *Mérési gyakoriság:* 3-5 naponként ugyanazokon a bogyókon, 3 mérési pont/paprika, 3 ismétlés/mérési pont.

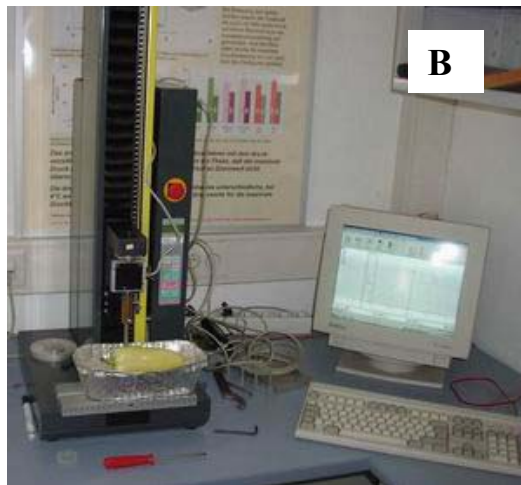
SMS-XT2i és a Zwicki 1120 típusú számítógép-vezérlésű univerzális asztali penetrométer

A BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén található SMS-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., UK) mérőberendezés, illetve a Zwicki 1120 (Zwick GmbH, Ulm, Németország) univerzális állománymérő (ATB-Potsdam), roncsolásos és roncsolásmentes állományvizsgálatok elvégzésére is alkalmas célműszerek (9. ábra).

A



B



Forrás: BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszék

Fotó: Zsom T., 2003

9. ábra. SMS-XT2i (A) és a Zwicki 1120 típusú (B) univerzális asztali penetrométer.

Erőérzékelőből, egy álló mintatartó, -befogó egységből, valamint egy motoros mozgatású, a különböző mérőfejek befogására alkalmas mozgó mérőegységből állnak. Saját kezelőfelületükről, vagy a Texture Expert for Windows (SMS-XT2i), illetve a testXpert[®] (Zwicki 1120) programmal számítógéppel vezérelhetőek. Kézi kiértékeléssel, illetve előre megírt kiértékelő program (makró)

alapján a reológiai alapadatok meghatározására alkalmasak. A mért és számított reológiai jellemzők alapján a program segítségével meghatározható a vizsgált minta állományában, szerkezetében bekövetkező változások mértéke.

3.3.3.3. Ütésvizsgálati keménységméréssel történő keménységvizsgálat

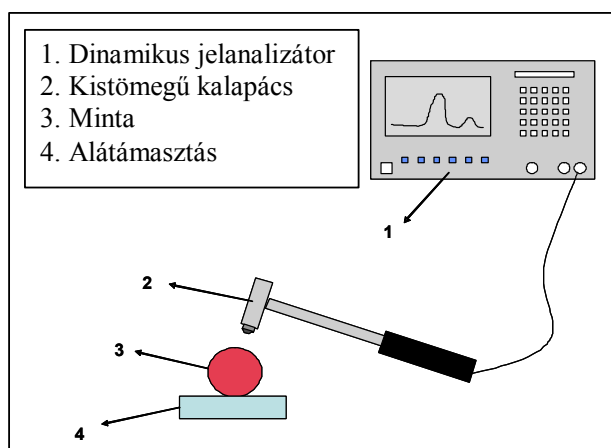
a) *Vizsgált fajták:* fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) paprika.

Kezelések. LDPE-csomagolásban (15-20 µm, 4-4 db paprika / csomag) és csomagolatlanul 10 és 20 °C-on történő 21 napos (BCE-ÉTK) tárolás. *Mintamennyiség:* 160 db/fajta, 40db/kezelés és fajta, 3db mérés/paprika.

A 20°C-on tárolt mintáknál kétnaponta, míg a 10 °C-on tárolt mintáknál háromnaponta került sor a paprikabogyók keménységének meghatározására közelítőleg a paprikatest középvezetékében.

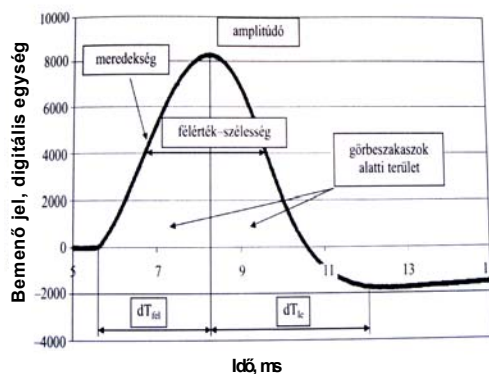
b) *Vizsgált fajták:* fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8) (150 db/fajta, kezelés). *Szabályozott légterű tárolási körülmények:* 7-8 °C, 90-95 % relatív páratartalom, 21 % O₂ + 0,03 % CO₂ (kontrol), 1,0-1,5 % O₂ + 0-1%CO₂, 1,0-1,5 % O₂ + 2,5-3,0 % CO₂, 3 % O₂ + 1,0-1,5 % CO₂, valamint a tárolási időtartam 40. napjáig 3 % O₂ + 4-5 % CO₂.

Az „impakt” ütészvizsgálati keménységmérésre alkalmas rendszer egy piezo-elektromos elven működő gyorsulásérzékelővel ellátott ütészvizsgáló kalapácsot (PCB, USA), egy jelátalakító elektronikus egységet, valamint egy HP 35670A típusú dinamikus jelanalizátort tartalmaz (10. ábra). A módszer továbbfejlesztett változatában a kalapácsban lévő gyorsulásérzékelő feszültségjele a jelátalakítón keresztül számítógépre kerül. Ezt követően egy speciális, a BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén kifejlesztett programmal történik a mért értékek elemzése (Felföldi és Ignát, 1999).



Forrás: Felföldi és Ignát (1999)
10. ábra. Az ütészvizsgálati, impakt állománymérési módszer elrendezése.

A felvett jelváltozás időbeli lefutását leíró görbén meghatározásra kerülnek a kezdeti és maximum ponthoz tartozó időértékek (11. ábra). Az állomány jellemzésére, az előzetes mérések alapján kialakított dinamikus ütészvizsgálati keménységtényező $D = 1/\Delta T^2$ [1/ms²] került meghatározásra (Felföldi és Ignát, 1999; Felföldi és Fekete, 2000).



11. ábra. Az erő- (vagy gyorsulás-) jel lefutása az ütésvizsgálat során (Baranyai és Kókai, 2006).
 A ΔT a gyorsulás- vagy erőérzékelő szinuszos jelleggörbéjének kezdeti és maximum pontjához tartozó időértékek különbsége (ms). Értéke a fékeződő tömegtől és a keménységfüggő fékezőerőtől függ.

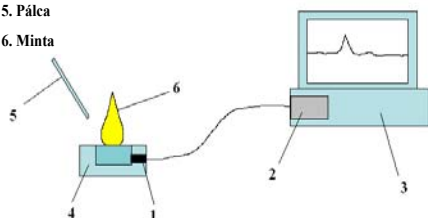
3.3.3.4. Az akusztikus módszerrel történő keménységvizsgálat

a) *Vizsgált fajta:* 65 db 2-3-as érettségi állapotú („füstös”) Kárpia. *Tárolási körülmények, kezelések:* 10 °C és 20 °C-on történő egyhetes tárolás LDPE csomagolásban (15-20 μ m, 15 darab/hőmérséklet, 5 csomag/hőmérséklet, 3 db/csomag) és csomagolás nélkül (13-13 darab/hőmérséklet).

b) *Vizsgált fajták:* fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8) (150 db/fajta, kezelés). *Szabályozott légterű tárolási körülmények:* 7-8 °C, 90-95 % relatív páratartalom, 21 % O₂ + 0,03 % CO₂ (kontrol), 1,0-1,5 % O₂ + 0-1%CO₂, 1,0-1,5 % O₂ + 2,5-3,0 % CO₂, 3 % O₂ + 1,0-1,5 % CO₂, valamint a tárolási időtartam 40. napjáig 3 % O₂ + 4-5 % CO₂.

Az akusztikus állományvizsgálat során a lágycsúcs alátámasztásra kocsánnyal lefelé, állítva elhelyezett, majd egy pálcával a csúcsi részén gyengéden gerjesztett (megütött) paprika hangválasza egy mikrofon segítségével precíziós hangkártyán keresztül számítógépbe, illetve egy HP 35670A (Dynamic Signal Analyser) dinamikus jelanalizátorba került bevezetésre (12. ábra).

1. Mikrofon
2. Hangkártya
3. Számítógép
4. Alátámasztás
5. Pálca
6. Minta



Forrás: BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszék



Forrás: Muha és Istella, 2005

12. ábra. Az akusztikus mérőrendszer.

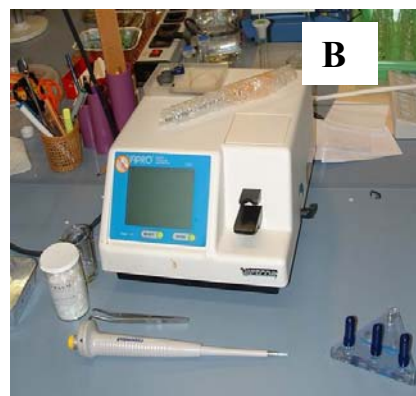
Ez a jellemző rezonancia frekvencia (f , Hz) információt hordoz a keménységről, az állományról (Felföldi, 1996a, 1996b). A terményre jellemző rezonanciafrekvencia egy, a BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén kifejlesztett speciális programmal került meghatározásra. A jellemző

frekvenciából és a tömegeből a terményre jellemző akusztikus keménységtényező, $S = f^2 \cdot m \cdot 10^{-6}$ [N/mm] került meghatározásra (Fekete és Felföldi, 2002).

3.3.4. A vízállapot-jellemzők meghatározása

Vizsgált fajták és tárolási időtartam: fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8), 10 °C és 20 °C-on LDPE (15-20 µm) csomagolásban történő 28 napos tárolása. 7 mm átmérőjű és 2 mm vastag paprikahús-mintákból, HR-33T mikrovoltméter, 9 db Wescor C-52 típusú harmatponti higrométerrel, valamint Wescor VAPRO 5520 ozmométerrel történt a vízállapotjellemzők meghatározása. Mintamennyiség: 5db paprika/kezelés és fajta, 3 minta/paprika.

A vízállapot-jellemzők meghatározására alkalmas speciális mérőberendezés a potsdami Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., ATB kutatóintézetben található meg. A mérőrendszer (13. ábra) egy pszihrometrikus elven működő, harmatpont-higrométer (levegő nedvességtartalom-mérő). A berendezés egy PS-10 kapcsolóegységen keresztül összekapcsolt 9 darab C-52 harmatpont-higrométer kamrából és egy HR-33T mikrovoltmérőből (Wescor Inc., USA) áll. A berendezés automatikusan tartja adott harmatponti hőmérsékleten a hozzá kapcsolt mérőkamrák termoelemeinek hőmérsékletét. A mért mikrofeszültségek meghatározása történhet egyszerű leolvasással, illetve a számítógépes program segítségével. Ezen adatok alapján kerülnek meghatározásra a minták vízpotenciáljai. A Wescor Vapro 5520, harmatponti vízgőznyomás-meghatározás (vízgőznyomás-ozmometria) elvén működő, nagyon kis ozmolalitás-változások ($\pm 1 \text{ mmol kg}^{-1}$) mérésére alkalmas ozmométer. A berendezés egy állandó, 25 °C-os belső hőmérsékletű, zárható mintatartó kamrával van ellátva. A műszerrel elsősorban nagyon vékony növényi és állati szövetmintákból kijutó szöveti folyadékok, illetve egyéb biológiai és különböző folyékony komponensek (2-10 µl) ozmolalítása (ozmotikus potenciál) mérhető és leolvasható a készülék kijelzőjéről.



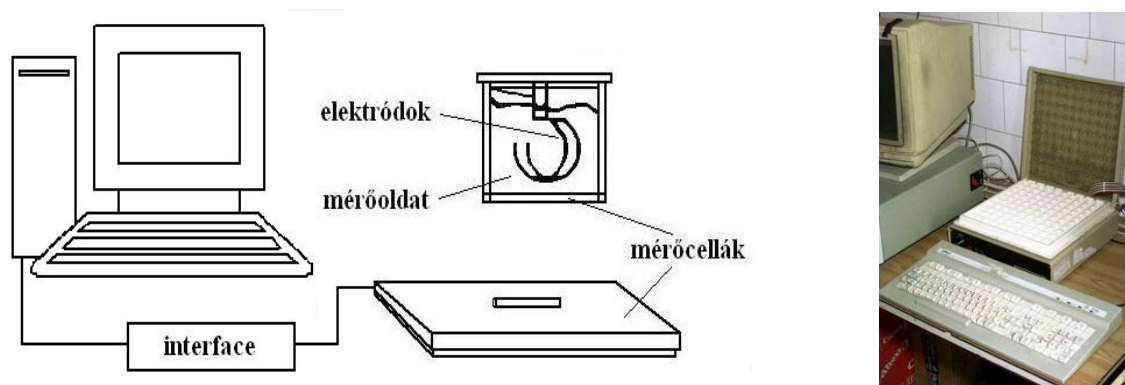
Fotó: Zsom T., 2004

13. ábra. WESCOR HR33-T mikrovoltmérő és a C-52 harmatpont-higrométerkamrák (A), valamint a WESCOR Vapro 5520 ozmométer (B).

3.3.5. A paprikahús membránpermeabilitásának meghatározása

Vizsgált fajták: vizuális értékelésen alapuló, 1 és 8 közötti érettségi skála szerinti 6 érettségi osztályba (1, 3, 5, 6, 7, 8) sorolt Hó fajtájú, friss állapotú, illetve fogyasztói érettségi (1) állapotban szedett, szobahőmérsékleten utóérett (LDPE-csomagolás, 15-20 μm) minták. Az 1. érettségi fokú paprikák fogyasztói, míg a 8-as érettségi fokúak biológiai érettek, teljesen bepirosodtak. Méréseimet friss állapotban, illetve a kéthetes tárolás során végeztem.

Vizsgálatok: Membránpermeabilitás-változás jellemzése egy számítógép-vezérelt, LABVIG OE-420 típusú 100 cellás vezetőképesség-mérő berendezéssel, a Budapesti Műszaki és Közgazdaságtudományi Egyetem, Biokémia és Élelmiszertechnológia Tanszékén történt (14. ábra). A paprikahúsból kiszűrt 1 cm átmérőjű korongokból került 1-1 db a 90db 3 cm^3 0,3M mannit oldattal töltött mérőcellába. Referenciacellaként vizsgálatonként 10-10 db, 3 cm^3 0,3M mannit oldattal töltött mérőcella szolgált. Az ionkiáramlás (50 perc alatt a sejtől kiáramló elektrolitmennyiség) a cellákban lévő mannitoldatban bekövetkező áramerősség- I , [μA], azaz vezetőképesség-változásként került mind a 90 mérőcella esetében szobahőmérsékleten meghatározásra. Ez alapján jellemezhető a membrán féligáteresztő-képességében bekövetkező változás dinamikája. *Mintamennyiség:* 5-5 db paprika/vizsgálat és 15-15 mintavétel/paprika.



Forrás: Lovász et al. (1998)

14. ábra. LABVIG OE-420 típusú számítógép vezérlésű konduktométer.

A membránpermeabilitás-vizsgálatokkal párhuzamosan az ionkiáramlás-változásban döntő szerepet játszó ionok azonosítására és mennyiségi meghatározására a BCE-ÉTK Alkalmazott Kémia Tanszékén ICP (Inductively Coupled Plasma) lángfotométeres analitikai vizsgálatokra került sor. A paprikaminták teljes iontartalma [$\mu\text{g/g}$ friss paprika] és a konduktometriás mannitol mérőoldat 50 perces ionkiáramlás-vizsgálatot követő iontartalma [$\mu\text{g/ml}$] került meghatározásra.

3.3.6. Étkezési paprika légzésintenzitásának meghatározása

Vizsgálataim célja a Hó és a Kárpia étkezési paprikafajták légzésintenzitásának meghatározása volt két különböző légzésmérési módszer segítségével friss állapotban (ép, sérült), különböző érettségi állapotban, illetve eltérő tárolási körülmények mellett.

3.3.6.1. Légzésintenzitás-mérés nyitott rendszerű "respirométerrel"

Vizsgált fajta és kezelések: fogyasztói (1) érettségi állapotú Hó paprika, 2 °C, 7 °C-os, illetve szobahőmérsékletű (kb. 20-22 °C) tárolása. *Mintamennyiség:* 15-15 db/hőmérséklet, 4-5 db (kb. 0,5 kg) paprika/mérés. A légzésintenzitás meghatározására a szedést követően friss állapotban, valamint szabad szemmel nem látható mértékű fizikai sérülést követően, illetve a tárolási időtartam alatt adott időközönként került sor. Ezeket a szabad szemmel nem látható sérüléseket mesterségesen idéztem elő úgy, hogy a paprikabogyó felületét kézzel, ujjbeggyel enyhén, látható felületi sérülést nem okozva nyomtam meg. Ezzel az eljárással szimuláltam a szedés, az áruvá készítés, az értékesítés alatt előfordulható kismértékű mechanikai behatások okozta lehetséges sérüléseket.

A légzésmérésekhez egy „nyitott” rendszerű, folyamatos működésű berendezést használtam, ami a BCE-ÉTK Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszéke, Fizika-Automatika Tanszéke, valamint az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézete közös fejlesztése. A készülék saját levegőkeringtetéssel ellátott 6 db átlátszó plexi mérőedényből, légpumpákból, kapilláris légelosztóból, egy Saia PLC-ből, egy digitális rotaméterből, egy 32 csatornás adatgyűjtőből, valamint egy ABB Advanced Optima infravörös (IR) elven működő CO₂ gázanalizátorból áll. (15. ábra). Az adatgyűjtést és a mérések vezérlését az erre a célra fejlesztett program végzi. Egy mérés időtartama átlagosan 2 perc, hat mérőedény egyidejű használata esetén 12 percenként van lehetőség adatrögzítésre. A mérőkörben a paprikaminták (4-5 db, kb. 0,5 kg/kamra) által termelt CO₂ mennyiségét [$\text{ml}_{\text{CO}_2}\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$] a mérőedénybe belépő, illetve az onnan távozó gáz CO₂-tartalma és tömegárama alapján határoztam meg.

3.3.6.2. Légzésintenzitás-mérés zárt rendszerű "respirométerrel"

A vizsgálatok célja az éretlen (-1), valamint fogyasztói érettségi állapotú (1), illetve pirosodó (2-3) Hó, fogyasztói érettségű (8) és pirosodó (3-4) Kárpia paprikák szedést követő légzésintenzitásának meghatározása volt friss állapotban, illetve 7-8 °C-os hűtőtárolás és szobahőmérsékletű (20-22 °C) során.

Vizsgált fajták és kezelések: éretlen, valamint fogyasztói érettségi állapotú (1), illetve pirosodó (2-3) Hó, fogyasztói érettségű (8) és pirosodó (3-4) Kárpia. Tárolási időtartam max. 3 hét. *Mintamennyiség:* 15-15db/fajta, 4-5 db paprika/mérési alkalom, 3-3 ismétlés. *Tárolási hőmérséklet:* 7-8 °C, 20-22 °C.

A vizsgálatokat a BCE-ÉTK Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén egy zárt rendszerű, kétkamrás, Ahlborn nagy érzékenységű (0-9999 ppm) IR-CO₂-érzékelőkkel (FYA600CO2H, Ahlborn GmbH, Németország) ellátott légzésintenzitás-mérő rendszerrel végeztem (15. ábra). Az adatrögzítésre egy Ahlborn ALMEMO3 típusú, számítógéppel összekapcsolt adatgyűjtőt használtam. A mérési paraméterek (mérésidőköz, mérési időtartam, stb.) beállítására, a mért adatok megjelenítésére és előzetes feldolgozására az AMR WinControl ver. 4.1 (akrobit® Software GmbH,

Németország) adatgyűjtő és megjelenítő szoftverrel került sor. A CO₂-érzékelők az adott hullámhosszon tapasztalható, a CO₂ koncentrációfüggő infravörös sugárzáselnyelése alapján működnek. A mért CO₂-koncentrációadatok időbeli változását ábrázolva az adatsor meredeksége információt hordoz a minta légzésintenzitásáról. A folyamatos rendszerű méréssel ellentétben a zárt rendszerben végzett, nagyérzékenységű (0-9999 ppm) infravörös elven működő CO₂-érzékelőkkel történő légzésmérés akár már rövid idő, kb. 15 perc alatt értékelhető adatokkal szolgál a minta légzésintenzitásáról.

A 15 és 45 perc közötti mérési időtartam során a minták (kb. 0,5 kg, 4-5 db paprika/mérés) által termelt, a zárt mérőedényben lévő levegő CO₂-koncentrációjában (ppm) bekövetkező változásból egy speciális számítási módszerrel határoztam meg a minták légzésintenzitását [$\text{ml}_{\text{CO}_2} \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$, vagy $\text{mg}_{\text{CO}_2} \text{kg}^{-1} \text{h}^{-1}$].



Forrás: www.huto.uni-corvinus.hu

15. ábra. A „nyitott” (A) és a „zárt” (B) rendszerű 2-kamrás légzésmérő berendezés.

3.3.7. A színváltozással kapcsolatban végzett vizsgálatok

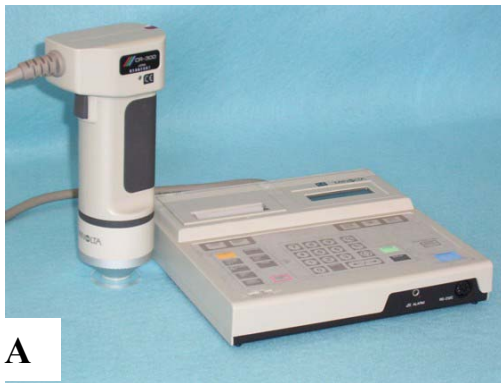
3.3.7.1. Az utószíneződés vizsgálata tristimulusos színméréssel

Vizsgálataim célja a Hó és Kárpia paprikafajták szedést követő utóérésének, utószíneződésének vizsgálata volt különböző tárolási körülmények mellett.

Vizsgált fajták: fogyasztói érettségi állapotú (1) Hó és Kárpia (8). *Kezelések.* LDPE-csomagolásban (15-20 μm , 4-4 db, illetve 3-3db paprika/csomag) és csomagolatlanul 10 °C-on és 20 °C-on történő 21 napos (BCE-ÉTK), illetve 28 napos (ATB-Potsdam) tárolás. *Mintamennyiség:* BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszék: 160 db/fajta, 40db/kezelés és fajta, 3-3 mérés/paprika. ATB-Potsdam: 108 db/fajta, 27db/kezelés és fajta, 2-2 mérés/paprika, 4-5 db paprika/mérési alkalom.

A vizsgálatokhoz a Minolta CR-200 (BCE-ÉTK) és a CM-2600d (ATB-Potsdam) hordozható tristimulusos színmérőket használtam. Ezek a felületiszín-változás mérésére alkalmasak (16. ábra), amit a CIELAB L*a*b* színkoordinátákban bekövetkezett változás jelez. A xenonlámpás mérőfej fénye az ún. keverőkamra faláról többszörösen visszaverődve jut a tárgyra. A CR-200-nál a mért

terület 8 mm átmérőjű, míg a CM-2600d cserélhető 3 és 8 mm átmérőjű mérőfejjel rendelkezik. A megvilágító és a visszavert fény három-három optikai úton, az alapszíneknek megfelelő színszűrőkön áthaladva jut el az azt elektromos jellé alakító szilícium fotocelláig. A digitalizált jel alapján a beépített mikroszámítógép meghatározza a mért felület X (vörös), Y (zöld), Z (kék) színösszetevőit, és kiszámítja az ötféle színinger-rendszerből kiválasztott színíngertér-rendszer koordinátáit és a színkülönbséget. A CM-2600d 10 nm-ként kb. 1,5 másodperc alatt végigméri a 360-740 nm közötti méréstartományt. Az adatok kinyomtathatók, vagy a készülékek memóriájából RS232 soros porton keresztül számítógépre átvihetők.



A

Forrás: www.huto.uni-corvinus.hu



B

Forrás: www.minolta.com és www.atb-potsdam.de

16. ábra. Minolta CR-200 (A) és a CM-2600d típusú színmérő berendezés (B).

3.3.7.2. Klorofil-fluoreszcencia jellemzők meghatározása

Klorofil-fluoreszcencia képalkotás módszerével növényi eredetű minták felületének fotoszintetikus aktivitás-különbsége, illetve az abban bekövetkező változás mértéke határozható meg. Ennek mértéke utal a gyümölcs, a zöldség, illetve egyéb növényi szövet fotoszintézisre képes, aktív klorofiltartalmára, azaz a növényi fotoszintetikus rendszer épségére, integritására. A vizsgálatok célja a Kárpia paprikaminták szedést követő minőségváltozásának, utóérésének meghatározása volt a klorofil-fluoreszcencia vizsgálat segítségével a fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom változásának nyomonkövetése alapján.

Vizsgált fajta: 65 db 2-3-as érettségi állapotú („füstös”) Kárpia. *Tárolási körülmények, kezelések:* 10 °C és 20 °C-on történő egyhetes tárolás LDPE csomagolásban (15-20 µm, 15 darab/hőmérséklet, 5 csomag/hőmérséklet, 3 db/csomag) és csomagolás nélkül (13-13 darab/hőmérséklet). Paprikánként 2-3 fluoreszcencia felvétel készült mérési naponként, és a minimális (F_0), a maximális (F_m), a változó fluoreszcencia ($F_v = F_m - F_0$), illetve az F_v/F_m arány került a paprikatestek és a –kocsányok esetében meghatározásra.

Méréseimet a FluorCAM 690MF (PSI, Cseh Köztársaság) klorofil-fluoreszcencia felvételek készítésére alkalmas, a potsdami Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., ATB kutatóintézetben megtalálható mérőrendszerrel végeztem (17. ábra), ami változtatható mérési idő és fényterhelés mellett készít fluoreszcencia-képsorozatot. A fluoreszcencia-emissziót 345-345 db, nagyintenzitású, narancsszínű fényt kibocsátó diódából álló panelek ($\lambda_{max} = 620 \text{ nm}$) váltják ki. A fotokémiai

folyamatokat (fotoszintézis kiváltása, a fluoreszcencia-kinetikaváltozás előidézése) egy folytonos, a napfénynek megfelelő („aktinikus”) fénysugárzás és/vagy egy állítható zárszerkezettel ellátott halogén lámparendszer által kibocsátott nagyintenzitású fényimpulzusok váltják ki.

A fluoreszcencia jeleket egy digitális CCD-kamera detektálja (max. 25 kép/sec, 400*300 felbontás, 8-bites szürkeskálás felvételek). Zárt mérőrendszerben levelek, kisméretű növények, gyümölcsök, zöldségek vizsgálhatóak kb. 10*13 cm-es méretig. A nyitott változat befoglaló mérete kb. 50*50 cm, amivel pld. már a virágcserepbe ültetett élő növény által kibocsátott klorofil-fluoreszcencia is mérhető.



Fotó: Zsom T., 2004

17. ábra. A klorofil fluoreszcencia mérésére alkalmas FluorCAM 690MF berendezés.

A vizsgálati paraméterek (mérésidőzítés, fényforrások működési ideje, intenzitása, stb.) beállíthatóak és módosíthatóak a mérőberendezést vezérlő FluorCAM for Windows ver. 5.0 (PSI, Cseh Köztársaság) programmal. A berendezés a teljes mérési időtartam során folyamatosan készíti a fluoresszenciaképeket. A mért fluoreszcencia-emisszió kétdimenziós leképezését, a 8-bites szürkeskálás képből készített ún. „hamisszínes képként” jeleníti meg. A magas fotoszintetikus aktivitást, fluoresszcencia-emissziót a piros szín és árnyalatai, míg az alacsony intenzitást a kék szín és árnyalatai jelzik.

3.3.7.3. Felületi színváltozás meghatározása digitális képkészítés és elemzés alapján

A vizsgálatok célja a digitális képfeldolgozás és –elemzés módszerével a Kárpia paprika utóérésének (utószíneződés), a felületi szín kialakulásának, illetve a piros/zöld színarány változásának vizsgálata és nyomonkövetése volt.

Vizsgált fajta: 65 db 2-3-as érettségi állapotú („füstös”) Kárpia. *Tárolási körülmények, kezelések:* 10 °C és 20 °C-on történő egyhetes tárolás LDPE csomagolásban (15-20 µm, 15 darab/hőmérséklet, 5 csomag/hőmérséklet, 3 db/csomag) és csomagolás nélkül (13-13 darab/hőmérséklet).

Egy OLYMPUS C-725 digitális fényképezőgéppel 1600*1200-as képfelbontás mellett készítettem digitális fényképfelvételeket. Ezek egyenkénti kiértékelésére egy, a BCE-ÉTK Fizika-

Automatika Tanszékén, dr. Baranyai László egyetemi adjunktus által kifejlesztett SPOTS képelemző programmal került sor. A szedést követő felületi színváltozás meghatározása a vizsgált minta piros/zöld szín arányának képenkénti meghatározásával történt. Először a paprika és a háttér került színe alapján elkülönítésre, majd meghatározásra került a paprika piros színtartalma, és a piros szín aránya. Csak a paprikatest piros/zöld színarányának meghatározása érdekében a zöld színű paprikakocsány képpontjai a felvételekről eltávolításra kerültek. A paprikafelület vakuvillanás miatti becsillanása kisebb adatvesztést jelenthet az értékelés során.

3.3.8. *Transpirációs jellemzők meghatározása IR-termográfival*

Vizsgált fajta: 65 db 2-3-as érettségi állapotú („füstös”) Kárpia. *Tárolási körülmények, kezelések:* 10 °C és 20 °C-on történő egyhetes tárolás LDPE csomagolásban (15-20 µm, 15 darab/hőmérséklet, 5 csomag/hőmérséklet, 3 db/csomag) és csomagolás nélkül (13-13 darab/hőmérséklet).

Vizsgálatok: Kárpia minták transpirációs jellemzőinek (felületi transpirációs sebesség, E [$\text{mg cm}^{-2}\text{h}^{-1}$], teljes és a szöveti transpirációs ellenállás [r_{teljes} , $r_{\text{szöveti}}$, s cm^{-1}]) meghatározása a paprikatestek és -kocsányok felületi hőmérséklet-eloszlásáról készített hőfelvételek (12 db/óra) elemzésével. A minták tömegváltozását egy Sartorius BP 210S analitikai pontosságú mérleggel ($\pm 0,0001$ g) határoztam meg. A paprikaminták paprikatestre, illetve -kocsányra vonatkozó transpirációs jellemzőit paprikamintánként egyedileg határoztam meg dr. Manfred Linke (ATB-Potsdam) számítási módszere, illetve Inoue et al. (1990) által közölt számítási módszer, valamint a mérési környezet légállapotáról (hőmérséklet, relatív páratartalom, stb.) gyűjtött adatok és a mért felületi hőmérsékletadatok felhasználásával. A mérőrendszer (18. ábra) a potsdami Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., ATB kutatóintézetben található meg. Ez egy folyékony nitrogén hűtésű, személyi számítógéphez kapcsolt hőkamerából (Varioscan 2011, JenOptik Technologie GmbH, Németország) és a mérésvezérlő szoftverből áll.



Fotó: Zsom T., 2004

18. ábra. VarioScan 2011 hőkamerát tartalmazó termográfias mérőrendszer.

A hőfelvételek kiértékelése az InfraTec IRBIS[®] ver. 1.0 (InfraTec GmbH, Németország) szoftverrel történt. Ezzel akár egyedi képpontok hőmérséklete, akár szabadon behatárolható területek, képponttartományok átlaghőmérséklete is meghatározható. A hőkamera germánium optikájú infravörös érzékelője a 8-12 μm hullámhossztartományban dolgozik. A vizsgált objektum felületéről érkező infravörös hőszugárzás-intenzitást -40 és $+1200$ $^{\circ}\text{C}$ között érzékeli. A legkisebb objektumtávolság 25 cm, hőmérsékletfelbontása jobb, mint 0,1K (0,8 s/kép).

3.3.9. Az étkezési paprikafajták szabályozott légtérű tárolása

Vizsgált fajták: fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8) (150 db/fajta, kezelés).
Szabályozott légtérű tárolási körülmények: $7-8$ $^{\circ}\text{C}$ és $90-95$ % relatív páratartalom mellett: a) 21 % O_2 + 0,03 % CO_2 (kontrol), b) 1,0-1,5 % O_2 + 0-1% CO_2 , c) 1,0-1,5 % O_2 + 2,5-3,0 % CO_2 , d) 3 % O_2 + 1,0-1,5 % CO_2 , valamint a tárolási időtartam 41. napjáig 3 % O_2 + 4-5 % CO_2 .

Vizsgálatok és megfigyelések: roncsolásmentes műszeres állománymérés – akusztikus, illetve impakt ütésvizsgálati keménységmérés (30-30 db/fajta, kezelés), légzésintenzitás-mérés szobahőmérsékleten zárt rendszerű respirométerrel (3-3 ismétlés, 5-5db/mérés és kezelés), tömegveszteség (%), piacképes hányad (%), szárazanyag-tartalom (Sartorius Thermo Control YTC-01L gyorsnedvességmérő) és pH-meghatározás (Consort C831 digitális pH-mérő).

A szabályozott légtérű és hőmérsékletű tároláshoz egy 12 kamrából és a hozzá tartozó szabályozó rendszerből SzL-tárolót használtam a BCE-ÉTK Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén (Melléklet 2. ábra). A $0-20$ $^{\circ}\text{C}$ között használható hűtőkamrában 12 darab nyitható-zárható, gáztömör, egyedi légkeringtetéssel és precíziós termoelemekkel és hőmérsékletszabályozással ($0-20$ $^{\circ}\text{C}$, $\pm 0,1$ $^{\circ}\text{C}$) ellátott kamra található. A kamrák egyedi légösszetételének szabályozását egy ICA-61 (ICA Ltd., UK) PLC-rendszer (Melléklet 3. ábra) végzi $0,5-25$ % O_2 és $0,2-20$ % CO_2 koncentrációtartományban, míg a kamrákon belüli gázösszetétel meghatározása az ICA-41 (ICA Ltd., UK) O_2 -és CO_2 -elemzővel történik. A rendszer beállítása, a folyamatok nyomonkövetése, megjelenítése, illetve az adatok letöltése az ICA-61 Link Software-rel (ICA Ltd., UK) történik.

3.3.10. Egyéb vizsgálati módszerek

Vízoldható szárazanyag-tartalom meghatározása

A vizsgált Hó és Kárpia paprikaminták vízoldható szárazanyag-tartalmának meghatározására a klasszikus fénytörésváltozás elvén működő Zeiss optikai, illetve az ATAGO PR-1 típusú digitális refraktométert használtam (Melléklet 4. ábra). A refrakció meghatározása a vizsgált mintákból kipréselt és tükrösre centrifugált sejtnedvből történt.

3.3.11. Alkalmazott statisztikai programok, statisztikai módszerek

A vizsgálataim során a mért adatok feldolgozása az MS-Excel-program segítségével, míg statisztikai kiértékelésük a Statgraphics (ver. 5) és az SPSS (ver. 11) statisztikai programcsomagok segítségével történt 95 %-os valószínűségi szinten.

Az érzékszervi bírálatok eredményeinek kiértékeléshez egytényezős varianciaanalízist végeztem el ($\alpha=0,05$). A kapott varianciaanalízis-táblázat és az F-próba értékei (kritikus, ill. számított) alapján szignifikáns eltérés esetén a középértékek páronkénti összehasonlítását (páronkénti szignifikáns differencia) Fischer-féle eljárással végeztem el. A kapott eredményeket félszignifikancia-mátrixokban összesítettem. (A két minta közötti eltérés szignifikáns, ha a két minta rangsorszámátlagának különbsége nagyobb, mint az $SZD_{95\%}$ -érték).

A paprikaminták vízpotenciál-változásának vizsgálata során kapott eredmények statisztikai értékelésére az SPSS (ver. 11) statisztikai programcsomag Általános Lineáris Model (General Linear Model) funkcióját használtam 95 %-os és 90 %-os valószínűségi szint mellett.

A paprikaminták membránpermeabilitás-változásának meghatározásánál minden mérőcellánál az 50 perces mérési idő alatt felvett vezetőképesség értékekre a Statgraphics (ver 5.0) statisztikai programcsomag nemlineáris regresszió funkciójával telítődési függvényt illesztettem, s vizsgáltam a telítődési függvényparaméterek változását.

4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

4.1. A paprika szedést követő minőségváltozásának meghatározása és nyomonkövetése

Az étkezési paprika eltarthatósági idejét és minőségét döntően befolyásolják a szedést követő tárolási körülmények (hőmérséklet, páratartalom, légösszetétel). Ezért fontosnak tartottam a magyar étkezési paprikafajták (Hó, HRF, Kárpia) szedést követő minőségmegőrzését biztosító optimális tárolási körülmények meghatározását, a minőségváltozás tüneteinek megfigyelését és azonosítását, valamint a minőségváltozás objektív módszerekkel történő meghatározását és nyomonkövetését.

4.1.1. A paprika hidegkárosodásának és eltarthatóságának vizsgálata

Fogyasztói érettségű (1), csomagolatlan, illetve LDPE-csomagolt Hó és HRF minták 4, 7 és 10 °C-os hűtőtárolása mellett azonosítottam a kialakuló tünetek alapján a fajták hidegkárosodási tulajdonságait, valamint az 1-, 2- és 3 hetes hűtőtárolást követő egyhetes polcontartás alatt bekövetkező változásokat.

a) *A hidegkárosodás, a tömegvesztés és a hűtőtárolási hőmérséklet közötti kapcsolat*

◆ *Hó- és HRF-fajták egyhetes hűtőtárolása (4, 7, 10 °C), majd egyhetes szobahőmérsékletű polcontárolása alatti változások*

Mindkét fajtánál már az egyhetes 4 °C-os tárolás során kialakultak a hidegkárosodás jellegzetes tünetei, pld. a felületen jelentkező apró, gombostűfejnyi szintelen bemélyedések. 10 °C-on tárolt mintáknál megjelent a felület fonnyadása, kisebb mértékű fessességvesztése. A Hó fajtával ellentétben, a HRF-fajta kocsánya mindhárom hőmérsékleten hajlamos volt a csészelevelek barnás elszíneződésére és a kocsányvég beszáradására. Már a polcontárolás harmadik napján megkezdődött a bogyók színeződése, utóérése, ami a hőmérséklettől függetlenül a HRF-paprikák 70-75 %-ánál már a hetedik napot követően jelentkezett. Az utóérés, az utószíneződés mértéke a magasabb hőmérséklet mellett volt intenzívebb.

A hűtőtárolási hőmérséklettől függetlenül a tárolást követő pultontartás alatt mindkét fajtánál intenzíven folytatódott a bogyófonnyadás, a csészelevél-száradás, valamint a paprikabogyók frissességét jelző, tapintásra fesszes állomány elvesztése. A csészelevél-barnulásra csak a HRF fajta volt hajlamos. A polcontárolás hetedik napjára a 4 °C-on tárolt minták vékony felületi bemélyedései barnulásnak indultak, de felületi penészesedés, illetve egyéb mikrobiológiai romlási tünet nem jelentkezett.

◆ *Kéthetes hűtőtárolást követő egyhetes polcontárolás alatti változások*

A 2 hetes hűtőtárolást követően fokozottabb mértékben jelentkeztek a hidegkárosodás és az arra épülő elváltozások tünetei. Ez mindkét fajtánál 4 °C-on kb. 80 % volt. A természetes öregedés tünetei a 7 és 10 °C-on tárolt mintáknál jelentkeztek. A magasabb hűtőtárolási hőmérséklettel fokozódott a minták polcontartás alatti utószíneződése, a vékony felületi ráncok barnás

elszíneződése, valamint a fonnyadás és a puhulás mértéke. 4 °C-on tárolt mintáknál az utószíneződés, az utóérés alig 50 % volt. Ez főleg a HRF-nél jelentkezett, együtt a barnás, sötét közepű, az *Alternaria alternatára* utaló foltosodással. 7 °C-on tárolt Hó minták felénél, a HRF-minták 100 %-ánál az intenzív fonnyadás mellett kb. 25 %-ban világosbarna, fekete közepű, *Cladosporiumos* megbetegedésre utaló tünetek is jelentkeztek. 10 °C-on volt a legintenzívebb a tömegvesztéséből fakadó fonnyadás. Az utószíneződés 7 °C mellett a Hó-nál kb. 60 %, HRF-nél kb. 75 %, 10 °C mellett 75, illetve 90 % volt. Véleményem szerint ez a viselkedés nem a 4 és 7 °C-on történő utóérőképesség elvesztésére, hanem az utóérési intenzitás változására utalt.

◆ *Háromhetes hűtőtárolást követő egyhetes polcontárolás alatti változások*

Mindkét fajta 4 °C-on hűvetárolt teljes mintamennyisége megfonnyadt. A bogyók kb. 75 %-ánál a beszáradt felületi foltokon fekete- és szürkepenész-telepek alakultak ki. 7 °C-nál a barnás felületi elszíneződés a Hó-nál 100 %, a penészesedés kb. 50 %, a HRF-nél kb. 35 % volt. A 10 °C-on tartott paprikák minimális felületi barnulás és penészesedés mellett teljesen megpuhultak. A hűtőtárolási hőmérséklet növekedésével az utószíneződés a HRF-nél 75-ről közel 100 %-ra, a Hó-nál 25-ről kb. 60 %-ra emelkedett.

A hűtőtárolás és az azt követő polcontartás alatti minőségváltozás, a fonnyadás mértékét jól jellemzi a 2. táblázatban közölt tömegvesztés változása.

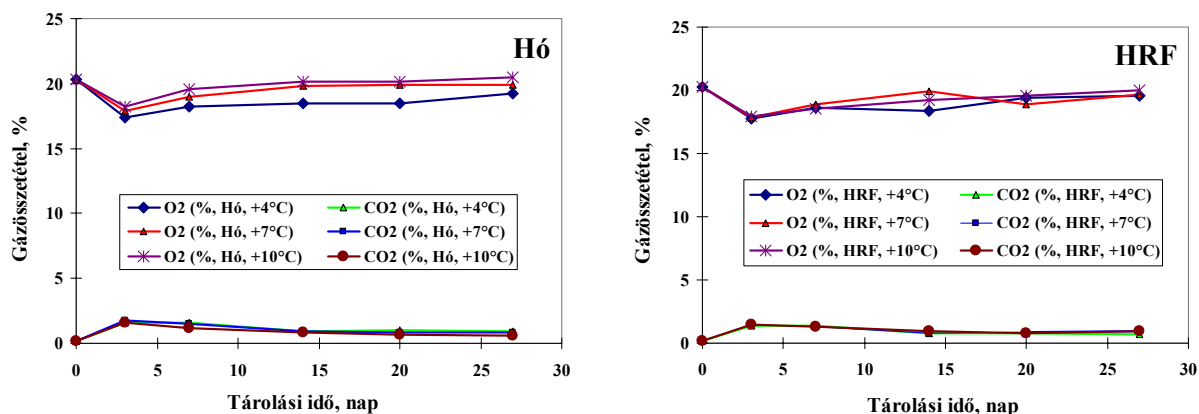
2. táblázat. Hó és HRF paprikafajták tömegvesztése (%) a szedést követő tárolás alatt.

	Tárolási idő és mód	Hó	HRF
4 °C	1 hét hűtés+1 hét polc	6,2	6,3
	2 hét hűtés+1 hét polc	10,5	8,8
	3 hét hűtés+1 hét polc	14,3	11,6
7 °C	1 hét hűtés+1 hét polc	5,5	6,0
	2 hét hűtés+1 hét polc	7,7	7,6
	3 hét hűtés+1 hét polc	9,8	8,9
10 °C	1 hét hűtés+1 hét polc	5,0	5,2
	2 hét hűtés+1 hét polc	9,3	8,6
	3 hét hűtés+1 hét polc	10,4	8,9

b) *Hőmérséklet és csomagolás együttes hatása a minőségi jegyekre és az eltarthatóságra*

A 4, 7 és 10 °C-on tárolt Hó és HRF mintákat tartalmazó LDPE-csomagokon belül az oxigén- és széndioxid-tartalom (%) a következőképpen változott. A kiindulási normál légköri gázösszetétel az első három napot követően 17-18 % O₂, illetve 1,4-1,5 % CO₂ szintre változott a tárolás elején megnövekedett légzésintenzitásra utalva. A tárolás első hetére az LDPE-csomagolóanyag nagyfokú O₂- (7500 cm³ mm m⁻² 24h⁻¹Mpa⁻¹), és CO₂-permeabilitása (45000 cm³ mm m⁻² 24h⁻¹Mpa⁻¹), valamint az első pár nap után bekövetkező légzésintenzitás-csökkenés miatt a kiindulástól eltérő

gázösszetétel állt be. A második hetet követő egyensúlyi gázösszetétel kb.19-20 % O₂ és 0,6-0,9 % CO₂ volt (19. ábra).



19. ábra. LDPE-csomagolt Hó és HRF paprikák csomagjain belüli gázösszetétel-változás.

Ezt az egyensúlyi gázösszetételt a külső légtérből az O₂ közel szabad utánpótlása, illetve a CO₂ szabad eltávozása biztosította. Az ilyen gázösszetétel a légzési folyamatokban nem okoz jelentősebb változást, nem alakulnak ki anerob körülmények, illetve CO₂-károsodást okozó CO₂-koncentráció a csomagokon belül. Hasonló tapasztalatokról számolt be González és Tiznado (1993) (10°C, LDPE-csomagolás), illetve Bussel és Kenigsberger (1975) 7 és 12°C-on PVC- és PE-csomagolású kaliforniai zöldpaprika esetében.

A tárolás során tapasztalt elváltozásokat a 3. táblázatban összesítettem.

3. táblázat. Hó és HRF fajták eltérő tárolási hőmérsékletek melletti elváltozásainak összesítése.

A hűtőtárolás második hetére kialakult elváltozások összesítése, %						
	+4°C		+7°C		+10°C	
Tünetek	Hó	HRF	Hó	HRF	Hó	HRF
Utószíneződés	0,0	33,3	4,4	42,2	17,8	53,3
Kocsányrothadás	8,9	6,7	0,0	8,9	4,4	6,7
Kocsánypenész	4,4	0,0	11,1	2,2	2,2	4,4
A hűtőtárolás harmadik hetére kialakult elváltozások összesítése, %						
Utószíneződés	2,2	37,8	13,3	60,0	40,0	57,8
Kocsányrothadás	13,3	20,0	13,3	22,2	20,0	22,2
Kocsánypenész	11,1	2,2	15,6	8,9	11,1	28,9
Felületi foltok	31,1	15,6	8,9	13,3	8,9	4,4
A hűtőtárolás negyedik hetére kialakult elváltozások összesítése, %						
Utószíneződés	20,0	42,2	22,2	66,7	55,6	80,0
Kocsányrothadás	24,4	44,4	31,1	31,1	28,9	44,4
Kocsánypenész	48,9	66,7	57,8	48,9	40,0	60,0
Felületi foltok	40,0	20,0	22,2	13,3	11,1	6,7
Felületi penész	33,3	11,1	6,7	4,4	11,1	4,4
Piacképes hányad	33	73	73	73	90	78

Az LDPE-csomagolás megfelelő minőségű árut biztosított még a háromhetes tárolás végére is, azonban a kocsányon romlási tünetek (lágyrothadás, penészesedés) voltak láthatóak. Ennek egyik oka az lehetett, hogy a paprika szedésekor a kocsány és a tő ízesülésénél levált boggyókkal szemben a roncsolt felületű kocsánnyal szedettek a sérült felület révén a mikrobiológiai eredetű romlási

folyamatokra érzékenyebbek voltak. Az ilyen károsodás mértéke a kocsányok ép vágási felületüre történő levágásával csökkenthető. Ezt a kezelést pld. az exportra szánt kaliforniai típusú paprika esetében elterjedten alkalmazzák.

A negyedik hétre az utószíneződés mértéke mindkét fajtánál, de leginkább a HRF-nél növekedett meg, ehhez társult még a kocsányon fellépő romlóhibák számának növekedése. Az LDPE-csomagolóanyag kedvező vízgőzáteresztő tulajdonságából ($0,5 \text{ g mm m}^{-2} 24\text{h}^{-1} \text{ Mpa}^{-1}$) fakadó kb. 92-94 %-os relatív páratartalom mellett 7-10 °C-on nem alakult ki a 4 °C melletti, a mikrobiológiai romlási folyamatoknak kedvező vízgőzkondenzáció a csomagokon belül.

A Hó és HRF fajták három hőmérsékleten történő csomagolatlan és LDPE-csomagolt tárolása alatti változások alapján következtetésem az alábbiak:

- * Az irodalomban közölt tünetleírások alapján (pld. Weichmann, 1987, Böttcher, 1996) a Hó és a HRF fajtánál 4 °C mellett azonosíthatóak voltak hidegkárosodás jellemző tünetei: a paprikabogyók felületén kialakuló felületi bemélyedések, a barnás színű foltosodás és kocsányelszíneződés, a fokozott tömegveszteség és a megnövekedett érzékenység a romlást okozó betegségekkel szemben.
- * A vizsgált paprikafajták érzékenynek bizonyultak a 7 °C-nál alacsonyabb tárolási hőmérsékletekre. A 7 °C-os hőmérsékleten tervezett, de a hőmérsékletingadozásból fakadó 7 °C-nál kisebb hőmérséklet mellett a hidegkárosodás tünetei kialakulhattak, de ténylegesen nem fejlődtek ki. A Hó és HRF fajták hidegkárosodási hőmérsékleti küszöbértéke 7 °C. A fehér húsú fajtáknál 7-8 °C feletti az optimális hűtőtárolási hőmérséklet. A minőséget negatívan befolyásoló hidegkárosodás tünetei rövid idő alatt, a hűtve tárolás során is kialakulhatnak, azonban a másodlagos tünetek tényleges kifejlődése, intenzív megjelenése a polcontartás, a forgalmazás során jelentkezik, ezzel nagymértékben rontva az értékesíthetőséget.

Weichmann (1987) szerint hidegkárosodás tünetei már 3-4 nap után 7,5 °C-nál jelentkeznek. Miller és Risse (1986) szerint a kaliforniai zöldpaprikáknál a tünetek 1 és 4°C-nál komoly mértékben, míg 7 °C-nál egy hét alatt csak kismértékben fejlődtek ki. Lin et al. (1993) eredményei szerint pedig a vörös hússzínű, érett bogyóknál még az 1 °C-os egy, illetve kéthetes tárolásnál sem fejlődnek ki a tünetek.

Eredményeim és az irodalmi adatok ismeretében, véleményem szerint a hidegtűrés, illetve a hidegkárosodásra való érzékenység feltételezhetően a paprika esetében is fajtafüggő tulajdonság. A felület fonnyadása, fessességének csökkenése a fokozott vízveszteségnek tudható be, amelynek mértéke a hűtőtárolás, illetve az azt követő szimulált értékesítés időszak alatt fokozódott.

- * Hőmérséklettől és fajtától függetlenül a hűtőtárolás előrehaladtával fokozatosan növekedett a tömegveszteség, ami a két fajta hasonló fajtajellemzőiből fakadhatott. Az átlagos

tömegveszteség 4 °C mellett volt a legmagasabb a háromhetes hűtőtárolás és az egy-egy hetes polcontárolás során. A hidegkárosodás és a 4 °C-on az alacsony páratartalom, illetve a hűtőfelület szárító hatása együttesen okozta a paprika tárolás alatti fokozott tömegveszteségét, és így minőségének változását.

- * A hűtőtárolás időtartamának növekedésével, illetve a hőmérséklet csökkenésével hűtőtárolás alatti, illetve az azt követő polcontartás során a minőségromlás mértéke növekedett. Böttcher (1996) által közöltekkel megegyezően, fokozatosan megjelentek a legyengült fiziológiai állapotú bogyók felületén a mikrobiológiai elváltozások (*Alternáriás* foltosodás, bakteriális eredetű lágyrothadás, penészesedés) tünetei is.

Elsősorban 4 °C-on, a magasabb páratartalom kedvezett a mikrobiológiai eredetű romlási folyamatoknak (bakteriális lágyrothadás, *Cladosporium herbarum*, *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifer*), ráépülve és fokozva a hidegkárosodás tüneteit. Ez bizonyítja a hidegkárosodásra hajlamos termények érzékenységét az utólagos romlásra.

- * A hűtőtárolás, illetve az azt követő egy-egyhetes polcontartás során az utóérés alapján megállapítható, hogy a paprika a kis hőmérsékleteken (4 °C -10 °C) történő tárolás, illetve az azt követő szobahőmérsékletű tárolás során sem veszti el az utóérés képességét, csak az utóérés intenzitása változik meg.
- * A csomagolás nélküli mintáknál a tömegveszteség és a fiziológiai, mikrobiológiai elváltozások alapján a Hó fajta bizonyult jobban eltarthatónak. A hűtőtárolást követően a Hó fajta várható eltarthatósági, értékesíthetőségi ideje kb. négy-öt nap.

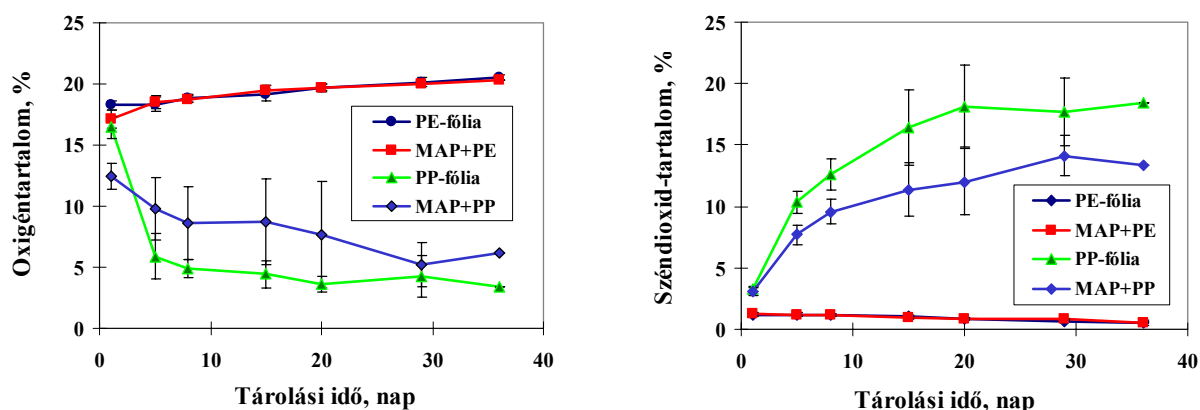
Az LDPE-csomagolás hatására kialakult, stabil 90-95 % körüli relatív páratartalom, valamint a 7-8 °C-nál nem kisebb tárolási hőmérséklet együttes alkalmazása a paprika eltarthatósági ideje meghosszabbításának, minőségmegőrzésének feltétele. Ez a kezelés hatékonynak bizonyult a veszteségek csökkentésére, amellyel a Hó és HRF-fajták eltarthatósági ideje akár három hétre is megnövelhető. Ez a megállapítás egyezik Meir és munkatársai (1995) véleményével, amely szerint a PE-fóliás csomagolás 7,5 °C-os kéthetes tárolás mellett megőrizte a bogyók minőségét és megakadályozta a fokozott vízveszteséget és a fonnyadást. A paprikafelület és a környező légtér közötti minimális vízgőzpotenciál-különbség miatt csökkent a vízveszteség, a fiziológiai elváltozások mértéke, a bogyók keménysége, friss megjelenése megőrizhető, megakadályozva a fokozott tömegveszteséget és az öregedést és nőtt az eltarthatósági idő. A tapasztaltak megfeleltek Ben-Yehoshua és munkatársai (1983, 1986) által közölteknek.

4.1.2. Minőségváltozás és eltarthatósági idő a paprika fogyasztói kiszérése mellett

A kereskedelmi hűtőtárolási körülmények és az értékesítés (polcontartás) során alkalmazott körülmények a paprika minőségére, valamint eltarthatósági idejére és fogyasztói megítélésére (piacképes hányad, érzékszervi tulajdonságok) gyakorolt hatását vizsgáltam a Hó paprika fogyasztói kiszérése (kb. 1 kg) LDPE- és PP-csomagolása mellett.

Az LDPE- és a PP-fólia eltérő tulajdonságaiból eredően, a minták eltarthatóságára és minőségváltozására gyökeresen eltérő hatást gyakorló változás volt tapasztalható a Hó paprikaminták 7 °C-on történő tárolása során. Az LDPE- és a PP-csomagolt, normál- és módosított gázösszetételű minták eltarthatósági ideje, piacképessége és érzékszervi jellemzői a csomagokon belül kialakult egyensúlyi gázösszetételtől függően változtak.

A PE-csomagolású normál légterű (passzív MAP), illetve a gázkeverékkel átöblített (aktív MAP) csomagokban rövid idő alatt (4-5 nap) kialakult a csomagolóanyag kedvező O₂- és CO₂-áteresztőképességének köszönhetően a stabil, normál légkörihez közeli, kiemelkedően jó (>90 %) piacképességet biztosító egyensúlyi gázösszetétel (20. ábra).



20. ábra. LDPE- és PP-csomagoláson belüli gázösszetétel-változás a Hó paprika 7 °C-os tárolása során.

Az eltarthatósági idő majdnem 4 hét volt, míg az érzékszervi tulajdonságok terén is kedvező íz, illat, szín és állomány volt tapasztalható (20. ábra és 4. táblázat).

4. táblázat. 7 °C-on tárolt Hó paprikák utószíneződésének és piacképes hányadának változása.

Utószíneződés mértéke (%)							
Tárolási idő, nap	0	4	7	14	19	28	35
Csomagolatlan	0	20	30	47,1	60	83,3	-
PE-fólia	0	11,1	14,3	22,6	29,5	30,3	31,8
MAP+PE	0	6,9	8,6	18,4	33,3	34,5	40
PP-fólia	0	5,5	12,7	13	18,9	14,3	11,1
MAP+PP	0	6,9	8,6	12,5	18,4	23,3	18,2
Piacképes hányad (%) változása							
PE-fólia	100	100	100	100	90,9	72,7	90
MAP+PE	100	100	100	100	100	90	88,9
PP-fólia	100	100	100	100	100*	0	0
MAP+PP	100	100	100	66,7	66,7	0	0

*A harmadik hétre már megjelentek a későbbi romlás előjelei: savanykás, enyhén kellemetlen illat a tapintásra keménynek tűnő paprikabogyók felületén.

Mind a normál, mind pedig a módosított légösszetételű PP-csomagokban fogyasztói szempontból kedvezőtlen változások következtek be a kezeléstől függő intenzitással. Jelentős mértékű volt a minőségromlás, a piacképes hányad, azaz az értékesíthető mintamennyiség csökkenése. Ez a második hetet követően, az anerob körülmények (>10 % CO₂, <6 % O₂) és a mikrobaszaporodás miatti másodlagos, mikrobiológiai eredetű elváltozások formájában, illetve az érzékszervi jellemzők negatív változásaként (kedvezőtlen állomány, paprikára jellemző illat- és ízanyagok eltűnése, kellemetlen íz- és illatanyagok) jelentkezett (21. ábra és 4. táblázat).

A csomagolatlan mintáknál már a tárolás negyedik napjától kezdve utószíneződés (20%), és az állomány fokozatos puhulása, fonnyadása volt tapasztalható. A harmadik hétre ez már fogyaszthatatlan, kifogásolható minőségű állapotot, valamint 60 %-os utószíneződést okozott (4. táblázat). A PE-csomagokban a piacképes hányad a 2-3. hétig 100 % volt. A romlóhibák oka a paprikakocsányon, a bogyófelületre át nem terjedő penészesedés, lágyrothadás volt.

Érzékszervi tulajdonságok változása

A piacképes hányad változása csak a fogyasztásra alkalmas paprikák mennyiségének változásáról ad információt, de nem jellemzi az ízben, az illatban, az állományban és a színben bekövetkező változásokat. Az érzékszervi bírálatok alapján az egyes érzékszervi jellemzőkre adott rangsorszám-átlagokat a Melléklet 5. ábrájában közlöm.

Az érzékszervi jellemzőkben a következőket állapítottam meg:

- * Az első heti kitarolást követően a csomagolatlan minták illata volt kedvező, kifejezetten a paprikára jellemző. A csomagolt és a csomagolatlan minták között nem volt szignifikáns különbség, de a rangsorszámösszeg alapján jobbnak minősültek a normál gázösszetételű LDPE-csomagolt minták. Szín és állomány tekintetében nem volt különbség a minták között.
- * A második heti kitarolást követően a csomagolatlan bogyóknál jelentős mértékű színeződés kezdődött el. Az LDPE-csomagolt paprikák illata volt a leginkább, míg a PP-csomagolt minták a legkevésbé paprikára jellemző (illatszegényedés). Csomagolt és a csomagolatlan minták ízükben már különbözőek: a csomagolatlan és PP-csomagolt minták kedvezőtlen megítélésűek. *Állomány* tekintetében a csomagolatlan (jelentős megfonnyadt) és csomagolt bogyók jól elkülöníthetőek.
- * A harmadik heti kitarolást követően szignifikáns különbség volt a kezeléseket és a kontroll között az utószíneződésből eredően. Leginkább kedvelt az LDPE-csomagolt, a legkevésbé a csomagolatlan. *A paprikára jellemző illat* alapján már nem, viszont az íz alapján jól elkülöníthetőek a kedveltebbnek tartott LDPE-csomagolt paprikák és a legkevésbé kedveltek a PP-csomagoltak. A csomagolatlan és csomagolt minták az *állomány* tekintetében továbbra is jól elkülöníthetőek, a legjobb állományúak az LDPE-csomagolt minták (Melléklet 2. táblázat).
- * A negyedik heti kitarolást követően szignifikáns volt a különbség a kezeléseket és a kontroll között (Melléklet 3. táblázat). Paprikára jellemző illat tekintetében a minták nem különböztek

(illatvesztés). Az íz esetében már csak az LDPE-csomagolt minták voltak kedveltek, a kontroll és a PP-csomagolt minták ízben eljellegtelenedtek. A csomagolt minták *állományukban* jól elkülöníthetőek voltak a csomagolatlanoktól, az LDPE-csomagolt minták voltak a legkedveltebbek (Melléklet 5. ábra).

Jól nyomonkövethetőnek bizonyult az érzékszervi jellemzők tárolás alatti változása. Az LDPE-fóliás kezelések, elsősorban a normál kiindulási gázösszetételű csomagok esetében nyilvánult meg a legkedvezőbb hatás mind az illat, az íz és az állomány tekintetében.

Fogyasztói csomagok kialakítása és az eltarthatósági idő kapcsán megállapítható:

- a) Az LDPE-csomagokon belül az eltérő kiindulási gázösszetétel ellenére sem alakult ki káros mértékű CO₂-felhalmozódás, illetve O₂-csökkenés. Ez a csomagolás előnyösnek bizonyult az eltarthatósági idő akár 3-4 hétre történő növelésére is, a fiziológiai és mikrobiológiai romlás, illetve a piacképes hányad kedvező szinten tartása mellett. A fólia kedvező vízgőz-permeabilitási tulajdonsága miatt csak jelentéktelen mértékű párakondenzáció alakult ki, s ez nem segítette elő a kedvezőtlen mikrobiológiai romlási folyamatokat.
- b) A PP-csomagokban a megnövekedő CO₂-, illetve a jelentősen lecsökkenő O₂-tartalom miatt jelentős fiziológiai romlás, szöveti károsodás és mikrobiológiai romlás alakult ki. A piacképes hányad a második héttől kezdve nagymértékben lecsökkent, s a tárolás előrehaladtával a teljes paprikamennyiség tönkrement. A PP-fólia étkezési paprika csomagolására hosszú idejű tárolással együtt nem alkalmazható.
- c) Az érzékszervi bírálatok a csomagolatlan minták a tárolás első hetére megjelenő jelentős keménységcsökkenését igazolták. A tárolás második hetétől kezdve az állományban nem volt jelentős érzékszervileg kimutatható különbség a csomagolt minták között. A tárolás előrehaladtával fokozatosan elkülöníthetőek voltak a csomagolt és a csomagolatlan minták az állományuk alapján. Az állománytól eltekintve a csomagolatlan és a csomagolt minták a tárolási időtartam elején nem különböztek, de már itt kedvezőbb jellemzőkkel bírtak az LDPE-csomagolt paprikák. A paprikára jellemző illatnál a harmadik hétre már nem különböztek a kezelések, míg a paprikára jellemző ízt már a második héttől kezdve a LDPE-fóliás kezelések őrizték meg a leginkább, és legkevésbé a PP-csomagolás.
- d) A paprikára jellemző szín, íz, illat és az állomány, illetve a piacképesség tekintetében is a LDPE-csomagolás bizonyult a legelőnyösebbnek a minőség megőrzése és az eltarthatósági idő meghosszabbítására.

4.2. A paprika állományváltozása

Hó és Kárpia paprikafajták friss, illetve a szedést követő minőségváltozásának objektív és átfogó meghatározása érdekében végzett állományvizsgálatok során a paprika állományát, keménységét roncsolásmentes, illetve a hússzövetek állományát, a húskeménységet roncsolásos úton határoztam meg. Vizsgálataimat a DAAD és a COST 924 Short Term Scientific Mission programok keretében végeztem. Általánosan elfogadott állományjellemzőként a rugalmassági modulus (E), [N/mm] meghatározható a terhelőerő-deformáció jelleggörbe felvételével a már igen elterjedt precíziós asztali penetrométerek segítségével. A Hó és Kárpia paprikafajták szedést követő tárolása során alkalmazott hőmérsékletek és kezelések rövidítéseit az 5. táblázatban közlöm.

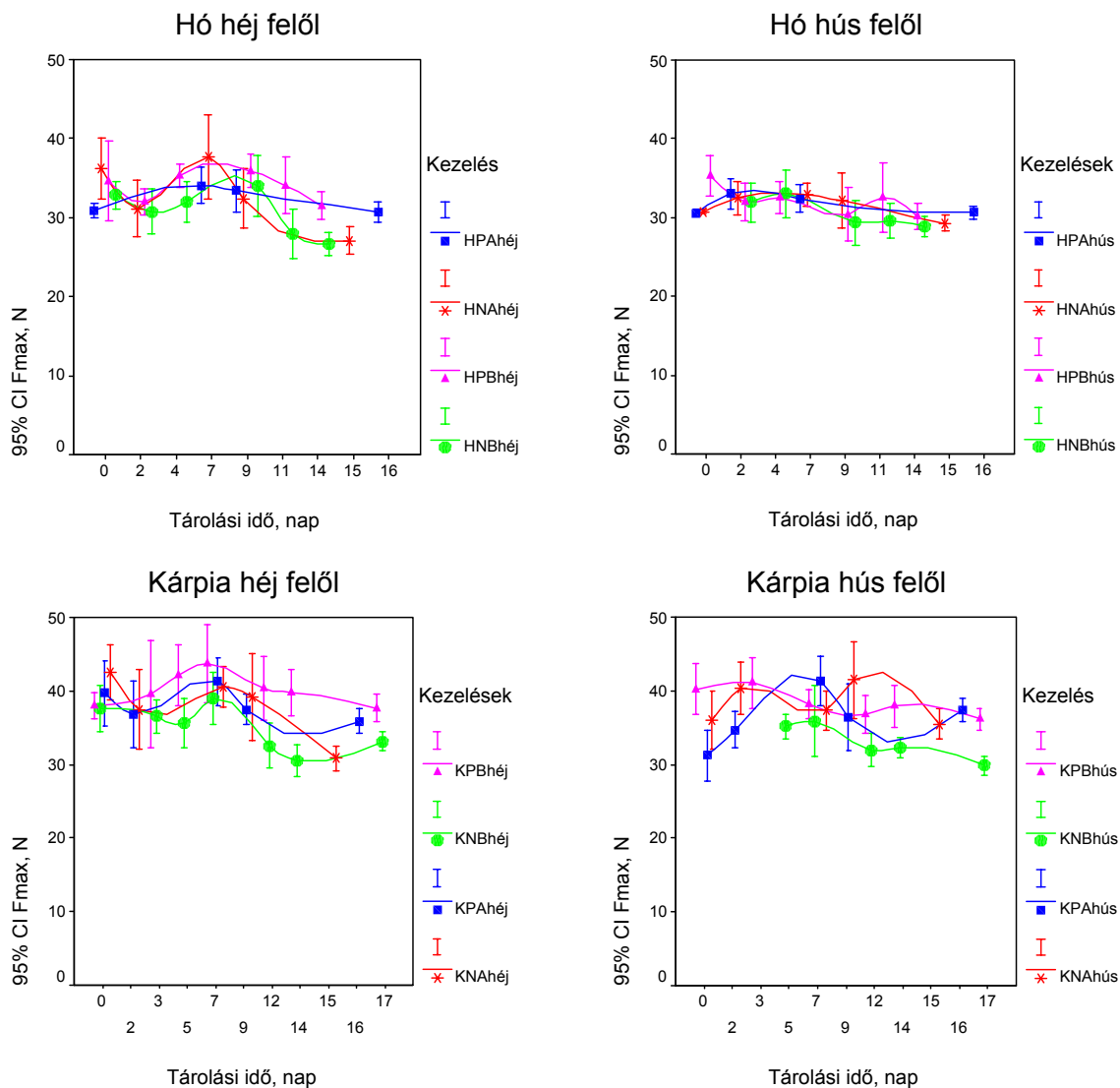
5. táblázat. Jelmagyarázat a Hó és Kárpia paprikafajták szedést követő kezeléseinek rövidítéseire.

Fajta	Kezelés rövidítése	Hőmérséklet	Csomagolás
Hó	HPA	10 °C (A)	LDPE (P)
	HNA		csomagolatlan (N)
	HPB	20 °C (B)	LDPE (P)
	HNB		csomagolatlan (N)
Kárpia	KPA	10 °C (A)	LDPE (P)
	KNA		csomagolatlan (N)
	KPB	20 °C (B)	LDPE (P)
	KNB		csomagolatlan (N)

4.2.1. A roncsolásos, Magness-Taylor-féle húskeménység-vizsgálat eredményei

A Magness-Taylor-féle húskeménység-méréssel tárolási hőmérséklet és a tárolási mód fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) paprika húskeménységére gyakorolt hatását határoztam meg a tárolási idő függvényében. A paprikahús keménységét az SMS-XT2i, illetve a Zwicky 1120 asztali penetrométerekkel a héj és a hús felől mértem.

A kapott eredményeket a 21. ábra szemlélteti. Ezzel a módszerrel szignifikáns különbség nem volt megállapítható sem a kezelések, sem pedig a fajták között, valamint a vizsgált fajtáknál a tárolási idő alatt bekövetkező puhulást sem volt képes a módszer érzékenyen kimutatni. Ezek alapján elmondható, hogy ez a módszer nem alkalmas a paprikahús keménységének vizsgálatára, a minőségváltozás megbízható jellemzésére. A paprikabogyó keménységének objektív mérésére más vizsgálati módszer szükséges.



21. ábra. LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt Hó és Kárpia mintákból kivágott szeletek a héj felől (balra), illetve azzal ellentétes irányból, a hússzövet felől (jobbra) Magness-Taylor mérőfejjel mért hús keménységének tárolás alatti változása.

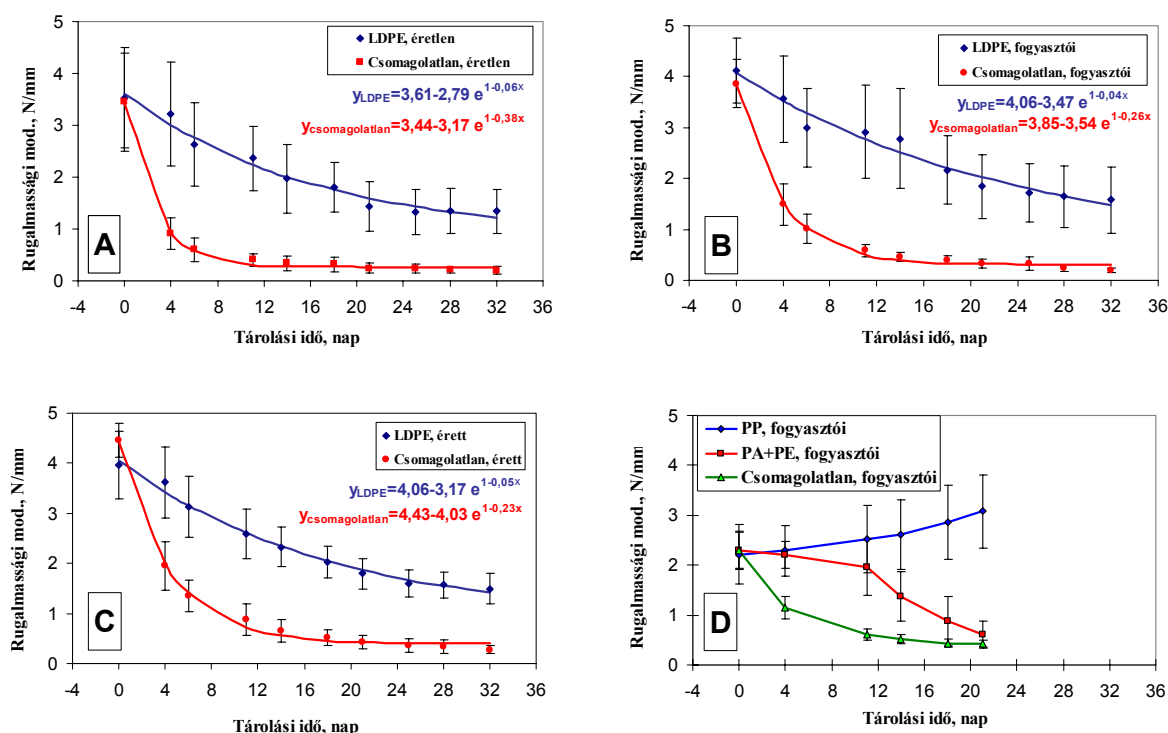
4.2.2. A roncsolásmentes állományvizsgálatok eredményei

4.2.2.1. Az érettségi állapot és a csomagolási mód hatása az állományváltozásra

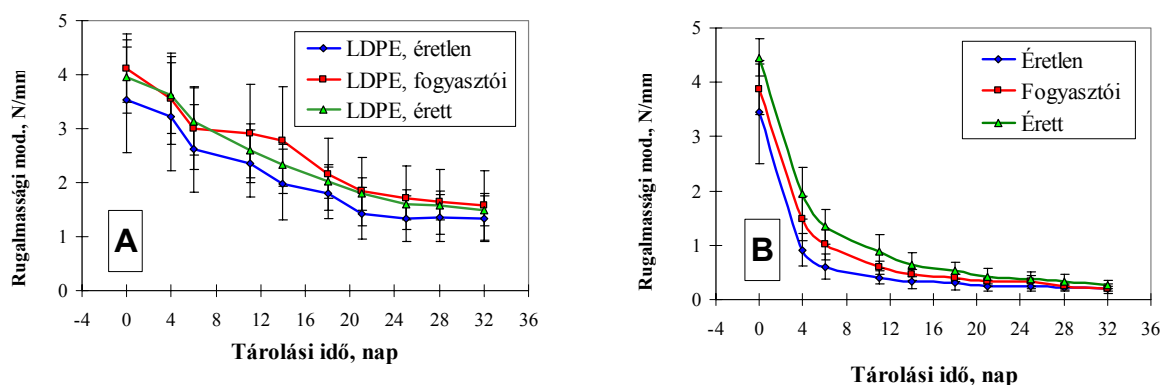
Az érettségi állapot, a hőmérséklet és a páratartalom hatással van az eltarthatóságra. A jellemző színváltozással érő terményeknél a színeződés utal az érettségi állapotra. A paprika a termelői szubjektív, tapintás és vizuális értékelés után kerül leszedésre. Fontosnak tartottam megvizsgálni, hogy ez a szubjektív keménységvizsgálat objektívvé tehető-e, valamint nyomonkövethető-e a műszeres állományvizsgálattal, illetve az érettségi állapot, a csomagolás milyen összefüggésben van a hűtőtárolás alatti puhulásként, fonnyadásként jelentkező keménységváltozással.

Az SMS-XT2i és a Zwicky 1120 precíziós penetrométerekkel roncsolásmentes kompressziós vizsgálatokat végeztem 2 N terhelőerő eléréséig a 7 °C-on tárolt éretlen (-1), fogyasztói éret (1) és

érett (pirosodó, 2-3) Hó paprikák felületének közepén. Az állományvizsgálatok eredményei a 22. és 23. ábrákon láthatóak.



22. ábra. LDPE-csomagolt eltérő érettségi állapotú (A, B, C ábrák), illetve PA+PE és PP-csomagolt fogyasztói érettségű (D ábra) Hó paprika állományváltozása 7 °C-os hűtőtárolás alatt.



23. ábra. Eltérő érettségi állapotú LDPE-csomagolt (A ábra), illetve csomagolatlan (B ábra) Hó paprika állományváltozása 7 °C-os hűtőtárolás alatt.

A tárolási idő előrehaladtával mindhárom érettségi állapotú mintáknál a keménységet, a frissességet jelző rugalmassági modulus (E), [N/mm] változása negatív exponenciális lefutást mutatott (22/A,B,C ábra). A bogyókeménységben a tárolás 4-5. napjától a tárolás végéig szignifikáns különbség volt kimutatható az LDPE-csomagolt, illetve a kontrollminták között. A csomagolatlan mintáknál a tárolás első négy napja alatt szignifikáns, gyors, ezt követően már jelentősebb változást nem mutató keménységváltozást tapasztaltam. A minták elvesztették a friss paprikára jellemző állományukat, piacképességüket, megfonnyadtak, megpuhultak.

Ezzel szemben az érettségi állapottól függetlenül a csomagolt minták állományváltozása jóval lassabb volt (22. és 23. ábra). A csomagolt minták keménysége csak a harmadik hétre érte el a csomagolatlanok 4-5. napi értékét, jelezve a csomagolóanyag által biztosított környezeti páratartalom minőségre gyakorolt kedvező hatását.

A MAP-kezelések, azaz a PA+PE- és a PP-csomagolt minták esetében is a tárolás 4-5. napjától kezdve a tárolás végéig szignifikáns különbség volt tapasztalható a keménységben a csomagolatlan (kontroll) minták, illetve a kismértékben oxigénáteresztő PP- és a gázzáró PA+PE-csomagolt minták állománya között (22/D ábra). Kéthetes tárolás után már a két különböző MAP-kezelés mintáinak állománya között is szignifikáns volt a különbség. A harmadik hétre a PA+PE-csomagolt minták nagyfokú állományromlást mutattak. Ez a csomagokban kialakult anaerob környezet (kb. 28-30 % CO₂ és 0,2-0,5 % O₂) okozta kedvezőtlen folyamatoknak hatásának volt tudható. A PP-csomagolt mintáknál a magas CO₂ (3-5 %) és az alacsony, anaerob O₂-szint (5 %) miatt felületi keményedés volt tapasztalható (22/D ábra). A csomagolatlan minták rugalmassági modulusának gyors és jelentős változása jól tükrözte az intenzív puhulást.

A MAP-kezeléseknél a rugalmassági tényező változása alapján a PP-csomagolás a paprika állományváltozására (keménységcsökkenésére) és az apadási veszteségére kedvező hatást fejtett ki. A magas és stabil belső egyensúlyi páratartalom két hét körüli eltarthatósági idő mellett késleltette a keménységcsökkenést. Kiszámú bírálóval végzett egyszerű kóstoltatás alapján a csomagolatlan, illetve az LDPE-csomagolt mintákhoz képest a PP-csomagolt mintáknál a fogyasztói megítélést rontó jellegtelen, idegen illat és íz volt tapasztalható.

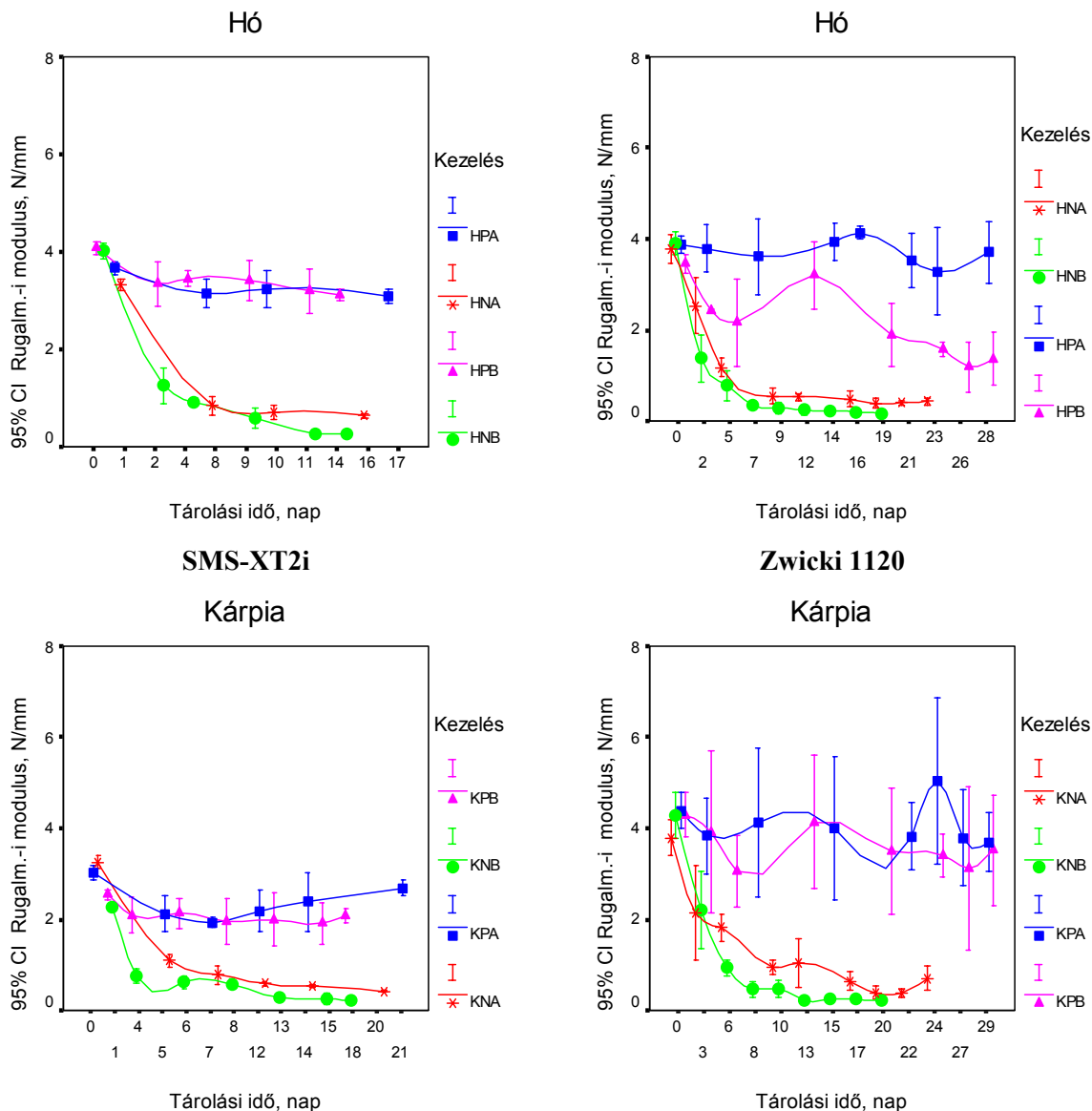
4.2.2.2. A tárolási hőmérséklet hatására bekövetkező állományváltozások

A tárolási hőmérséklet (10 és 20 °C) hatását vizsgáltam az LDPE-csomagolásban, illetve csomagolás nélkül tárolt fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) minták állományváltozására precíziós penetrométerrel (SMS-XT2i és Zwicki 1120). A roncsolásmentes állományvizsgálataim során kapott eredmények a 24. ábrán láthatóak.

Az SMS-XT2i és a Zwicki 1120 precíziós penetrométerekkel végzett állománymérések ábrázolásánál (24. ábra) tapasztalható, a két berendezés által mért adatok közötti szórásbeli eltérések nem a két berendezés eltérő megbízhatóságára utalnak, hanem az eltérő viselkedés oka feltehetően a paprikaminták eltérő szedési időpontjából (augusztus és október) és így az eltérő élettani jellemzőkkel bíró („idősebb”) növényállomány által nevelt minták eltérő viselkedése lehet.

A csomagolatlan paprikaminták állományát, frissességét jellemző rugalmassági modulus a hőmérséklettől függetlenül a tárolási időszak első néhány napja alatt nagyon gyorsan lecsökkent. A tárolási időtartam 6-8. napjára a csomagolatlan bogyók keménysége - a korábbi eredményeimet ismételtén igazolva – egy nagyon alacsony, további változást már nem mutató szintre csökkent.

Az alkalmazott LDPE-csomagolás jelentősen csökkentette a környező légtér és a paprikafelület közötti vízgőznyomás-különbséget. Az alkalmazott hőmérséklettől függetlenül hatékonyan akadályozta meg a kedvezőtlen mértékű tömegveszteség kialakulását, hozzájárulva az állomány megőrzéséhez.



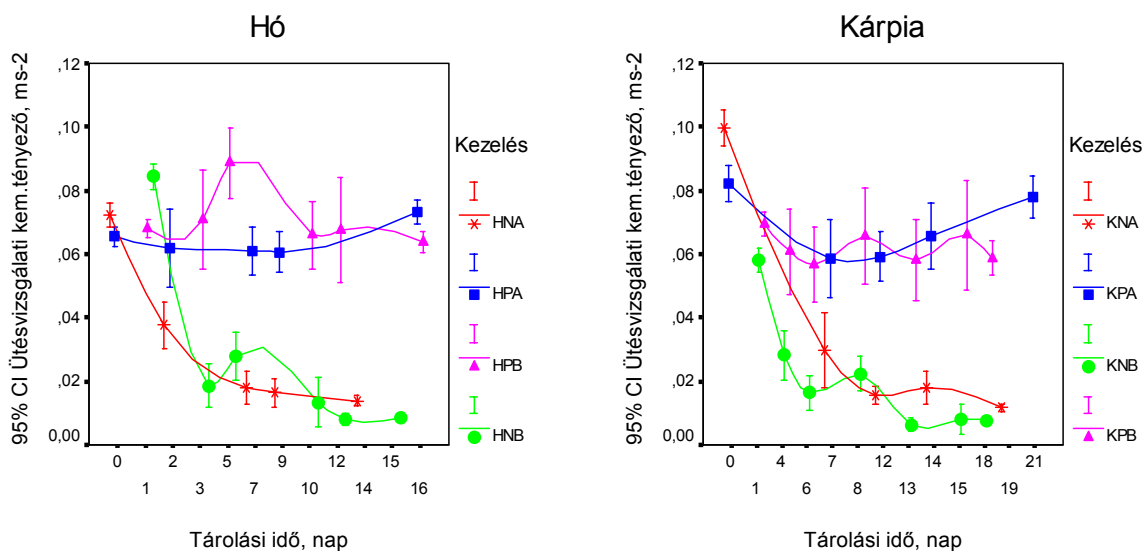
24. ábra. 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Hó és Kárpia minták keménységváltozása az SMS-XT2i (balra) és a Zwicki 1120 (jobbra) precíziós penetrométerrel mérve.

4.2.2.3. Ütésvizsgálati keménységmérés eredményei

LDPE-csomagolt és csomagolatlan fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) minták állományváltozását vizsgáltam a roncsolásmentes ütésvizsgálati keménységméréssel 10 °C és 20°C-os tárolás során. A felületi keménységről információt adó impakt keménységmérések eredményeit a 25. ábra segítségével mutatom be.

Mindkét fajtánál a csomagolt és csomagolatlan minták keménysége között szignifikáns különbség alakult ki a tárolás során. Az ütésvizsgálati keménységtényező alapján a csomagolatlan

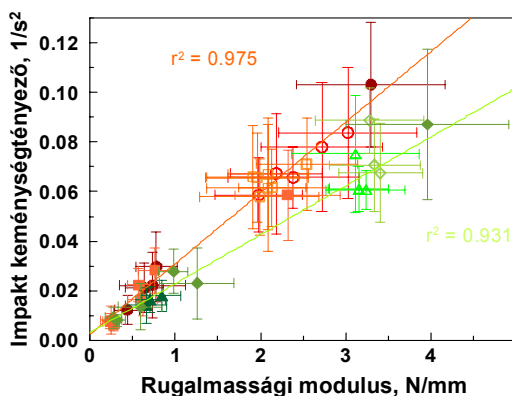
minták szignifikánsan puhábbak voltak csomagoltaknál. Az ütésvizsgálati keménységtényezőben bekövetkező változás is érzékenyen jelezte a bekövetkező állományváltozást, a paprikabogyó puhulását.



25. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Hó és Kárpia minták dinamikus ütésvizsgálati keménységtényezőjének tárolás alatti változása.

Az LDPE-csomagolt minták keménysége – függetlenül a tárolási hőmérséklettől – kevésbé csökkent csomagolatlanokénál a tárolás során. A csomagolt és 10 °C-on, illetve 20 °C-on tárolt minták kb. 20 %-ot, illetve 30 %-ot vesztek keménységükből a tárolás alatt (25. ábra), míg a csomagolatlan paprikáknál jelentős, kb. 80-90 %-os puhulást figyeltem meg.

Megvizsgáltam a rugalmassági modulus és az ütésvizsgálati keménységtényező közötti összefüggést. Ennek eredményét a 26. ábrán mutatom be.



26. ábra. A 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Hó és Kárpia minták rugalmassági modulusa és a dinamikus ütésvizsgálati keménységtényezője közötti összefüggés. A zöld színnel jelzett adatpontok a Hó, míg a pirossal jelzettek a Kárpia fajta összes kezelését jelölik.

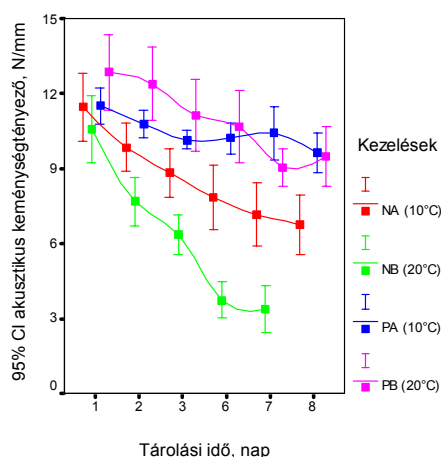
Az ütésvizsgálati keménységméréssel kapott eredmények is alátámasztották a rugalmassági modulusban bekövetkező változásokat. Megállapítottam, hogy az ütésvizsgálati keménységtényező és a rugalmassági modulus nagyfokú ($r^2 > 0,9$) lineáris összefüggést mutatott. Ez a szoros

összefüggés szerint mindkét roncsolásmentes állományvizsgálati módszer megbízhatóan írja le a paprika szedést követő állományváltozását.

4.2.2.4. Az akusztikus módszerrel történő keménységmeghatározás eredményei

10 °C-on, illetve 20 °C-on tárolt LDPE-csomagolt és csomagolatlan 2-3-as érettségi állapotú („füstös”) Kárpia paprikaminták állományváltozását határoztam meg az akusztikus módszer segítségével a tárolási idő függvényében.

A friss Kárpia paprikák között az akusztikus keménységtényezőt tekintve nem volt szignifikáns keménységkülönbség. Mind a négy kezelés esetében az akusztikus keménységtényező folyamatos keménységcsökkenésről tanúskodott (27. ábra).



27. ábra. A 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Kárpia minták akusztikus keménységtényezőjének változása a tárolási idő függvényében.

A tárolási időszak 3-4. napját követően vált a csomagolatlan minták esetében szignifikánssá a hőmérséklet paprika keménységcsökkenésére kifejtett hatása. Az LDPE-csomagolt mintáknál a tárolási hőmérséklet csak a 8. nap után gyakorolt szignifikáns hatást az állományváltozásra. A csomagolás és az alacsonyabb tárolási hőmérséklet jóval kedvezőbb minőséget és eltarthatósági időt biztosított. A csomagolatlanul 20 °C-on tárolt minták keménysége már a 3. naptól kezdve szignifikánsan eltért a többi csoporttól, a tárolás végére eredeti keménységük 30 %-ára puhultak, míg a csomagolt, 10 °C-on tárolt minták keménysége 10 %-ot csökkent. A csomagolatlan paprikák 2-3 nap alatt annyit vesztek frissességükből, mint a csomagolt, 20 °C-on tárolt minták 8 nap alatt.

A tárolási hőmérséklettől függetlenül – korábbi vizsgálatok tapasztalatainak megfelelően – az LDPE-csomagolt minták keménysége a csomagolatlanokénál kisebb mértékben és jóval lassabban változott. Az LDPE csomagolt minták kismértékű, az akusztikus keménységtényező csökkenéseként bekövetkező változása valószínűleg a paprika bogyók hegyének kisebb mértékű folyamatos kiszáradásából fakadt.

A kísérleti eredmények alapján megállapítható, hogy a minőség, illetve a megfelelő eltarthatósági idő biztosítása érdekében a megfelelő csomagolóanyag kiválasztása és a gyakorlati

életben történő használata kiemelt jelentőséggel bír az étkezési paprika szedést követő kezelése során.

Az állományváltozással kapcsolatban levonható következtetések:

- A kompressziós úton végzett keménységmérési, valamint az akusztikus és az impakt roncsolásmentes állomány(keménység)mérési módszerek megbízható, objektív, az étkezési paprika tömegveszteséggel összefüggő keménységváltozását (puhulás, fonnyadás) eredményesen leíró és azt nyomonkövető módszerek bizonyultak. Mindhárom állományvizsgálati módszer szoros, bár nemlineáris összefüggést mutatott a relatív tömegveszteség-változással. A rugalmassági modulus (E), az akusztikus (S) és az ütésvizsgálati keménységtényező (D) változása hatékonyan és érzékenyen jellemezte a tárolás során bekövetkező állomány- és minőségváltozást.
- A Hó és Kárpia fajtáknál a roncsolásmentes állománymérési módszerekkel meghatározott rugalmassági modulus (E), impakt- (D) és akusztikus keménységtényező (S) adatok alátámasztották az egyszerű tapintással megállapított keménységváltozást, a szubjektív fogyasztói megítélést. Szakértői döntéstámogató rendszer alapjaként meghatározásra került az objektív állományjellemzők (E, D, S) és a tapasztalati úton, tapintással megállapított és 1 és 5 közötti értékekkel jellemzett bogyókeménység közötti kapcsolat. Ez alapját képezheti az objektív paprikakeménységi kategóriák és így az objektív paprikaminőség megállapításának (6. táblázat). Ezzel számszerűsíthetővé és mérhetővé tehető ez a fontos minőségi paraméter is, azonban figyelembe kell venni, hogy a paprikafajták keménysége fajtafüggő jellemző.

6. táblázat. Hó és Kárpia paprikafajták keménységének szubjektív megítéléséhez tartozó objektív, műszeres keménységadatok.

A paprikabogyó megítélése	Pont	Rugalmassági modulus (E, N/mm)		Impakt keménységtényező (D, 1/ms ²)		Akusztikus keménységtényező (S, N/mm)
		Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Kárpia
Friss és tapintásra kemény	5	4-5	3,2-4	0,65-0,85	0,85-1	10-11
Tapintásra még kemény	4	3-3,9	2,5-3,1	0,55-0,64	0,7-0,84	7-9,9
Kissé fonnyadt	3	2-2,9	2-2,4	0,54-0,35	0,55-0,69	5-6,9
Erősen fonnyadt	2	1-1,9	1,9-1,1	0,34-0,3	0,35-0,54	3-4,9
Elfogadhatatlanul puha	1	<1	<1	<0,3	<0,35	<3

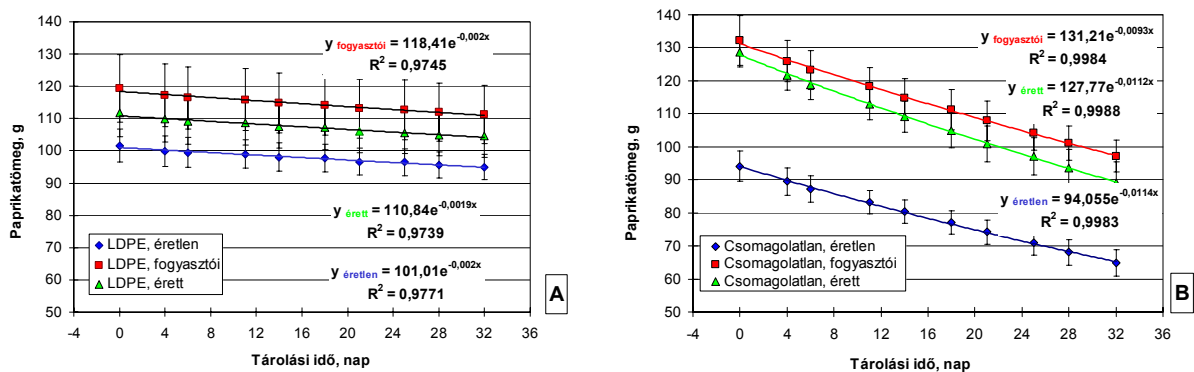
Az ütésvizsgálati keménységtényező meggyőző összefüggést mutatott ($R^2 > 0,9$) a hagyományos, roncsolásmentes terhelőerő-deformáció mérés eredményeivel. A referenciamódszerként alkalmazásra került terhelőerő-deformáció mérési módszer is megbízhatóan írta le a paprika keménységváltozását. Az akusztikus, illetve az impakt keménységméréssel együtt igazolta a csomagolás minőségmegőrzésre kifejtett kedvező hatását. A roncsolásos állománymérés (húskeménység-vizsgálat) nem bizonyult a paprika szedést követő minőségváltozását megbízhatóan leíró mérési módszernek.

- A roncsolásmentes állománymérési módszerekkel a hőmérséklet, a páratartalom a paprika frissességére gyakorolt hatása meghatározható.
- A minőségváltozást figyelembe véve az érettségi fok nem gyakorolt hatást a tárolási idő előrehaladtával az állományváltozás, valamint a tömegveszteség mértékére, csak a csomagolás által biztosított magas páratartalom hatása bizonyult szignifikánsnak. Ez a viselkedés a nem klimakterikus kertészeti termékek tipikus tulajdonsága.

4.2.3. A paprika tömegvesztése a szedést követő tárolás alatt

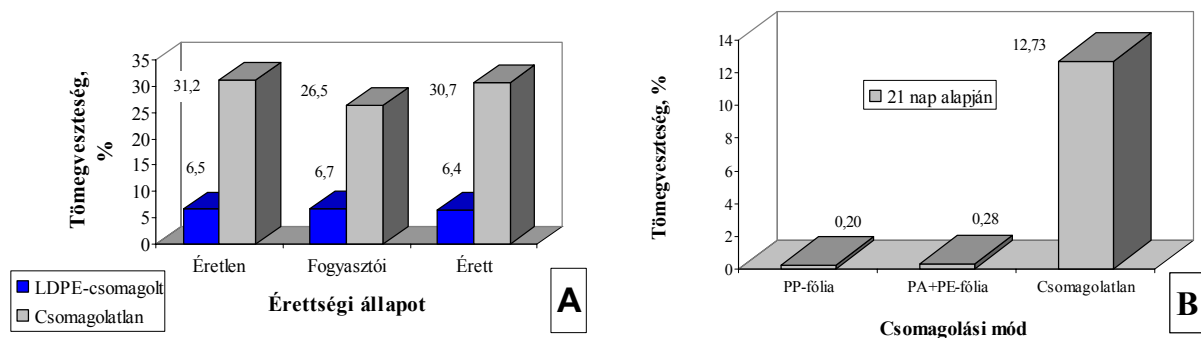
A paprika minőségét, fogyasztói megítélését jelentős mértékben befolyásolja a szedést követő tömeg-, azaz vízveszteség. A tömegveszteség meghatározására, a tömegveszteség és az állományváltozás kapcsolatának vizsgálatára 7 °C-on csomagolatlanul és LDPE-csomagolásban tároltam éretlen (-1), fogyasztói érett (1) és színesedésnek (2-3) indult Hó paprikákat, PP- és PA+PE-fóliában fogyasztói (1) érettségű Hó paprikákat, illetve 10 °C és 20 °C-on csomagolás nélkül és LDPE-csomagolásban tároltam fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) paprikákat. A tárolás során a kiindulási, illetve az adott mérési időpontban mért paprikatömeg alapján határoztam meg a paprikaminták tömegvesztését (%) a tárolási idő függvényében a korábban már ismertetett roncsolásmentes állománymérések kiegészítő vizsgálataként.

A 7 °C-on tárolt, eltérő érettségi állapotú (éretlen, fogyasztói érett és érett) Hó paprikák esetében a különböző érettségi állapot miatt már kiinduláskor is szignifikáns eltérés volt az éretlen, illetve a fogyasztói és az érett bogyók tömege között. Az érettségi állapottól függetlenül a tárolás alatti tömeg-(víz)veszteség negatív exponenciális lefutást mutatott (28. ábra).



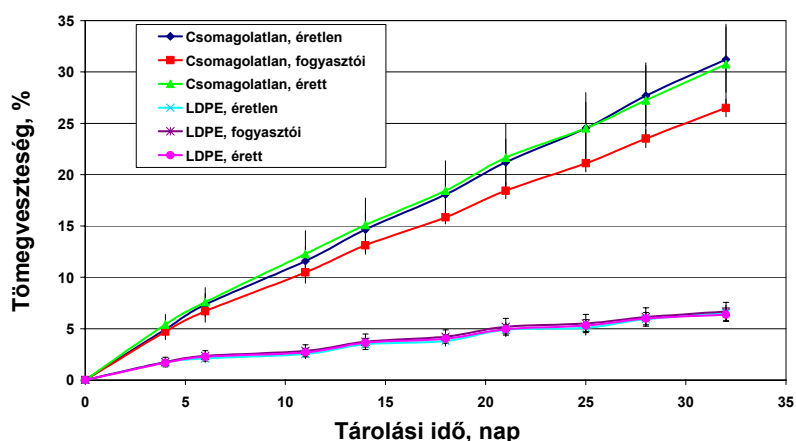
28. ábra. Eltérő érettségi állapotú, LDPE-csomagolt (A) és a csomagolatlan (B) Hó paprikaminták 7 °C-os hűtőtárolás alatti tömegváltozása.

A tömegveszteség mértéke az LDPE-csomagolt mintáknál kb. 6-7 % volt érettségi állapottól függetlenül, míg a csomagolatlan mintáknál kb. 26-31 % volt (29/A ábra). A csomagolt és a csomagolatlan minták tömegvesztése között tapasztalt közel ötszörös eltérés igazolta a páratartalom tömegvesztésre gyakorolt hatásának jelentőségét. Az állomány- és így a keménységváltozás mértékében azonban a tömegveszteség mellett egyéb, a szöveti szerkezetben bekövetkező változások is szerepet játszanak.



29. ábra. Eltérő érettségi állapotú (A), illetve fogyasztói érettségű (B) Hó paprikák tömegvesztése (%) 32, illetve 21 napos 7 °C-os hűtőtárolás során.

A csomagolatlan fogyasztói érett minták tömegvesztése kisebb volt az éretlen és az érett mintákénál (29/A ábra), de a különbség köztük nem volt szignifikáns. A tömegvesztés változásának tárolási idő függvényében történő ábrázolása is ezt az összefüggést támasztotta alá (30. ábra). Az éretlen és az érett, de csomagolás nélkül tárolt minták tömegvesztése közel azonos mértékű volt.

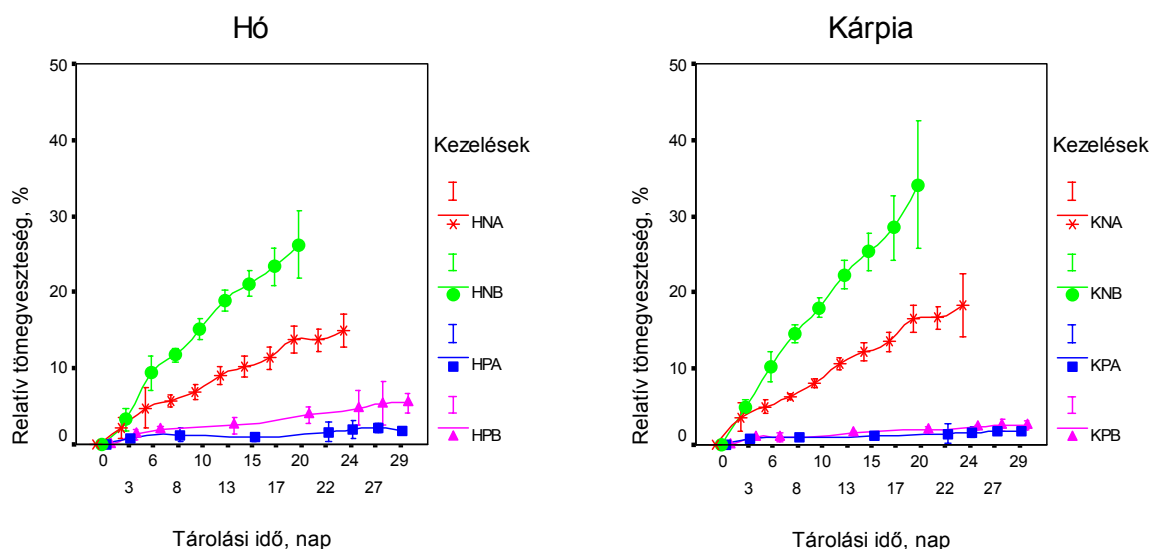


30. ábra. Eltérő érettségi állapotú, LDPE-csomagolású és csomagolatlan Hó paprikaminták 7 °C-os hűtőtárolás alatti tömegvesztése.

Összehasonlítva a fogyasztói érettségű LDPE-, a PP- és PA+PE-csomagolt és a csomagolatlan kontrollminták tömegvesztését, jelentős eltérés tapasztalható a csomagolt minták javára, azonban a kialakult tömegvesztés mértékére az adott csomagolóanyag (LDPE, PP és PA+PE) jellemzői (pld. vízgőzáteresztő-képesség) is hatással vannak (29/A és B ábra).

A 10 °C és 20 °C-on LDPE-csomagolásban, illetve csomagolás nélkül tárolt fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8) paprikaminták tömegvesztésének változása a 31. ábrán látható. A tárolási hőmérséklet a termék és a környező légtér vízgőznyomás-különbségére gyakorolt hatása következtében nagymértékben befolyásolta a csomagolatlan minták tömegvesztését. Ezért a tárolási időtartam végére a 20 °C-on tárolt minták relatív tömegvesztése több mint 10 %-kal volt magasabb a 10 °C-on tároltakénál, míg az LDPE-csomagolt minták vesztesége között szinte elhanyagolható volt az eltérés. Ennek oka, hogy a magasabb hőmérsékleten a levegő telítéséhez

szükséges vízmennyiség sokkal nagyobb, így a folyamatos szárítóhatás a 20 °C-on hasonló relatív páratartalom mellett is nagyobb. Ez idézhette elő a tömegvesztésben a tárolás 4-5. napjától tapasztalt szignifikáns különbséget a két hőmérsékleten csomagolatlanul tárolt paprikáknál. A relatív tömegvesztésben bekövetkező változások mértéke mindkét fajta esetében közel azonos volt.

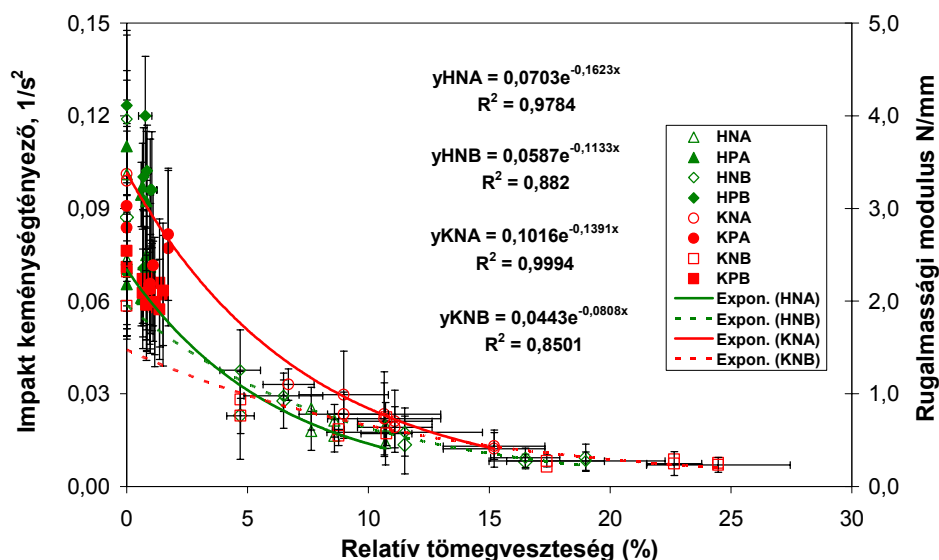


31. ábra. A 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Hó és Kárpia minták relatív tömegvesztésének változása.

Az LDPE-fóliába (15-20 μ m) történő csomagolás – a korábbi eredményeimből levont következtetéseimet ismételten igazolva – a tárolási hőmérséklettől és a vizsgált paprikafajtától függetlenül nagymértékben megakadályozta a vízvesztésből fakadó nagymértékű tömegvesztés kialakulását (31. ábra). A csomagolt paprikák - hőmérséklettől függetlenül - alig (2-4 %-ot) vesztek tömegükből, míg a 10 °C-on csomagolás nélkül tárolt mintáknál 15 %-os, a 20 °C-on csomagolatlanul tárolt mintáknál 25-30 %-os tömegvesztéséget figyeltem meg a 3 hetes tárolás alatt (31. ábra).

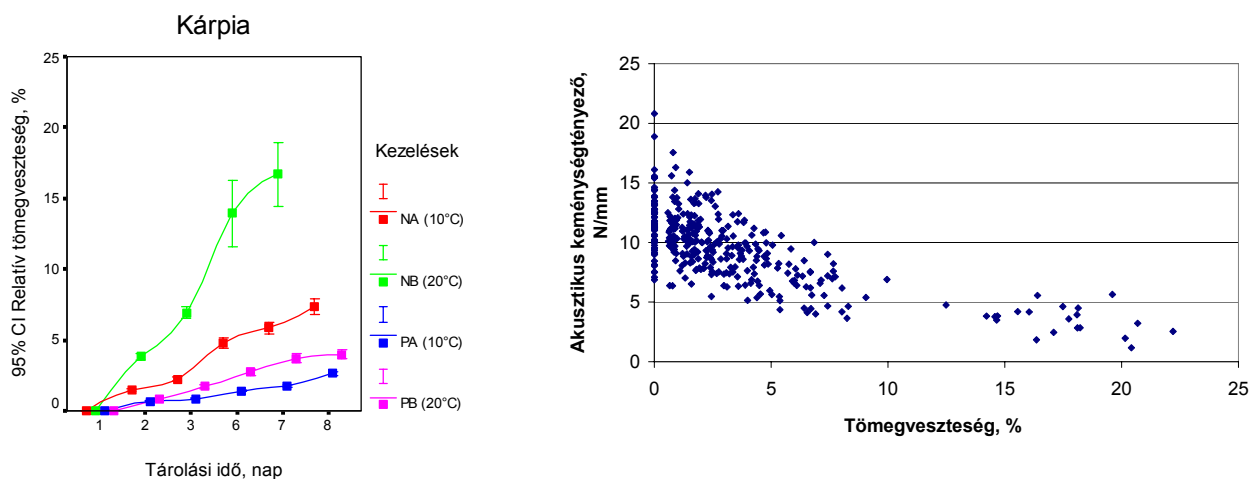
A roncsolásmentes állományvizsgálataim során megvizsgáltam a paprika keménységét jellemző ütészivsgáló- és akusztikus keménységtényező, illetve a rugalmassági modulus és a relatív tömegvesztés közötti összefüggést. Ennek eredményét a 32. és a 33. ábrákon mutatom be.

A kapott eredmények alátámasztották a tömegvesztés időbeli változása szerint történt értékelésénél tett megállapításaimat. A csomagolás, a stabil környezeti páratartalom pozitív hatása a tömegvesztés visszaszorításában nyilvánult meg. Fajtától függetlenül, a csomagolatlanul tárolt mintáknál a hőmérséklet hatása is jól látható a 32. ábrán.



32. ábra. A 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Hó és Kárpia minták esetében a rugalmassági modulus és dinamikus ütésvizsgálati keménységtényező változása a relatív tömegvesztés függvényében.

A 10 °C-on és 20 °C-on LDPE csomagolásban és csomagolatlanul tárolt Kárpia minták egyhetes akusztikus állománymérése során szignifikáns differencia mutatkozott a csomagolt és csomagolatlan minták tömegvesztése között a tárolási hőmérséklettől függetlenül. 20 °C mellett 17 %-os, a 10 °C-on tárolt mintáknál 7 %-os volt a tömegvesztés, míg a csomagolt minták 3, illetve 4 % tömegvesztést mutattak az egyhetes tárolás alatt. Mind a tömegvesztés időbeli lefutása, mind az akusztikus keménységtényező és a tömegvesztés közötti összefüggés alátámasztotta a korábbi eredményeket (31. és 32. ábra).



33. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C (B)-on LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Kárpia paprika relatív tömegvesztésének változása a tárolás során, illetve a tömegvesztés és az akusztikus keménységtényező közötti összefüggés.

Összefoglalva, mindhárom roncsolásmentes állományjellemező szoros és igen érzékeny összefüggést mutatott a paprika relatív tömegvesztésével (32. és 33. ábra), a bekövetkező állományváltozások függtek a tömegvesztéstől. Megállapítható, hogy csak a kezdeti, intenzív

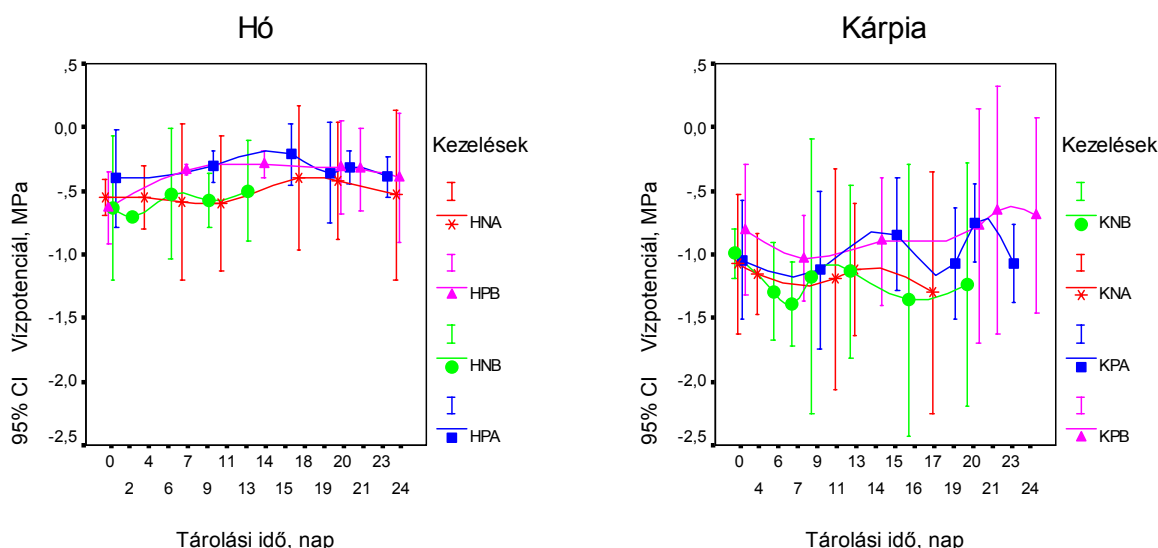
tömegcsökkenés gyakorol hatást a keménységre. A kb. 5 %-nál nagyobb mértékű relatív tömegveszteség feletti, a paprikabogyó feszességét adó turgeszcens szöveti állapot elvesztését követő állományváltozás (puhulás, fonnyadás) nagyon kis mértékben függ a tömegcsökkenéstől. A tömegveszteségben tapasztalható eltérések a nagyfokú vízgőznyomás-differenciától való függése alapján feltételezhető, hogy a bekövetkezett tömegváltozások elsősorban a paprikafelületen lezajló transpirációból, azaz a felületi vízpárologtatásból fakadó tömegveszteségnek köszönhetőek.

Ezt a megállapítást támogatja alá a későbbiekben részletezésre kerülő légzésintenzitás-vizsgálatok során kapott eredményeim és a tömegveszteség-vizsgálatok eredményei alapján az alábbi egyszerű gondolatmenet. A 46. ábrán közölt, a fogyasztói érettségi állapotú (1) Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás-változása értékeinek numerikus integrálását követően a paprika légzésintenzitása szobahőmérsékleten a 14. napon $18 \text{ mg}_{\text{CO}_2} \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ volt. Fogyasztói érettségi állapotban szobahőmérsékleten tárolt Hó paprika tömegvesztesége a 30. ábrán közölt adatok alapján a tárolás 14. napján 13 % volt. A $18 \text{ mg}_{\text{CO}_2} \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ légzésintenzitás-értékkel számolva a 14 nap alatt termelt CO_2 -mennyiség 6,05 g. A 14 nap alatti 13 %-os tömegveszteség alapján az egy kilogramm paprikára vonatkozó tömegveszteségből (130 g) kivonva a 14 nap alatt termelt CO_2 -mennyiséget (6,05 g) kaptam meg az ez idő alatt elpárolgott vízmennyiséget, ami 123,95 g volt. Összehasonlítva a vizsgált időszakra eső, a paprika légzéséből fakadó veszteséget (6,05 g) a párolgás során leadott vízmennyiséggel (123,95 g) megállapítható, hogy a szedést követő tárolás során bekövetkező tömegveszteség döntő mértékben, 95 %-ban a felületen keresztül történő vízpárologtatásból fakadt.

4.2.4. A vízállapot-jellemzők változása

A vízállapotjellemzők, azaz a paprikaszövet vízpotenciáljainak meghatározására csomagolás nélkül, illetve LDPE-csomagolt fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) paprikák $10 \text{ }^\circ\text{C}$ és $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -on történő tárolása során került sor a paprikákból kivágott paprikahús-mintákból.

A tárolás során bekövetkező vízállapot-, vízpotenciál változást az alábbi ábrán mutatom be. A teljes tárolási időtartamot figyelembe véve, sem a paprikabogyók szöveti víztartalma, sem pedig a vízpotenciálja (34. ábra) nem különbözött jelentősen az eltérő tárolási körülmények között tartott mintáknál.



34. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) LDPE-csomagolásban (P) és csomagolatlanul (N) tárolt Hó és Kárpia minták húsából kiszűrt szövetminták vízpotenciáljának változása.

Az értékelést nehezítette azonban, hogy a roncsolásos vízpotenciálvizsgálat nagyfokú időigényéből (mintaelőkészítés, mérés és kiértékelés) és az így elvégezhető alacsony mintaszámból fakadóan a mérési adatok száma csekély, valamint a mérési adatok egyszerű időbeli ábrázolása nem ad kielégítő információt a kezelések, azaz a hőmérséklet és a csomagolás hatásáról. Ezért a kezelések vízállapotra gyakorolt hatásának pontosabb meghatározása érdekében az SPSS (ver. 11) statisztikai programcsomag Általános Lineáris Model (General Linear Model) alkalmazása segítségével a mért adatok összetettebb statisztikai értékelésére került sor.

A Kárpia és a Hó paprikaminták szobahőmérsékletű, illetve 10°C-on, LDPE-csomagolásban és csomagolatlan tárolása a vízállapotra, a vízpotenciálra gyakorolt hatása statisztikai elemzésének eredményeit a 7. és a 8. táblázatban közlöm. A táblázatokban található F-értékek nagysága az egyes tényezők (kezelés, idő, kezelés és idő együttes) hatását mutatja a véletlen hibához képest.

7. táblázat. Az LDPE-csomagolású (P) és csomagolatlan (N) Hó paprikák 10 °C-os (A) és szobahőmérsékletű (B) tárolása alatti, a kezelések a minták vízpotenciáljára gyakorolt hatásának statisztikai elemzése.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,311	23	5,702E-02	2,307	0,006
Intercept	13,543	1	13,543	547,839	0,000
KEZELÉS	0,276	3	9,187E-02	3,717	0,016
IDŐ	0,429	15	2,860E-02	1,157	0,331
KEZELÉS * IDŐ	0,122	5	2,440E-02	0,987	0,434
Véletlen hiba	1,409	57	2,472E-02		

Hó	NA	NB	PA	PB
NA			95%	95%
NB			95%	95%
PA				
PB				

8. táblázat. Az LDPE-csomagolású (P) és csomagolatlan (N) Kárpia paprikák 10 °C-os (A) és szobahőmérsékletű (B) tárolása alatti, a kezelések a minták vízpotenciáljára gyakorolt hatásának statisztikai elemzése.

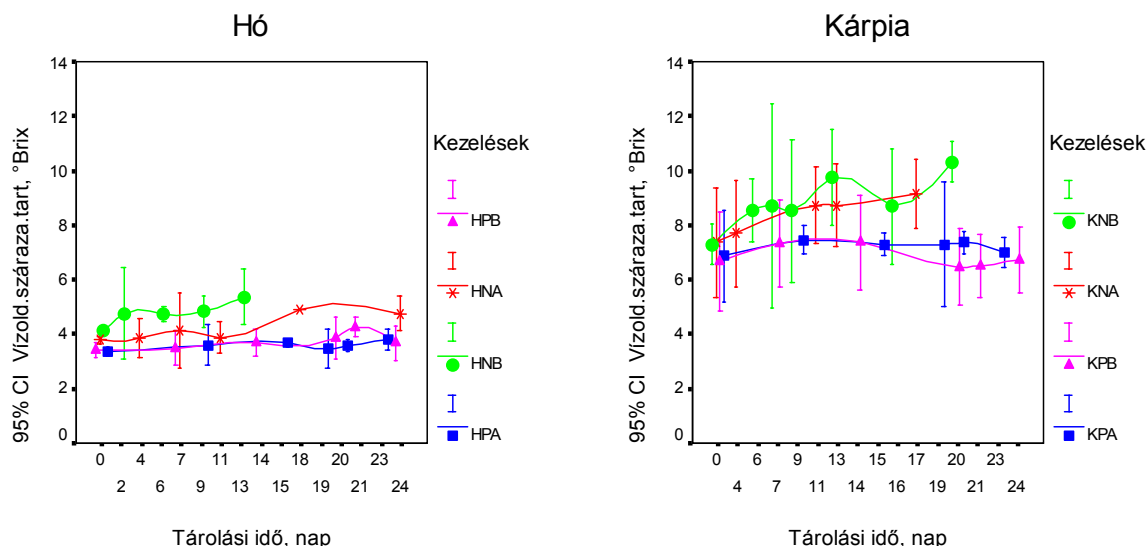
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,312	23	0,144	1,877	0,028
Intercept	75,888	1	75,888	989,202	0,000
KEZELÉS	0,554	3	0,185	2,406	0,077
IDŐ	0,872	15	5,813E-02	0,758	0,716
KEZELÉS * IDŐ	0,332	5	6,647E-02	0,866	0,509
Véletlen hiba	4,373	57	7,672E-02		

Kárpia	NA	NB	PA	PB
NA			90%	95%
NB			95%	95%
PA				90%
PB				

Az SPSS Általános Lineáris Modellel végzett elemzések alapján megállapítottam, hogy a fogyasztói érett Kárpia (8) és a Hó (1) 20 °C-on és 10 °C-on, LDPE-csomagolásban és csomagolatlanul tárolt mintáinak vízpotenciáljára csak a kezelések (csomagolás és hőmérséklet) gyakoroltak szignifikáns hatást. Sem a tárolási idő, sem az idő és a kezelés együttes hatása nem okozott szignifikáns különbséget a különböző minták között (7. és 8. táblázat). A Hó fajtánál mindkét csomagolt csoport 95 %-os valószínűségi szinten, a Kárpia fajtánál pedig a csomagolt és 20 °C-on tárolt minták (PB) 95 % szignifikancia szinten voltak elkülöníthetők a csomagolatlan mintáktól. A Kárpianál a csomagolt 10 °C-on tárolt minták (PA) a csomagolatlan 20 °C-on tárolt (NB) mintáktól 95 %-os, míg a csomagolatlan 10 °C-on (NA) tároltuktól 90 %-os megbízhatósági szinten különböztek. A táblázatból az is kitűnik, hogy a két különböző hőmérsékleten tárolt, csomagolt paprikák 90 %-os szignifikancia szinten megkülönböztethetők egymástól. Összegezve megállapítható, hogy a minták vízpotenciáljának változására a csomagolás volt hatással, a hőmérséklet nem.

A paprikaminták hússzövetéből kipréselt sejtnedv teljes vízdoldható szárazanyagtartalma (35. ábra) jelezte a Hó és a Kárpia fajta között fennálló fajta- és érettségi állapotfüggő eltéréseket. A fogyasztói érett (1), sárgásfehér Hó paprikáknak az ugyancsak fogyasztásra érett (8), de már teljesen bepirosodott (biológiailag is érett, reprodukcióra képes) Kárpia paprikákhoz képest jóval alacsonyabb volt cukortartalma. Ebből fakadóan a tárolási időtartam végéig megmaradt a közel állandó mértékű szignifikáns különbség a fajták között a teljes vízdoldható szárazanyagtartalmat tekintve.

A csomagolt minták vízdoldható szárazanyagtartalma közel állandó maradt a tárolás alatt, szemben a folyamatos szárazanyagtartalom növekedést mutató csomagolatlan mintákkal. Megállapítottam, hogy a paprikaminták vízdoldható szárazanyagtartalma fajtafüggőnek bizonyult.



35. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) LDPE-csomagolásban (P) és csomagolatlanul (N) tárolt Hó és Kárpia minták vízdíszható szárazanyagtartalma.

Összefoglalva a Hó és a Kárpia fajtánál a kezelések közül csak a csomagolás gyakorolt hatást a paprikaminták vízpoteenciáljára, viszont sem a tárolási idő, sem az idő és a kezelés együttes hatása nem mutatott ki szignifikáns különbséget a különböző kezelésű minták között.

A magas belső és stabil relatív páratartalmat biztosító csomagolás alkalmazása mellett a paprikaminták vízpoteenciálja nem mutatott szignifikáns változást.

A paprika vízdíszható szárazanyagtartalma fajtafüggőnek bizonyult és a csomagolás hatást gyakorolt erre a termékjellemzőre.

4.2.5. A paprikahús membránpermeabilitásának változása

A szedést követően a paprikahús membránszerkezetében kialakuló változások közül a membránpermeabilitás változása jól jellemezhető az ionkiáramlás mértékével. A membránszerkezet épségét jelző, a membrán félígáteresztő-képességében bekövetkező változások mértékét vizsgáltam Hó fajtájú paprika természetes, illetve a szedést követő érési folyamatainak jellemzésére. Ehhez az ionkiáramlás elektromos vezetőképesség-mérés elvén alapuló mérését használtam. A vizsgálatokat frissen szedett eltérő érettségi állapotú, illetve szobahőmérsékleten utóérett minták esetében végeztem.

A szedést követően az érési és öregedési folyamatokkal összefüggő membránpermeabilitás-változást pld. alma esetében többen vizsgálták (pld. Merész et al., 1993, 1994; Merész és Lovász, 1997; Lovász et al., 1998), azonban - jelenlegi ismereteim szerint - az étkezési paprika esetében még nem történtek ilyen irányú vizsgálatok.

A vezetőképesség-vizsgálatok során kapott eredmények statisztikai elemzése alapján megállapítottam, hogy az étkezési paprika membránpermeabilitását jellemző ionkiáramlását az alábbi általános formában közölt telítődési függvény írja le [11].

$$Y = A \cdot (1 - e^{z+c \cdot x}), \text{ ahol} \quad [11]$$

$Y = I$, áramerősség [μA],

$A = I_{\text{max}}$, maximális áramerősség [μA],

$z =$ a mért áramerősség adatpontokra illesztett telítődési függvény és a függőleges tengely metszéspontja,

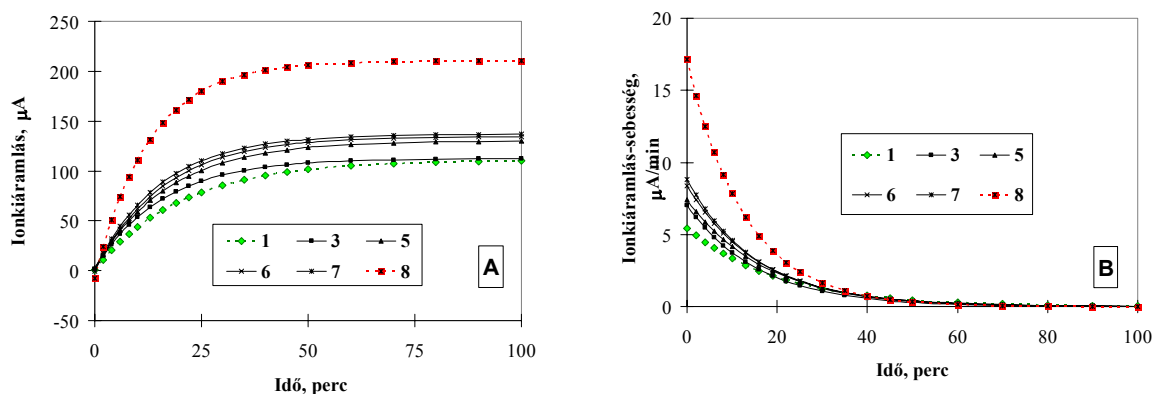
$c =$ "c" sebességi állandó [$1/\text{min}$],

$x = t$, idő [min].

Minden egyes mérőcellánál az 50 percig tartó mérési idő alatt felvett vezetőképesség értékekre a Statgraphics (ver 5.0) statisztikai programcsomag nemlineáris regresszió funkciója segítségével az előbb ismertetett telítődési függvényt illeszttem. Az egyenkénti függvényillesztést követően kapott telítési függvény egyenlet paraméterátlagai (I_{max} , z és c) alapján számítottam ki az átlagos ionkiáramlás [μA] értékét, valamint az ionkiáramlás sebességét [$\mu\text{A}/\text{min}$, az ionkiáramlás idő szerinti első deriváltja segítségével] 100 perces időintervallumra. Az illesztett telítési görbék és a mért adatok közötti összefüggést jellemző korrelációs koefficiens jobb volt, mint 0,98.

Frissen szedett, eltérő érettségi állapotú paprikaminták membránpermeabilitása

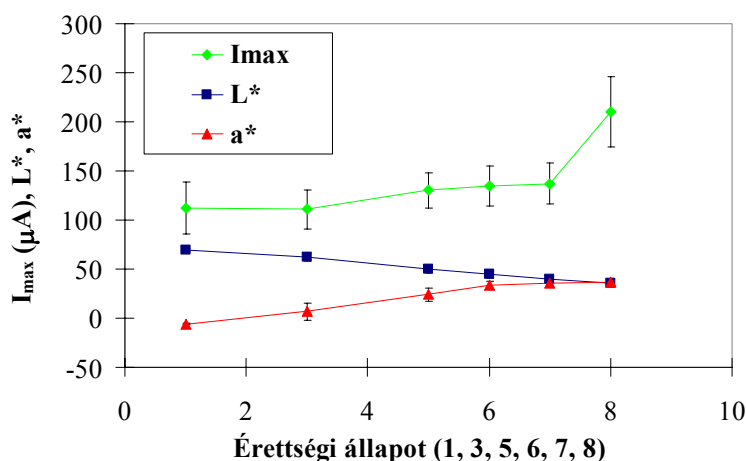
A frissen szedett, 1-8 közötti vizuális érettségi skála szerinti fogyasztói érett (1), színeződésnek indult (3, 5, 6, 7) és teljesen bepirosodott (8) Hó paprikák ionkiáramlását vizsgáltam meg. 95 %-os megbízhatósági szint mellett szignifikáns különbséget állapítottam meg az ionkiáramlás [μA], ionkiáramlási sebesség [$\mu\text{A}/\text{min}$] esetében a fogyasztói érett (1) és a biológiailag érett paprikaminták között (36. ábra).



36. ábra. Hat különböző érettségi állapotban (1, 3, 5, 6, 7, 8) frissen szedett Hó paprikaminták átlagos ionkiáramlása (A) és átlagos ionkiáramlás-sebessége (B).

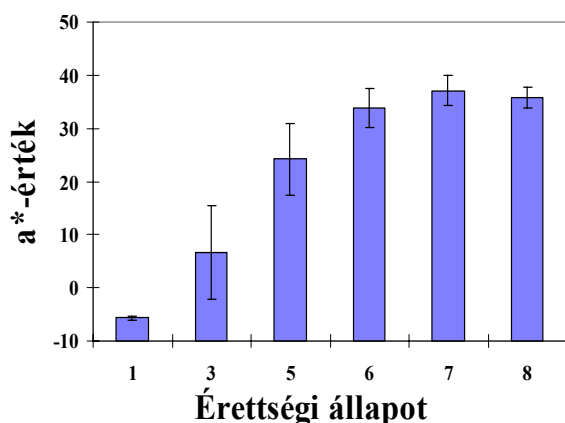
Az ionkiáramlási sebesség esetében a fogyasztásra érett (1) és a bepirosodott, teljesen (biológiailag) érett (8) paprikaminták közötti különbség 2,5-3-szoros. Szignifikáns különbség nem volt megállapítható a köztes érettségi állapotú (3-7 érettségi fok) frissen szedett paprikaminták ionkiáramlása között. A maximális ionkiáramlás (I_{max}) jól tükrözte az érettségi állapotbeli, az a^* -értékekkel is jelzett eltéréseket (37. ábra). Az ábrán az is jól látható, hogy az érettségi állapot

változásával a 3. érettségi állapotól kezdve fokozatos ionkiáramlás-növekedés tapasztalható, de a ugrásszerű változás az érettségi sor utolsó, a 7-8-as állapota között következett be.



37. ábra. A friss, eltérő érettségi állapotú (1, 3, 5, 6, 7, 8) Hó paprikaminták ionkiáramlása, utószíneződése és az érettségi állapota közötti összefüggés.

Az alábbi ábrán közlöm az egyes érettségi állapothoz tartozó CIELab a* színjellemző értékeit (38. ábra). Az ábrán jól látható, hogy az érettségi állapot növekedését az a*-értékek növekedése kísérte a paprikafelület egyre pirosabbá, a paprika egyre érettebbé válásával.



Érettségi állapot	L*	a*	b*
1	69,57±2,15	-5,67±0,36	22,64±1,61
3	62,31±4,22	6,66±8,86	39,54±4,17
5	49,95±3,80	24,22±6,71	35,31±3,89
6	44,47±3,72	33,84±3,75	30,03±5,06
7	39,79±3,20	37,12±2,89	22,50±4,06
8	35,38±1,55	35,79±2,02	13,45±1,55

38. ábra. Az érettségi állapot és a színméréssel meghatározott CIELab a*-értékek közötti kapcsolat, valamint a különböző érettségi állapotokhoz tartozó CIELab színjellemzők.

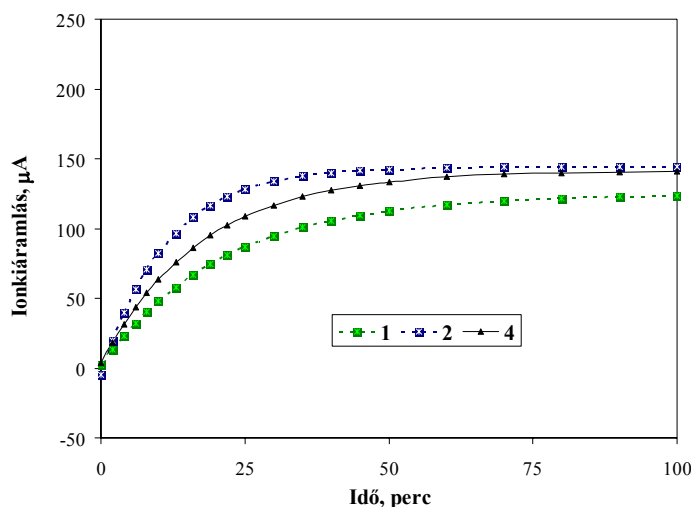
A paprikaminták felületi színmérése során kapott a*-értékek megfeleltethetők az egyes érettségi kategóriáknak (38. ábra). Szignifikáns különbséget állapítottam meg a fogyasztói érettségű (1) és a teljesen beérett, bepírosodott (8) minták között, míg az intenzív színeződést mutató minták (5, 6, és 7) között a különbség nem ily egyértelmű. Ennek megfelelően, a színmérés segítségével megfelelő számú mérésszám mellett a paprika érettségi állapota meghatározható.

Szobahőmérsékleten tárolt és utószíneződött paprikaminták membránpermeabilitása

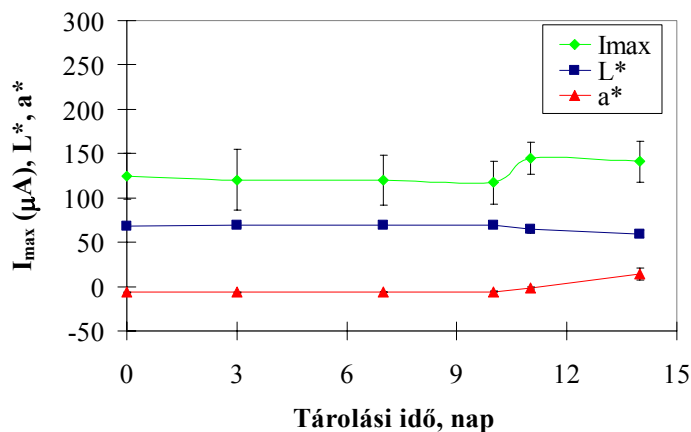
A kiindulási állapotban fogyasztói érettségi állapotú (1) szobahőmérsékleten tárolt paprikaminták a*- és L*-értékei tekintetében az utóérést, utószíneződést jelző enyhe növekedés volt tapasztalható a tárolási időtartam 10. napjától. Ez a paprika felületén foltok formájában, a

paprikacsúcsból kiinduló, inhomogén utószíneződéssel járó utóérésként jelentkezett. A tárolási időszak 14. napján az 1-8 közötti vizuális érettségi skála szerint a szedést követően utóérett minták érettségi foka a 3-4. érettségi foknak felelt meg. A további tárolás során a paprikák minősége nagymértékben leromlott, (öregedés, fonnyadás), így a végső, a teljes érettségig, azaz a 8-as érettségi fokig az utóérés nem jutott el.

A szobahőmérsékleten tárolt és utóérett minták esetében nem tapasztaltam a normál érésmenetű, természetes úton, a paprikanövényen érett paprikáknál tapasztalt, a membránpermeabilitás (ionkiáramlás, illetve ionkiáramlás-sebesség) és az utószíneződés közötti összefüggést (39. és 40. ábra).



39. ábra. A szedést követően szobahőmérsékleten utóérett, az 1, 2 és 4 érettségnek megfelelő érettségi állapotú Hó paprikák átlagos ionkiáramlása.



40. ábra. A szedést követően szobahőmérsékleten utóérett Hó paprikák ionkiáramlásának és L*, illetve a* színjellemzőjének változása a tárolás alatt.

Az ICP-lángfotometriás analitikai vizsgálatokkal először a frissen szedett, fogyasztói érettségű (1), illetve teljesen beérett (8) Hó paprika húsának ionösszetételét, valamint a húsban lévő ionok mennyiségét határoztam meg (9. táblázat).

9. táblázat. Hó fajtájú, két különböző érettségi állapotú (1 és 8) friss paprika iontartalma [$\mu\text{g/g}_{\text{friss paprika}}$], valamint az össziontartalom %-ában kifejezve.

Ion	Fogyasztói érett (1)		Teljesen érett (8)	
	$\mu\text{g/g} \cdot 10^3$	Teljes iontartalom %-ában	$\mu\text{g/g} \cdot 10^3$	Teljes iontartalom %-ában
K	25,8	76,3	24,6	80,9
P	3,9	11,7	3,1	10,1
Ca	1,8	5,5	0,81	2,7
Fe	0,075	0,2	0,036	0,1
egyéb	2,06	6,3	1,84	6,2
összesen	33,635		30,386	

A közölt előzetes eredmények tájékoztató jellegűnek tekinthetők, így további mérések szükségesek a mélyebb következtetések levonásához, azonban bizonyos összefüggésekre, eredményekre ezek a vizsgálatok is alkalmasnak tekinthetők. A mért adatok alapján a frissen szedett paprikák iontartalmát a kálium-, a foszfor-, a kalcium- és a vasionok mennyisége határozza meg. Mennyiségük ($\mu\text{g/g}$ friss paprika) a fogyasztói érett (1), mind pedig a teljesen érett (8) mintákban magas volt a többi, még mérhető mennyiségben megtalálható ionhoz képest (9. táblázat). A közölt előzetes eredmények megerősítik Stefanovits-Bányai és munkatársai (2005) által közölt, az étkezési paprika elemösszetételére vonatkozó vizsgálatok eredményeit is. Ezek szerint a Hó, illetve a Kárpia paprika Ca-tartalma $2020 \mu\text{g/g}$, illetve $1084 \mu\text{g/g}$, a Fe-tartalma $35,58 \mu\text{g/g}$, illetve $29,49 \mu\text{g/g}$, a K-tartalma $26678 \mu\text{g/g}$, illetve $17942 \mu\text{g/g}$, valamint a P-tartalma $3669 \mu\text{g/g}$, illetve $1992 \mu\text{g/g}$.

A paprika ionösszetételének meghatározását követően a paprikahús szöveti membránrendszerén keresztül átjutó ionok mennyiségét vizsgáltam. Az átjutott ionokkal és azok mennyiségével összefüggésben áll a paprika szöveinek membránpermeabilitása. A membránokon keresztüli diffúzióra, illetve az ionkoncentráció-változásra jelentős hatást gyakorló ionoknak a friss paprikában a kálium-, a foszfor-, a kalcium- és a vasionok bizonyultak (10. táblázat).

10. táblázat. Hó fajtájú friss állapotú, fogyasztói (1) és teljes érett (8) paprikaminták $0,3 \text{ M}$ mannit mérőoldatban mért iontartalma [$\mu\text{g/ml}_{\text{oldat}}$] az 50 perces ionkiáramlás-vizsgálatot követően.

Ion	Fogyasztói érett (1)		Teljesen érett (8)	
	$\mu\text{g/ml}$	Teljes iontartalom %-ában	$\mu\text{g/ml}$	Teljes iontartalom %-ában
K	31,95	84,42	59,37	83,99
P	2,99	7,92	5,37	7,60
Ca	1,23	3,26	1,24	1,75
Fe	0,95	2,52	2,75	3,89
egyéb	0,71	1,88	1,95	2,77
összesen	37,83		70,68	

A membránrendszer permeabilitása az előzetes eredmények alapján bizonyos ionokra szelektívnek tűnik, amit igazolhat, hogy a paprikahús iontartalmában jelentősebb szereppel bíró ionok közül a vas esetében arányaiban tízszer annyi jutott át a membránon, mint amennyi eredetileg a húsban százalékosan megtalálható.

Az átjutott ionok %-os arányát figyelve a káliumból kb. ugyanynyi jut át a membránon az eltérő érettségű paprikák esetében. Mennyiségét tekintve az érettségi állapot növekedésével nő a kálium-, a vas-, viszont csökken a kalciumionok membránon áthaladó mennyisége.

Ionkiáramlás-vizsgálatok következtetései:

- Megállapítottam, hogy az ionkiáramlás-mérési módszer alkalmas az étkezési paprika membránpermeabilitás-változásának vizsgálatára. Az ionkiáramlás alapján felvett telítődési függvény jellemzői közül a maximális ionkiáramlás és az ionkiáramlási sebesség jól jellemzi a friss és a tárolt paprika membránpermeabilitás-változását a tárolás és az érés során.
- Megállapítottam, hogy az izotóniás 0,3 M mannit oldat vezetőképességében bekövetkező változás jól jellemzi a különböző érettségi állapotban lévő paprikák eltérő mértékű ionkiáramlásként jelentkező membránpermeabilitás-különbségét.
- Összefüggést állapítottam meg a paprika érettségi állapota és az ionkiáramlás-változás által jelzett membránpermeabilitás-változása között. A membránpermeabilitást jellemző ionkiáramlás, az ionkiáramlási sebesség érettségi állapot függő jellemző. Az érettségi állapot előrehaladtával nő az ionkiáramlás mértéke. A Hó fajtájú teljesen beérett (8) paprika ionkiáramlási sebessége 2,5-3-szor nagyobb a fogyasztói érett (1) paprikáénál. A köztes érettségi állapotú paprikák ionkiáramlása között nem állapítható meg szignifikáns különbség. Szedést követő, szobahőmérsékleten bekövetkező utóérésnél az ionkiáramlásban szignifikáns különbség nem mutatható ki az eltérő érettségi fokok között.
- Megállapítottam, hogy a szedést követő érés és az öregedés folyamata jellemezhető a szöveti membránrendszer állapotával és épségével, amit a membránpermeabilitás, az ionkiáramlás mértéke jelez.
- Az ICP-lángfotometriás előkísérletek előzetes eredményei szerint a paprika hússzöveteinek membránrendszerén keresztül történő ionkiáramlásban nagyobb jelentőséggel a kálium-, a foszfor-, a kalcium- és vasionok vesznek részt. Azonban az érettségi állapot és az ionkiáramlás, illetve az azt befolyásoló ionok közötti kapcsolat igazolására további mérések és az eredmények mélyebb statisztikai értékelése szükséges.

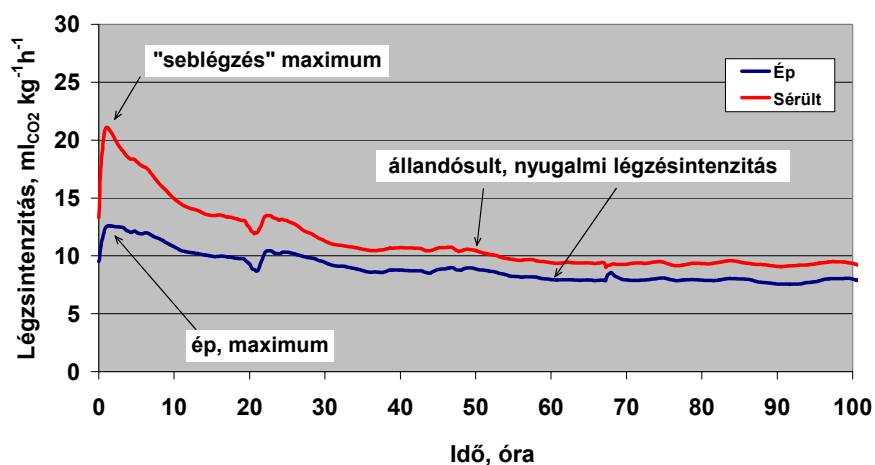
4.2.6. Étkezési paprika légzésintenzitásának meghatározása

Vizsgálataim során Hó és Kárpia paprikafajták légzésintenzitását határoztam meg „nyitott”, illetve „zárt” rendszerű légzésintenzitás-mérő berendezéssel friss állapotban (ép, sérült), különböző érettségi állapotban, illetve különböző tárolási körülmények mellett.

4.2.6.1. "Nyitott rendszerű respirométerrel" végzett légzésintenzitás-mérések eredményei

Ezzel a mérőberendezéssel szobahőmérsékleten mérve meghatároztam a fogyasztói érett (1) Hó paprika légzésintenzitását friss állapotban a szedést követően, valamint az áruvá készítés, az értékesítés alatt bekövetkező enyhe mechanikai sérülések, illetve a tárolási hőmérséklet (2 °C, 7 °C és 20 °C) légzésintenzitásra gyakorolt hatását.

A paprika légzésintenzitása a kezelésektől függetlenül jellegzetes lefutást mutatott. A minták légzésintenzitását [$\text{mlCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$] jellemző légzési görbe a kezdeti növekedést követően elérte a maximális értékét, majd azt követően a kezelések, illetve a tárolási idő függvényében a légzésintenzitás beállt egy közel állandó, ún. nyugalmi értékre (41. ábra).

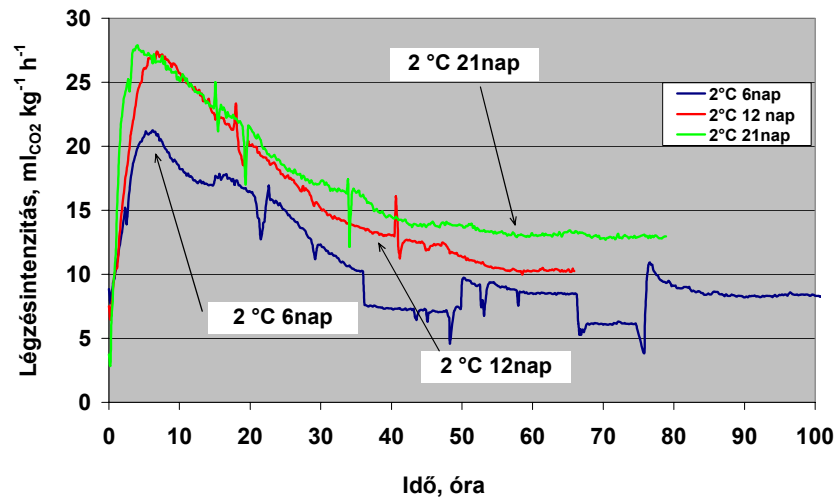


41. ábra. A fogyasztói érett (1) Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitásának jellegzetes lefutása ép és enyhe mechanikai sérülést szenvedett minták esetében.

A külsőleg nem látható, a paprikabogyó ujjbeggyel történő megnyomásával mesterségesen előidézett, enyhe mechanikai sérülések után kezdeti légzésintenzitás-növekedés, illetve az ép paprika légzésintenzitásánál tapasztaltnál magasabb értéken állandósuló légzésintenzitás volt tapasztalható. Ez a válaszreakció a sérült szövetek légzésintenzitásának az ún. seblégzésből következő növekedésére, illetve a stresszhatásként jelentkező fizikai sérülésekre a szövetek légzésintenzitás-növekedéssel járó reakciójára utalhat (41. ábra).

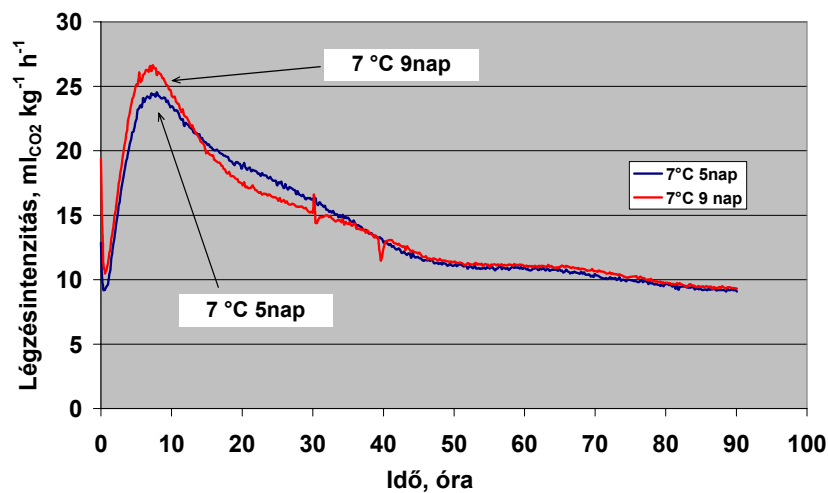
A légzésintenzitás-görbe kezdeti szakaszában tapasztalt légzésintenzitás-növekedésre hatást gyakoroltak a megváltozott környezeti viszonyok, illetve az érés, az öregedés, az enyhe mechanikai sérülések és a hidegkárosodás. A tárolási hőmérséklet és a tárolási idő légzésintenzitásra gyakorolt hatását a 41-44. ábrákon mutatom be.

A 2 °C-on 6 napig tárolt Hó paprikák légzésintenzitása hűtve tárolást követően a szobahőmérsékleten végzett légzésmérés során a friss állapotban mért légzésintenzitáshoz (41. ábra) képest magasabb volt (42. ábra). A további 2 °C-os tárolást követően a szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás további növekedését tapasztaltam. Ennek oka a hidegkárosodás okozta szöveti károsodásból fakadó légzésintenzitás-növekedés volt (42. ábra).



42. ábra. A fogyasztói érett (1) és 2 °C-on tárolt Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás-változása.

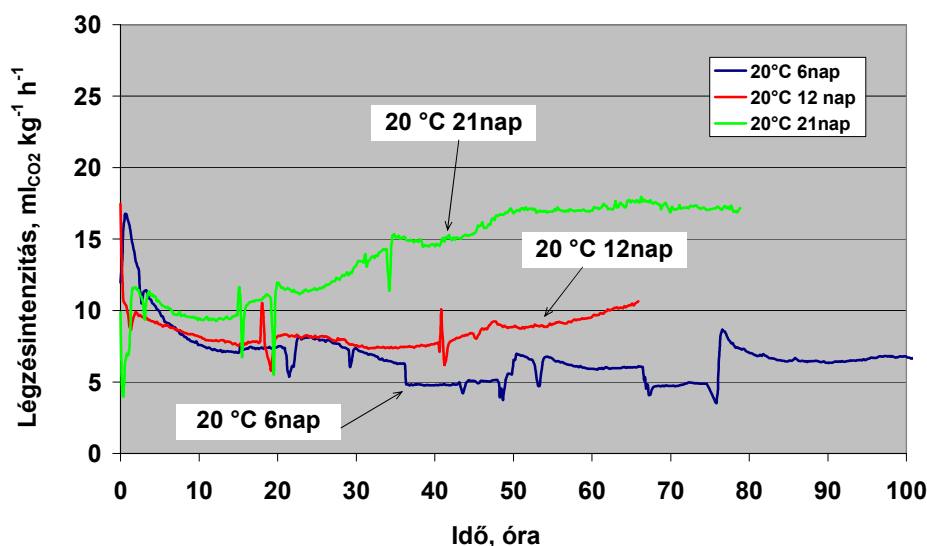
A 7 °C-on tárolt mintáknál is légzésintenzitás-növekedés volt megfigyelhető a kezdeti szakaszban a friss mintáknál tapasztaltakhoz képest, viszont a nyugalmi légzésintenzitás mértéke hasonló volt a friss állapotban mérthez (43. ábra).



43. ábra. A fogyasztói érett (1) és 7 °C-on tárolt Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás-változása.

Ez a viselkedés arra utalhat, hogy a 7 °C-on tárolt minták nem szenvednek hidegkárosodást. A tárolás során bekövetkező légzésintenzitás-csökkenés feltehetően az öregedési folyamatoknak köszönhető.

A szobahőmérsékleten tárolt mintáknál a légzésintenzitás a tárolás elején viszonylag rövid idő alatt állandósult. A tárolás előrehaladtával tapasztalt légzésintenzitás-növekedés az esetleges szöveti romlással, valamint a mikrobiológiai romlási tünetek megjelenésével volt magyarázható (44. ábra).



44. ábra. A fogyasztói érett (1) és szobahőmérsékleten tárolt Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás-változása.

A szedést követő tárolás hőmérsékletének csökkenésével, illetve a 7 °C alatti tárolási idő növekedésével a paprika a szobahőmérsékleten mérhető maximális légzésintenzitásának eléréséhez, valamint a légzésintenzitás nyugalmi értékre történő beállításához hosszabb idő volt szükséges. A szobahőmérsékleten tárolt minták rövidebb idő alatt érték el a maximális légzésintenzitást, valamint légzésintenzitásuk gyorsabban állt be a nyugalmi, közel állandó értékre, mivel nem volt jelentős hőmérsékletkülönbség a tárolási és a mérési környezet hőmérséklete között.

Az előbbieken ismertetett légzésintenzitás-vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy a paprika légzési folyamataira a tárolási hőmérséklet, illetve az alacsony hőmérsékleten történő tárolási időtartam gyakorol hatást.

4.2.6.2. Zárt rendszerű "respirométerrel" végzett légzésintenzitás-mérések eredményei

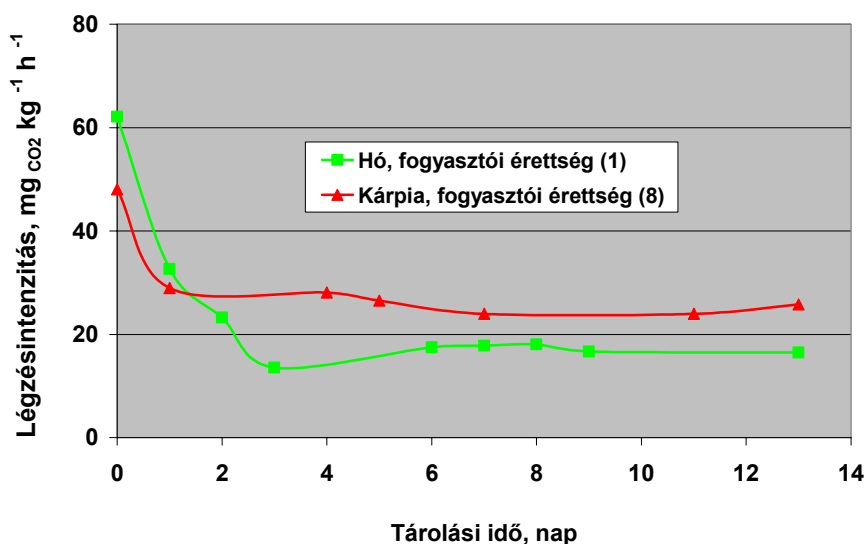
A zárt rendszerű légzésintenzitás-vizsgálataim során Hó és Kárpia paprikák légzésintenzitását határoztam meg, tekintettel a fajtára, az érettségi állapotra, a tárolási hőmérsékletre és a tárolási időre.

A vizsgálatok célja a fogyasztói érettségi állapotú (1), illetve éretlen (-1) Hó, valamint fogyasztói érettségű (8) és az utószíneződés jeleit mutató, „füstös” (3-4) Kárpia paprikák szedést követő légzésintenzitásának meghatározása volt friss állapotban, illetve szobahőmérsékletű (20-22 °C) és 7-8 °C-os hűtőtárolás során.

Hasonlóan a nyitott rendszerű berendezéssel mért eredményekhez, a zárt rendszerben történő és rövid ideig tartó (15-45 perc) légzésintenzitás-mérések is jellegzetes, a kiindulási állapotban mért maximummal exponenciális lefutást mutató változást mutattak a tárolási idő függvényében.

A szobahőmérsékleten csomagolás nélkül két hétig tárolt fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) paprikáknál a friss állapotban mért, a még magas biológiai aktivitásból fakadó nagyobb

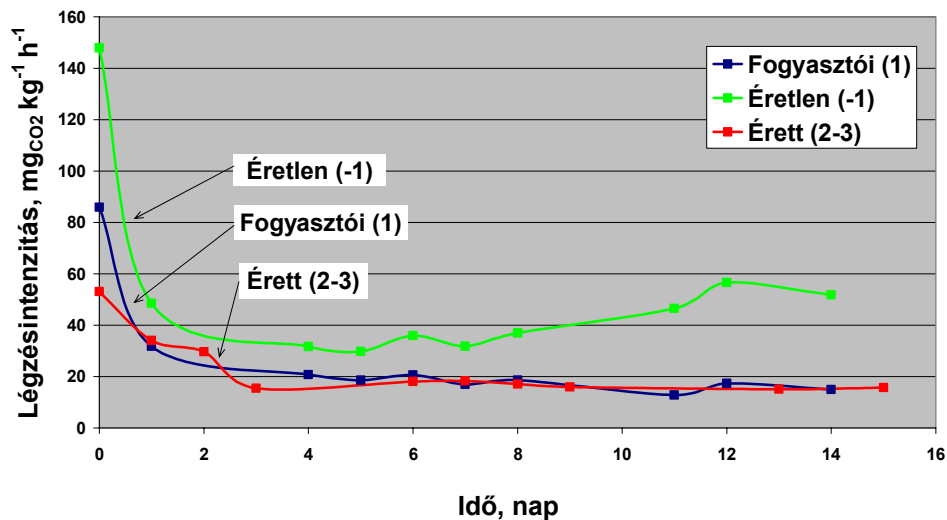
légzésintenzitás már a tárolási időszak elején (Hó 3-4. nap, Kárpia 1-2. nap) viszonylag gyorsan lecsökkent és beállt egy nyugalmi értékre. Ezt követően jelentősebb légzésintenzitás-változás már nem volt tapasztalható. Ez a változás feltehetően az öregedési-utóérési folyamatokkal összefüggő, biológiai aktivitásban bekövetkező csökkenésnek volt köszönhető. A két fajta közötti különbség a kiindulási légzésintenzitásban, a légzésintenzitás-változás időbeli lefutásában, illetve a nyugalmi légzésintenzitás mértékében nyilvánult meg.



45. ábra. Fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) paprika szobahőmérsékletű tárolása során szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás.

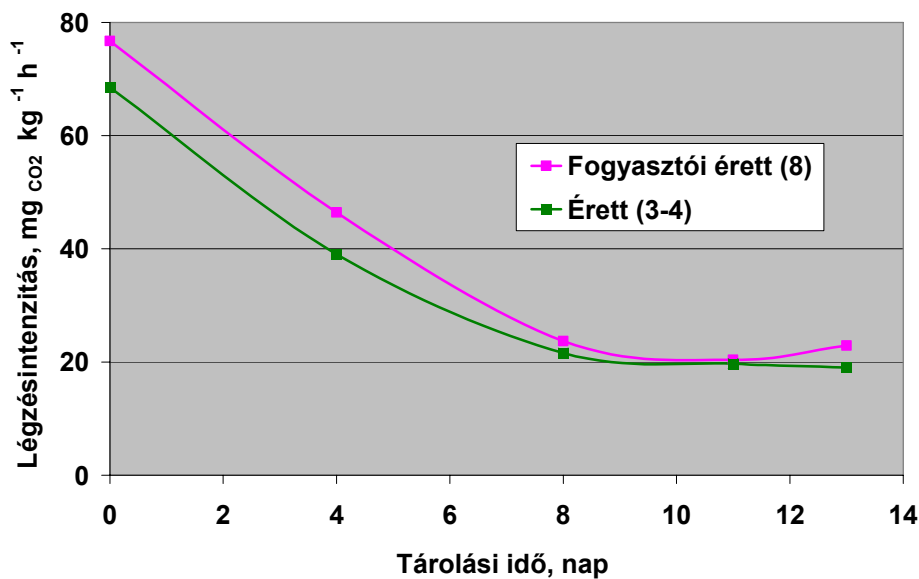
Az érettségi állapot légzésintenzitásra gyakorolt hatásának vizsgálata során éretlen (-1), fogyasztói érett (1) és utószíneződésnek indult (2-3) Hó, illetve utószíneződésnek indult „füstös” (3-4) és fogyasztói érett (8) Kárpia minták légzésintenzitását határoztam meg szobahőmérsékletű tárolás alatt.

A friss állapotban az eltérő érettségi állapotú Hó paprikáknál a fogyasztói érett (1) minták légzésintenzitásához képest az éretlen (-1) minták közel kétszeres, míg az érettebb (2-3), utószíneződésnek indult minták a fogyasztói érett mintáknál jelentősen alacsonyabb légzésintenzitást mutattak. A tárolás előrehaladtával az éretlen (-1) paprikák légzésintenzitása magasabb értéken állandósult, míg a fogyasztói (1) és az érett (2-3) paprikák légzésintenzitása nem különbözött jelentősen egymástól (46. ábra). A jellemző légzésintenzitás-csökkenés mindhárom érettségi állapot esetében a tárolás 1-2. napjára következett be. Az éretlen paprikák kiindulási légzésintenzitása magasabb volt, illetve az állandósult légzésintenzitású szakaszban is magasabb maradt a fogyasztói érett (1) és az érett (2-3) mintáknál.



46. ábra. Szobahőmérsékleten csomagolatlanul tárolt éretlen (-1), fogyasztói érettségű (1) és érett (2-3) Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitása a tárolási idő függvényében.

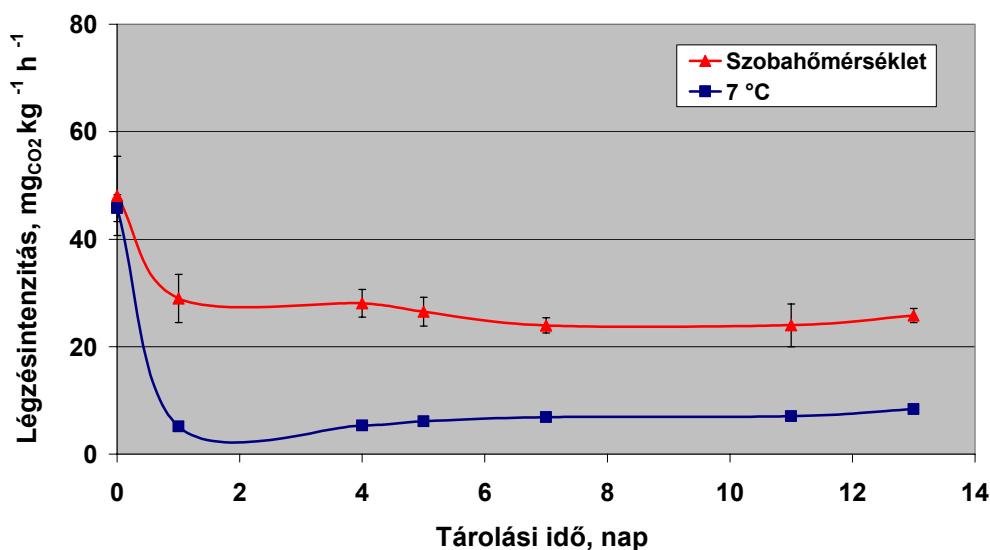
A szobahőmérsékleten LDPE-csomagolásban két hétig tárolt utószínesedésnek indult (3-4, „füstös”) és fogyasztói érett (8) Kárpia paprikaminták az előzőekben ismertetettekhez hasonló lefutású légzésintenzitás-változást mutattak. Az eltérő érettségű minták légzésintenzitása között eltérés volt tapasztalható (47. ábra).



47. ábra. Szobahőmérsékleten LDPE-csomagolásban tárolt fogyasztói érett (8), illetve „füstös” színű (3-4, zöld pirosas foltokkal) Kárpia paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitása.

A friss állapotban mért, a magas biológiai aktivitásból fakadó fokozottabb légzésintenzitás ebben az esetben lassabban, a tárolási időszak 8. napjára állandósult. Az utószíneződésnek indult minták (3-4, „füstös”) a szobahőmérsékletű tárolás 4. napjára teljesen bepirosodtak, utóérttek. A Kárpia légzésintenzitására tapasztalt lassabb, időben elhúzódóbb csökkenés feltehetően a csomagolás által biztosított magas páratartalomtól fakadó kedvezőbb fiziológiai állapotnak, a lassabb sebességű öregedési folyamatok hatásának volt köszönhető.

Kárpia paprika esetében megvizsgáltam a tárolási hőmérséklet légzésintenzitásra gyakorolt hatását. Kiinduláskor, szobahőmérsékleten mérve a friss fogyasztói érett (8) Kárpia minták (5-5 ismétlés/kezelés) légzésintenzitása között nem volt eltérés. A tárolási hőmérséklet (szobahőmérséklet, illetve 7-8 °C) függvényében azonban jelentős eltérés volt tapasztalható az eltérő hőmérsékleteken mért légzésintenzitásban (48. ábra). A hűtőtárolás során mért, állandósult, nyugalmi légzésintenzitás a légzési folyamatok hőmérsékletfüggéséből fakadóan a szobahőmérsékleten mért intenzitás harmada-negyede körüli. A légzésintenzitás kiindulási állapothoz képesti jelentős csökkenése már a tárolás 1-2. napjára jelentkezik, s szignifikáns légzésintenzitás-változás a tárolás 4. napjától már nem tapasztalható.

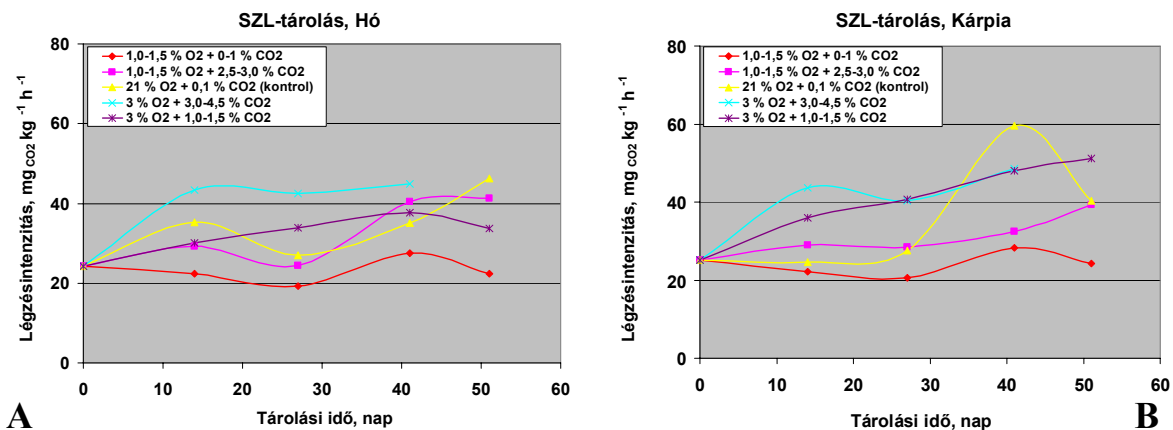


48. ábra. Szobahőmérsékleten, illetve 7 °C-on csomagolatlanul tárolt fogyasztói érett (8) Kárpia paprika szobahőmérsékleten, illetve 7 °C-on mért légzésintenzitása.

A fogyasztói érett (1) Hó és Kárpia (8) paprikák 50 napos szabályozott légterű (SZL), alacsony O₂- és magas CO₂-koncentráció melletti 7 °C-os hűtőtárolása során, a kitérőket követő szobahőmérsékleten végzett légzésintenzitás vizsgálatok eredményei összehasonlítva a korábbi légzésmérések eredményeivel a következők.

A paprikaminták az SZL-tárolótérbe történő betároláskori légzésintenzitása a szedés és a betárolás között eltelt idő (beszállítás és mintaelőkészítés kb. 1-1,5 nap) miatt már a korábban tapasztalt, a nyugalmi állapotra jellemző légzésintenzitásról indult. Ezért a kiindulási légzésintenzitást tekintve a fajták között nem volt jelentős különbség. A szabályozott légtérből történő kitérőket követő szobahőmérsékleten végzett légzésmérések során Hó és Kárpia minták nagyon hasonló lefutású légzésintenzitás-változást mutattak. A kontrollmintákhoz képest, fajtától függetlenül a legalacsonyabb és a tárolási időtartam során csak kis mértékben változó, a kiindulásihoz hasonló mértékű légzésintenzitást az 1-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ koncentráció mellett tárolt minták mutattak (49. ábra).

Mindkét fajta esetében az alacsony, 1-1,5 % O₂- és a 2,5-3 % CO₂-koncentráció már kedvező feltételeket biztosított a kezdődő anaerob légzési folyamatoknak, az anaerob légzési CO₂-termelésnek. Az ilyen gázösszetétel mellett tárolt minták a tárolási időszak 20. napjától kezdődően növekvő légzésintenzitással reagáltak tárolótérből történő eltávolítást követő, normál légtérben végzett légzésmérés során a számukra kedvezőtlen SZL-tárolási gázösszetételre (49. ábra). A normál légtérben tárolt mintáknál (kontrol) is a 20. napot követően tapasztaltam légzésintenzitás-növekedést, ami a kezdődő mikrobiológiai romlási tünetekre, illetve a fiziológiai állapot kedvezőtlen irányba történő változására utalt.



49. ábra. A fogyasztói érett Hó (A) és Kárpia (B) paprikaminták 50 napig tartó szabályozott légtérű tárolása során az egyes kitárolásokat követő szobahőmérsékleten mért légzésintenzitás.

A tárolás előrehaladtával növekvő mértékű, a kiindulásihoz képest magasabb légzésintenzitást mutattak a 3 % O₂-tartalom és 1-1,5 %, illetve 3-4,5 % CO₂ gázösszetétel mellett tárolt minták (49. ábra). Az ilyen légösszetételek mellett tárolás során már beindulhattak az anaerob légzési folyamatok, de még az erre utaló külső tünetek megjelenése nélkül.

A légzésintenzitás-mérések következtetései:

- A CO₂ koncentrációfüggő infravörös sugárzáselnyelése alapján működő infravörös érzékelőkkel ellátott, zárt rendszerű légzésintenzitás-mérő rendszerrel rövid idő, kb. 15-30 perc alatt meghatározható a vizsgált kertészeti termék pld. a paprika légzésintenzitása.
- Az étkezési paprika klimakterikus légzésintenzitás-változást nem mutat. Légzésintenzitása normál légköri gázösszetétel mellett időben enyhén csökkenő jellegzetes, viszonylag rövid idő alatt a maximális intenzitást elérve az ún. állandósult, nyugalmi légzésintenzitásra lecsökkenő lefutást mutat.
- A légzésintenzitás az érettségi és a fiziológiai állapottól, a fajtától, valamint a hőmérséklettől függ, s normál légköri gázösszetétel mellett a tárolási idő előrehaladtával csökkenést mutat. Az eltérő érettségi állapotú paprikaminták között légzésintenzitás különbséget állapítottam meg.
- A légzésintenzitás a mechanikai sérülés (seblégzés), a fiziológiai változások (pld. öregedés, hidegkárosodás), mikrobiológiai eredetű romlási folyamatok, mint szöveti szintű változások

hatására megnövekedik. Az árukezelés során fellépő enyhe, látható sérülést nem okozó mechanikai sérülés a paprika kezdeti légzésintenzitását kb. kétszeresére növeli, hatása 2,5-3 nap alatt cseng le, és állandósult állapotban a légzésintenzitás magasabb az ép, friss állapotban mérthez képest.

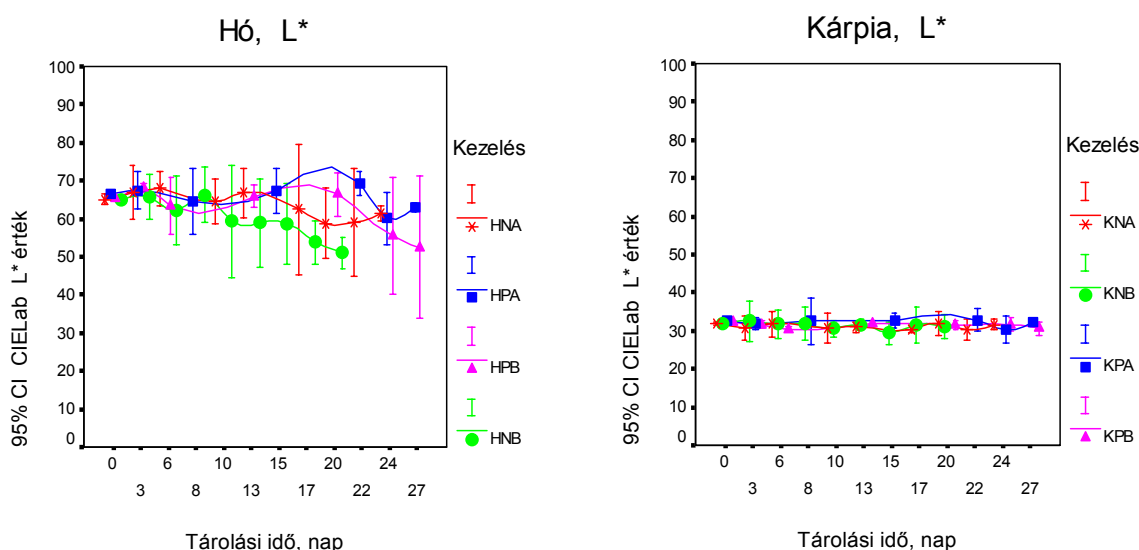
- Szabályozott légterű tárolás során az 1-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ koncentráció mellett tárolt minták szobahőmérsékleten és normál légtérben mért légzésintenzitása nem változik jelentősen, fajtától függetlenül a tárolási időtartam során a kiindulási légzésintenzitáshoz hasonló mértékű marad. A 3 % O₂-tartalom mellett hűtve tárolt paprikák szobahőmérsékleten és normál légtérben mért légzésintenzitása növekedést mutat a tárolási idő előrehaladtával.
- Az alacsony O₂-, illetve a magas CO₂-koncentráció mellett végzett SZL-tárolásnál, az egyes kitarolásokat követő szobahőmérsékleten végzett légzésmérések során mért megnövekedett légzésintenzitás a paprika a kedvezőtlen gázösszetételek által okozott fiziológiai károsodására utal, még a károsodás tényleges tüneteinek megjelenése nélkül.

4.2.7. A paprika színváltozásával kapcsolatban végzett vizsgálatok eredményei

4.2.7.1. Az utószíneződés vizsgálata tristimulusos színméréssel

Fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) paprikafajták színváltozását, utószíneződését vizsgáltam meg a csomagolás (csomagolatlan és LDPE-csomagolt), a tárolási hőmérséklet (10 °C, 20 °C) és a tárolási idő függvényében. Vizsgálataim eredményeit, a paprikaminták tárolás, az utóérés során bekövetkező színváltozását az 50. és 51. ábrákon mutatom be.

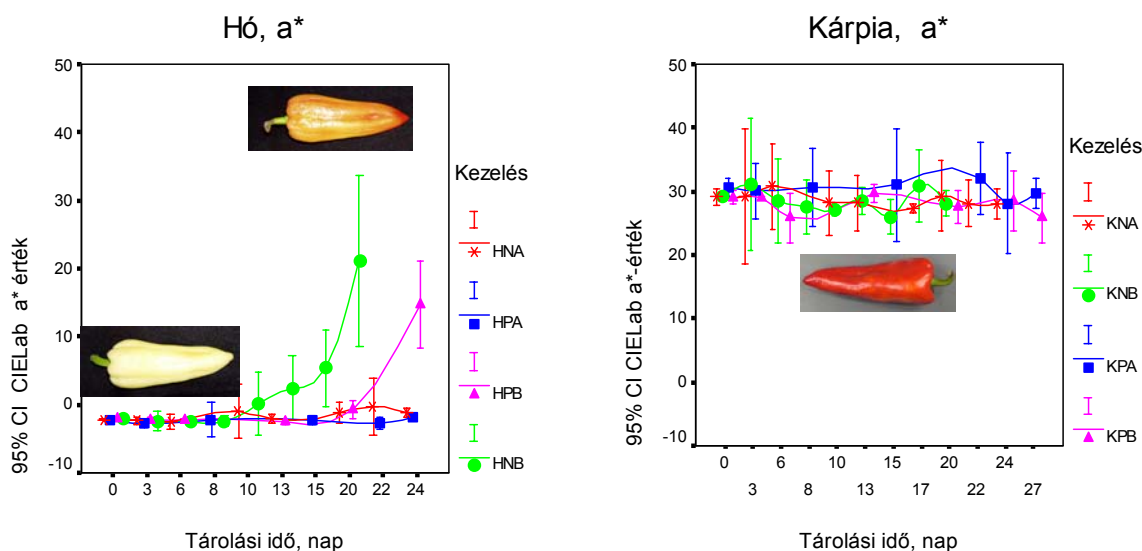
A 20 °C-on tárolt fogyasztói érett (1) Hó paprikaminták világossági tényezőjének (L*) csökkenése jelezte a felületi szín változását, az utószíneződést. A 10 °C-on tárolt minták nem mutattak szignifikáns változást (50. ábra).



50. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) minták átlagos CIELab L* színjellemzőjének változása a tárolás során.

Az L*-jellemzőben bekövetkező változások a CIELab a*-jellemző növekedésével együtt utaltak az utószíneződésre, ahogy a bogyók felületi színe a sárgás-fehér állapotból egyre inkább a narancs felé változott.

Az a*-értékek változását jelző ábrán látható (51. ábra), hogy a tárolás második hetétől kezdve szignifikáns különbség van a 10 °C-on és a 20 °C-on tárolt minták között. Megállapítható, hogy az utószíneződésre csak a tárolási hőmérséklet van hatással. Az utószíneződést kiváltó biológiai folyamatokat a hőmérséklet csökkentése lassíthatja, de a csomagolás nem gátolja.



51. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) minták átlagos CIELab a* színjellemzőjének változása a tárolás során.

A csomagolási módtól, illetve a tárolási hőmérséklettől függetlenül a teljes tárolási időtartamot figyelembe véve, a Kárpia fajta esetében szignifikáns változás nem volt tapasztalható a CIELab világossági tényező (L*) (50. ábra) és az a* (51. ábra) értékeiben, mivel a vizsgált teljesen érett (mélyvörös) Kárpia mintáknál további utószíneződés nem volt várható.

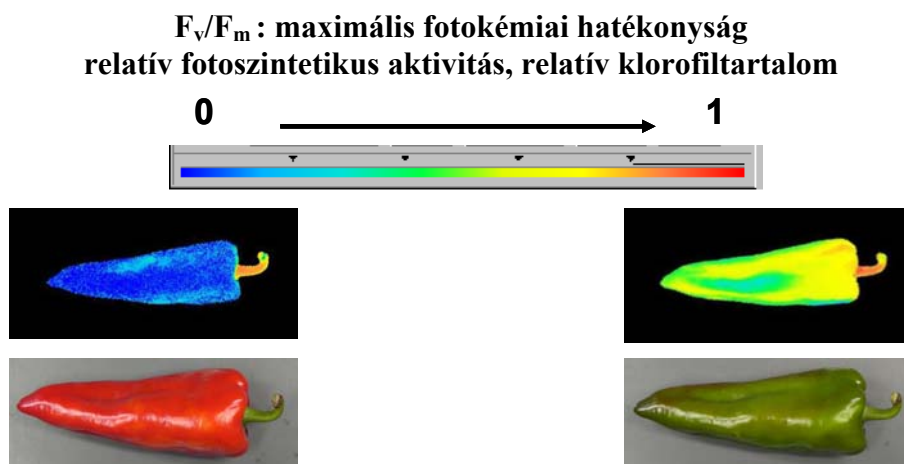
A mérési eredmények alapján megállapítottam, hogy a klasszikus tristimulusos felületi színmérés ugyanazon mérési pontokon mérve alkalmas az étkezési paprika színének mérésére, illetve színváltozásával összefüggő érettségi állapotában bekövetkező változások azonosítására, nyomonkövetésére. A módszer hátránya azonban, hogy a mérőberendezések kis átmérőjű (pld. Minolta CR200-nél 8 mm) felület színéről nyújtanak információt. A foltosan érő terményeknél pld. a zöldérett „füstös” színű Kárpia, illetve a foltos, inhomogén eloszlású színeződést mutató, fehér húszú Hó és HRF paprikafajtáknál a mért felület nem jellemzi hűen a teljes paprikafelület színét, a paprika érettségi állapotát. Ez a hibalehetőség csökkenthető a mérési pontok számának növelésével.

Az étkezési paprika utóérési folyamatai a CIELab színjellemzők változása alapján nyomonkövethetőek, a paprika felületi színének változása összefüggésben áll az értségi állapot változásával.

4.2.7.2. Klorofil-fluoreszcencia mérések eredményei

A következőkben ismertetett vizsgálataim célja a kezdődő utószíneződés jeleit mutató, 3-4-es érettségi állapotba tartozó („füstös”), 10 °C és 20 °C-on csomagolatlanul, illetve LDPE-csomagolásban tárolt Kárpia paprikák szedést követő minőségváltozásának, utóérésének meghatározása, nyomonkövetése volt. Erre az érettségi állapottal és a zöld szín változásával összefüggésben álló, a fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom változásáról információt adó klorofil-fluoreszcencia vizsgálatot használtam.

A klorofil-fluoreszcencia analízis során vizsgált jellemzők információt adnak a fotoszintetikus elektrontranszport-rendszer állapotáról, a fotoszintézisre képes klorofiltartalom változásáról. Ezek a jellemzők a következők: F_0 – minimális klorofil-fluoreszcencia, F_m – maximális klorofil-fluoreszcencia, $F_v = F_m - F_0$ – változó klorofil-fluoreszcencia, valamint az F_v/F_m hányados. Ez utóbbi jellemző, a maximális fotokémiai hatékonyság, érzékenyen jellemzi a fotoszintetikus rendszer elektrontranszportjának, azaz a növényi szövetek fényenergia-felhasználásának hatékonyságát, közvetve pedig utal a fotoszintetikus rendszerben lévő fotoszintézisre képes, aktív klorofiltartalomra. Elméletileg az F_v/F_m hányados maximálisan 1, minimum 0 lehet (52. ábra), de általában a zöld növényekben, növényi részekben max. 0,85 körüli.



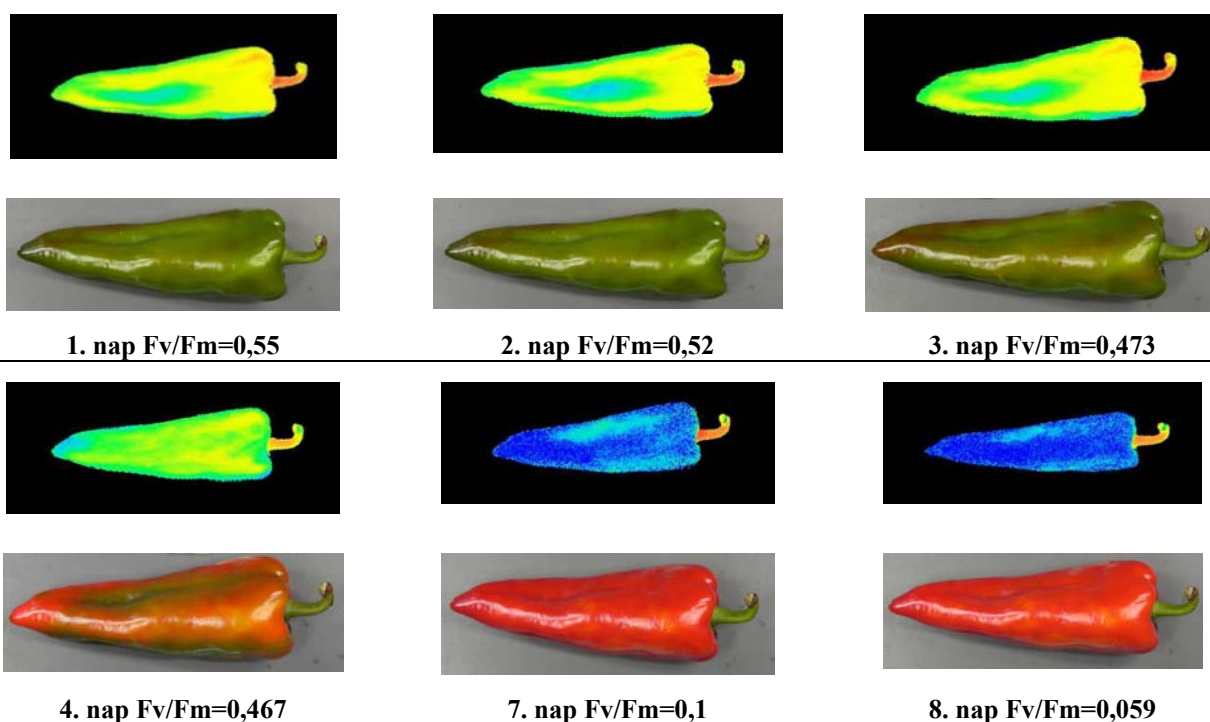
52. ábra. A maximális fotokémiai hatékonyság (F_v/F_m) „hamis-színes” skálán történő megjelenítése, valamint a maximum és minimum értékeknek megfelelő, a Kárpia paprikákról készített „hamis-színes” klorofil-fluoreszcencia felvételek és digitális fényképfelvételek. A piros színek magas, míg a kék színek alacsony fotoszintetikus klorofilaktivitást, illetve klorofill-tartalmat jeleznek.

A rövid, egyhetes tárolási időszak alatt készített klorofil-fluoreszcencia felvételek a fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom lokális eloszlását mutatják (53. ábra). Az ábrán jól látható a fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom érettségi állapot előrehaladtával történő fokozatos lebomlása a kiindulási állapotban enyhe utószíneződés jeleit mutató (3-4 érettségű, „füstös”), szobahőmérsékleten LDPE zacskókban tárolt mintáknál. Az ábrán látható „hamis-színes” képeken a piros szín magas klorofil-fluoreszcencia aktivitást (magas klorofiltartalmat) jelez a még friss,

éretlen paprikatestben, illetve ugyanígy a paprikakocsányban is. Minél kisebb az F_v/F_m hányados, annál kisebb a klorofiltartalom, így annál kevésbé zöld a paprika.

A klorofilaktivitás (F_v/F_m) (53. ábra) és így a klorofiltartalom az előrehaladó érési folyamatoknak köszönhetően csökkent, de csak a paprikatestekben, míg a paprikakocsányok fotoszintetikus aktivitása továbbra is magas maradt. A csomagolástól függetlenül a klorofil-fluoreszcencia analízis eredményei arra utalnak, hogy a szedést követően az érési folyamatok által kiváltott klorofiltartalom-lebomlás a szobahőmérsékleten tárolt minták esetében volt a legjelentősebb.

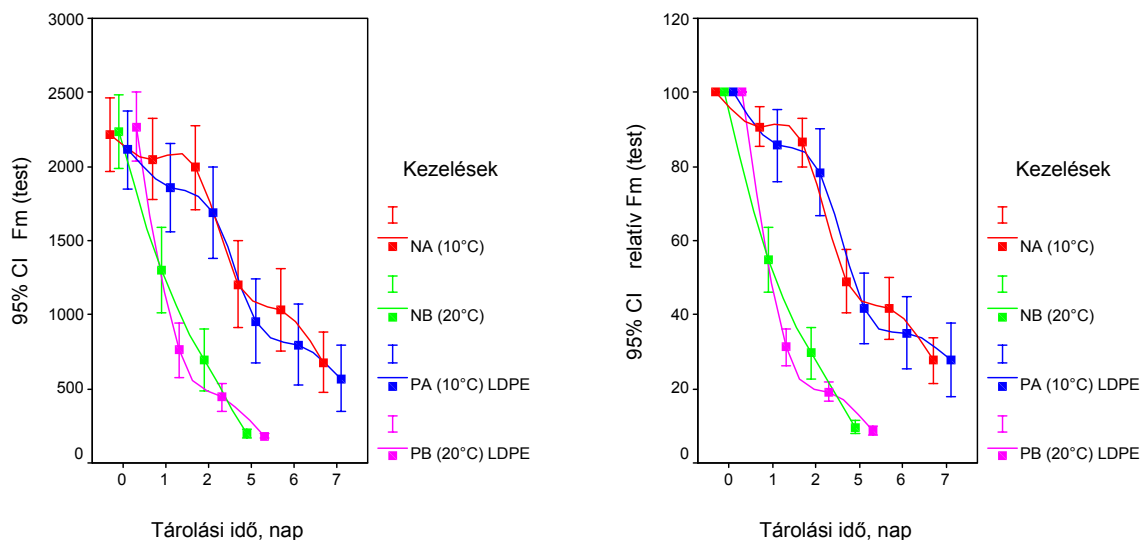
Ugyanarról a paprikáról készített klorofil-fluoreszcencia felvételeket összehasonlítva a digitális felvételekkel (53. ábra) megállapítható, hogy az utószíneződés, a piros felületi szín kialakulása (klorofilátalakulás és -lebomlás) során akkor is mérhető klorofil-fluoreszcencia aktivitás, azaz akkor is van fotoszintetikusan aktív klorofil a paprikabogyóban, amikor már szabad szemmel, műszeres színméréssel, illetve digitális képelemzéssel az érettségi állapotok között (6-7-8. érettségi fok) már nem állapítható meg különbség.



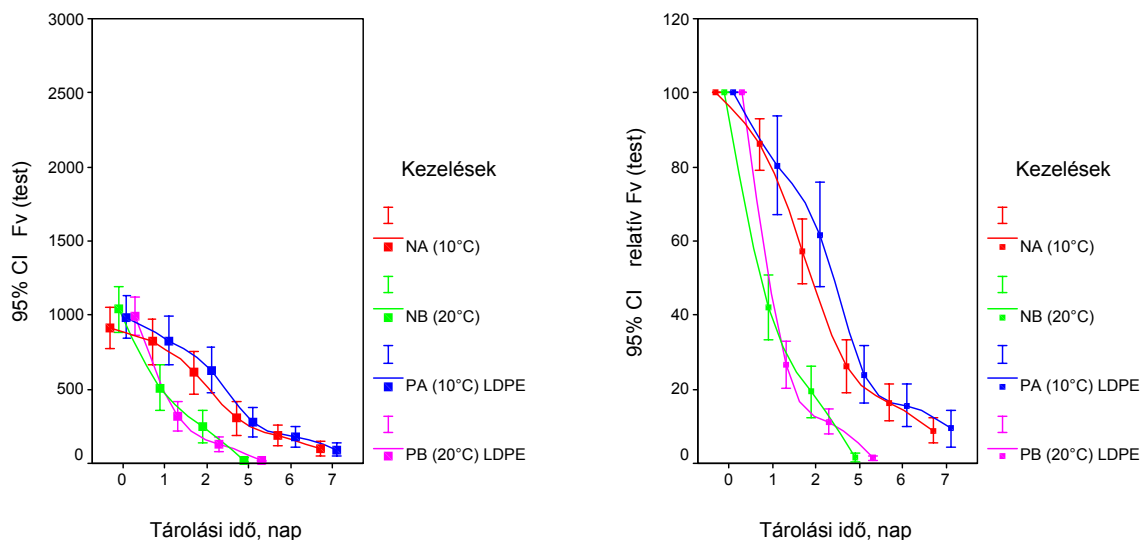
53. ábra. Az LDPE-csomagolt, kiinduláskor az utószíneződés enyhe jeleit mutató (3-4. „füstös”) Kárpia minta 20 °C-os tárolása során készített klorofil-fluoreszcencia és digitális felvételek. A hamisszínes felvételek a maximális fotokémiai hatékonyság (F_v/F_m) térbeli és időbeli változását szemléltetik. A piros színek magas, míg a kék színek alacsony fotoszintetikus klorofilaktivitást, illetve klorofiltartalmat jelzik.

A csoportok (kezelések) között a kiindulási klorofil-fluoreszcencia jellemzőkben (F_0 , F_m , F_v , F_v/F_m) nem tapasztaltam szignifikáns különbséget. A mérési eredmények megértésének könnyítése, a kezelések jobb elkülöníthetősége érdekében meghatároztam és ábrázoltam az adott klorofil-fluoreszcencia jellemző kiindulási értékéhez (100 %) képest bekövetkező relatív változást is (54., 55. és 56. ábra).

Az 54., 55. és 56. ábrákon jól látható, hogy a vizsgált klorofil-fluoreszcencia jellemzők (F_m , F_v , F_v/F_m) esetében a kiindulási értékekhez képest csökkenés volt tapasztalható a tárolási idő előrehaladtával. A csomagolási módtól (csomagolt, illetve csomagolatlan minták) függetlenül minden vizsgált fluoreszcencia-jellemzőben szignifikáns különbség volt a 10°C és 20°C-on tárolt minták között.



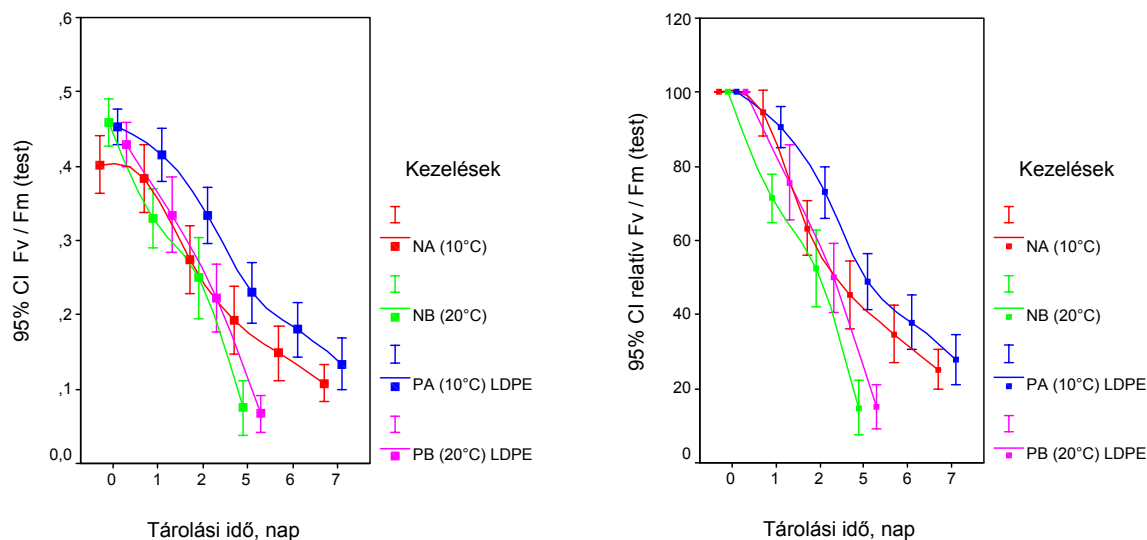
54. ábra. A csomagolatlanul (N) és LDPE-csomagolásban (P) 10 °C-on (A), illetve 20 °C-on (B) tárolt Kárpia paprikák (test) maximális (F_m) fluoreszcencia-jellemzőjének, valamint ennek relatív (%-os) változása a tárolási idő függvényében.



55. ábra. A csomagolatlanul (N) és LDPE-csomagolásban (P) 10 °C-on (A), illetve 20 °C-on (B) tárolt Kárpia paprikák (test) változó fluoreszcencia-jellemzőjének ($F_v=F_m-F_0$), valamint ennek relatív (%-os) változása a tárolási idő függvényében.

A 10°C-on tárolt mintákhoz képest a szobahőmérsékleten tárolt minták fluoreszcencia-jellemzői gyorsabban és intenzívebben változtak, érzékenyen jelezve az érettségi állapotban bekövetkező, illetve a fokozottabb öregedési folyamatokkal összefüggő változásokat, valamint a tárolási hőmérséklet utószíneződésre gyakorolt hatását. A bemutatásra nem került, de referenciaként szolgáló teljesen zöld (1) Kárpia paprikaminták kiindulási F_v/F_m értéke 0,8 körüli volt. Ez

megegyezett az irodalomban közölt általános adatokkal (von Willert et al., 1995), valamint számos zöldség, illetve gyümölcs esetében közölttel (mangó és banán, Smillie et al. 1987; uborka és paprika, Tijsskens et al., 1994; avokádó, Woolf és Laing 1996; paprika, Purvis 2002; Kosson, 2003; papaya, Bron et al. 2004; stb.). Az ún. „füstös”, azaz a már pirosodás jeleit mutató 3-4 érettségi állapotú („füstös”) minták kiindulási F_v/F_m értéke értelemszerűen ennél alacsonyabb (kb. 0,45) volt (56. ábra).



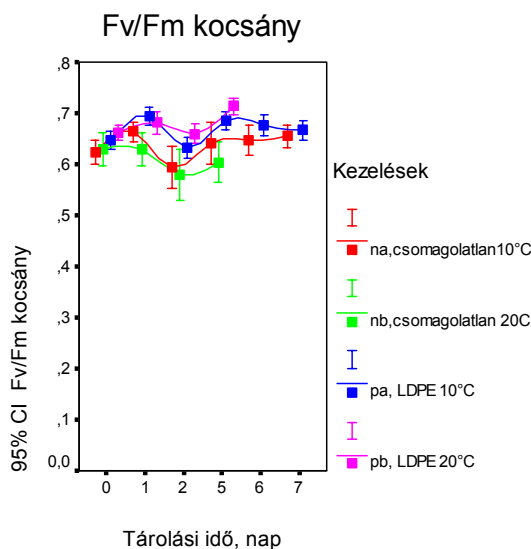
56. ábra. A csomagolatlanul (N) és LDPE-csomagolásban (P) 10 °C-on (A), illetve 20 °C-on (B) tárolt Kárpia paprikák (test) maximális fotokémiai hatékonyságának (F_v/F_m), valamint ennek relatív (%-os) változása a tárolási idő függvényében.

Megállapítható, hogy a klorofil-fluoreszcencia is jól tükrözte a hőmérséklet kedvező hatását. A magasabb hőmérsékleten tárolt minták eltérő jellegű és eltérő sebességű fluoreszcencia-változást (pld. F_v/F_m) mutattak. A tárolási időszak 4-5. napjától kezdve a 10°C-on, illetve a 20°C-on tárolt minták F_v/F_m jellemzőiben már szignifikáns volt az eltérés (56. ábra).

Összehasonlításképpen, hogy mennyit változik a paprikatest klorofiltartalma az utószíneződés során, az 57. ábrán mutatom be a paprikakocsányok klorofil-fluoreszcencia változását (F_v/F_m). A paprikakocsányok esetében a kezelésektől függetlenül (hőmérséklet és csomagolás) nem következett be szignifikáns mértékű klorofil-fluoreszcencia-változás, azaz a kocsányok aktív klorofiltartalma nem változott jelentősebb mértékben a tárolás során (v.ö. 56. ábra).

A klorofil-fluoreszcencia jellemzőkben (F_m , F_v , F_v/F_m) bekövetkező változások érzékenyen jelezték az utóérési folyamattal összefüggő, a paprikatestekben megtalálható fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom változását, valamint érzékenyen jelezték a hőmérséklet hatását. Ugyanezt tapasztaltam a színmérés során, hogy a csomagolás nincs hatással az utószíneződésre, azonban az alacsonyabb hőmérséklet gátolja a paprika utószíneződését. A klorofil-fluoreszcencia módszerével paprika teljes utóérése, utószíneződése alatt mérhető volt a fotoszintetikus klorofil-aktivitás, így ez

a módszer a teljes érettségi sor (1-8), azaz minden érettségi állapot esetében szolgál információval a paprika fotoszintetikus aktivitásáról, közvetve a klorofiltartalmáról.



57. ábra. A csomagolatlanul (N) és LDPE-csomagolásban (P) 10 °C-on (A), illetve 20 °C-on (B) tárolt Kárpia minták kocsánya maximális fotokémiai hatékonyságának (F_v/F_m) változása a tárolási idő függvényében (v.ö. 56. ábra).

A fluoreszcencia-jellemzők közül a tárolás során bekövetkező változásokat az F_v és az F_m jellemző változása igen érzékenyen írta le, mivel már az első naptól kezdve szignifikáns különbséget jeleztek az eltérő hőmérsékleten tárolt minták között. Az F_v/F_m -jellemzőben bekövetkező változások is jelezték az utóérési folyamatokat, azonban szignifikáns különbséget a két eltérő hőmérsékleten tárolt csoport között csak az 5. naptól kezdve mutatott. Ez a megállapítás megfelel az irodalomban közlteknek, mely szerint az F_v/F_m -jellemző segítségével a fotoszintetikus rendszer elektrontranszport hatékonysága, azaz a zöld növényi szövetek fényenergia-felhasználása, valamint a kloroplasztok aktivitása jellemezhető (pld. van Kooten és Snel, 1990; Lurie et al., 1994; Tijsskens et al., 1994; Saquet és Streif, 2002; Kosson, 2003; Bron et al., 2004).

A klorofil-fluoreszcencia mérések alapján megállapítottam, hogy

- a klorofil-fluoreszcencia mérési módszere alkalmasnak bizonyult a zöld hússzínű, illetve a „füstös”, azaz a piros színeződés jeleit mutató Kárpia paprikánál az érettségiállapot-változással, a zöld szín csökkenésének jellemzésére, valamint az érettségi állapot változásának nyomonkövetésére,
- a klorofil-fluoreszcencia jellemzők közül az F_m , az F_v és az F_v/F_m jellemzők változása érzékenyen utalt a fotoszintetikus klorofiltartalom tárolási idő és hőmérséklet függvényében bekövetkező változására,
- az irodalmi adatokkal ellentétben, a méréseim alapján a paprika esetében az F_v és az F_m értékek változása az F_v/F_m jellemzőnél jobban tükrözi a kezelések hatását, az érettségi állapot változását.

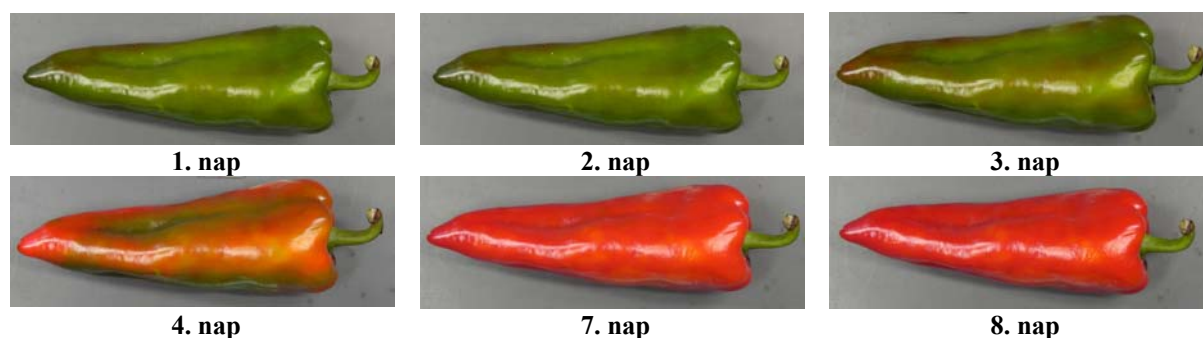
E jellemzők változása érzékenyen tükrözi a termény vitalitását és minőségét befolyásoló belső és külső tényezők hatását, valamint az érési-öregedési folyamatokkal összefüggő változásokat,

- a zöld-piros színátmenettel érő Kárpia paprikánál még a teljes érettség, a végső piros szín (8) elérését megelőzően, a látszatra bepirosodott (6-7-es érettségi fok) paprikáknál is mérhető klorofil-fluoreszcencia, azaz még van aktív klorofiltartalom.
- a klorofil-fluoreszcencia jellemzőkben bekövetkező változások érzékenyen jelezték az utóérési folyamattal összefüggő, a paprikatestben megtalálható fotoszintetikusán aktív klorofiltartalomban bekövetkező változásokat, valamint érzékenyen jelezték a hőmérséklet utóérésre, utószíneződésre gyakorolt hatását.
- a szedést követő tárolás alatt a fotokémiai aktivitást befolyásoló hatások kimutatására a paprikabogyó és a kocsány maximális fotokémiai aktivitásának külön-külön történő elemzése jelenthet lehetőséget.

4.2.7.3. Felületi színváltozás meghatározása digitális képkészítés és elemzés alapján

A digitális képfeldolgozás és -elemzés módszerével az utóérés (utószíneződés), a felületi szín kialakulásának, illetve a piros/zöld színarány változását határoztam meg és követtem nyomon a 10 °C-on és a 20 °C-on csomagolás nélkül, illetve LDPE csomagolásban tárolt, kiindulási állapotban az utószíneződés enyhe jeleit mutató (3-4, „füstös”) Kárpia paprika esetében.

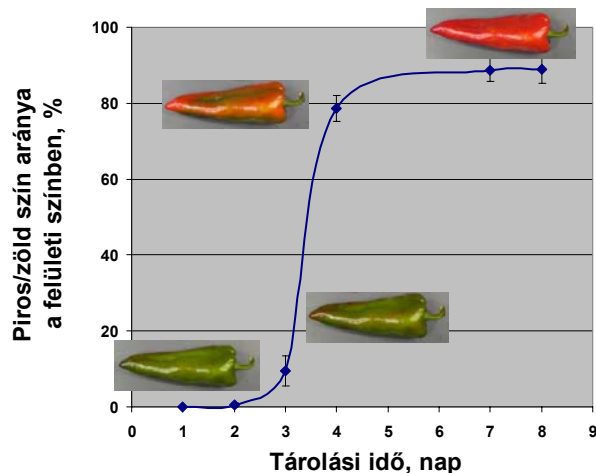
A Kárpia paprikabogyók vizuálisan érzékelhető zöld színének fokozatos eltűnése a bogyók hússzövetében megtalálható klorofilltartalom fokozatos csökkenését jelzi. A digitális fényképezőgéppel készített fényképek hűen tükrözték a szedés után bekövetkező felületi színváltozást (58. ábra).



58. ábra. Szobahőmérsékleten tárolt LDPE-csomagolt Kárpia paprikamintáról készített digitális képfelvételek és az általuk rögzített színváltozás.

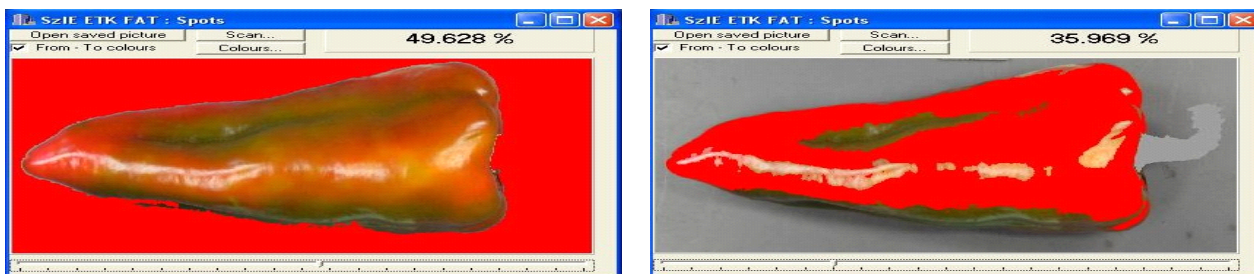
Az érettségi állapotot figyelembe véve nyilvánvaló különbség figyelhető meg ugyanazon paprikaminta esetében a digitális (58. ábra) valamint a klorofill-fluoreszcenciás képek (53. ábra) összehasonlításakor.

A felületi szín a tárolási időszak 3. és 4. napja között hirtelen váltott át zöldből pirosra. Ezt a gyors változást a felületi szín piros/zöld arányának változása is érzékenyen kifejezi (59. ábra). A 7. és 8. naphoz tartozó színváltozás már elhanyagolható mértékű volt.



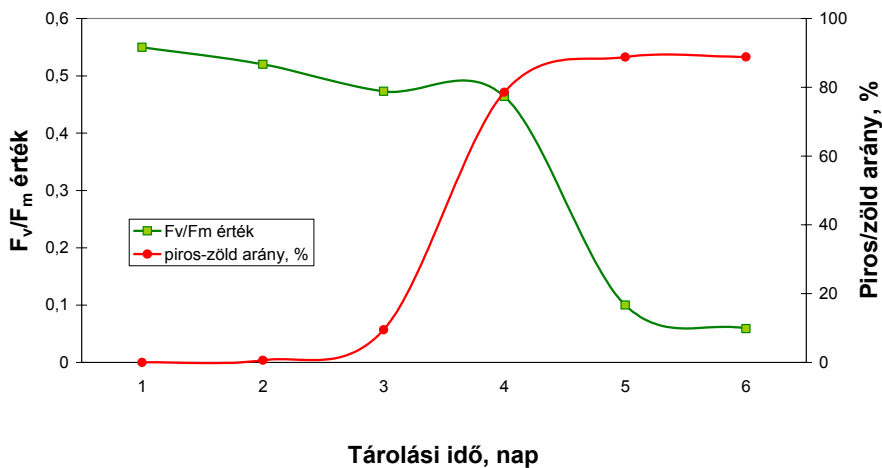
59. ábra. Szobahőmérsékleten tárolt Kárpia paprikaminták utószínesedésének, mint a piros/zöld felületi szín arányaként kifejezett átlagos változása.

A 60. ábra a paprikákról készített digitális fényképek egyenkénti kiértékelésének, a felületi szín piros/zöld arány meghatározásának jellemző lépéseit mutatja be.



60. ábra. Az érettségi állapot digitális felvételek elemzése alapján történő meghatározásának lépései. Az ábrán a 20 °C-on LDPE-csomagolásban tárolt Kárpia paprikaminta 4. napi felvétele látható. A baloldali ábrán a kocsány nélküli paprikabogyó és a háttér elkülönítése, míg a jobboldali ábrán a piros, és a zöld felületek elkülönítése látható.

A tárolási idő függvényében együtt ábrázolva a piros/zöld arány, illetve az F_v/F_m klorofill fluoreszcencia jellemző változását, jól látható, hogy a felületi szín változásában a 3. napot követően történt jelentős, a zöldből pirosba váltó színváltozás, míg az F_v/F_m esetében pedig a 4. napot követően történt meghatározó klorofill-fluoreszcencia változás (61. ábra).



61. ábra. A 20 °C-on tárolt Kárpia paprikák F_v/F_m értékének és a piros/zöld színarányának változása a tárolási idő függvényében.

A piros/zöld felületi szín arányban tapasztalt növekedés az F_v/F_m érték által jelzett, fotoszintetikusán aktív klorofilltartalom csökkenésének is köszönhető volt.

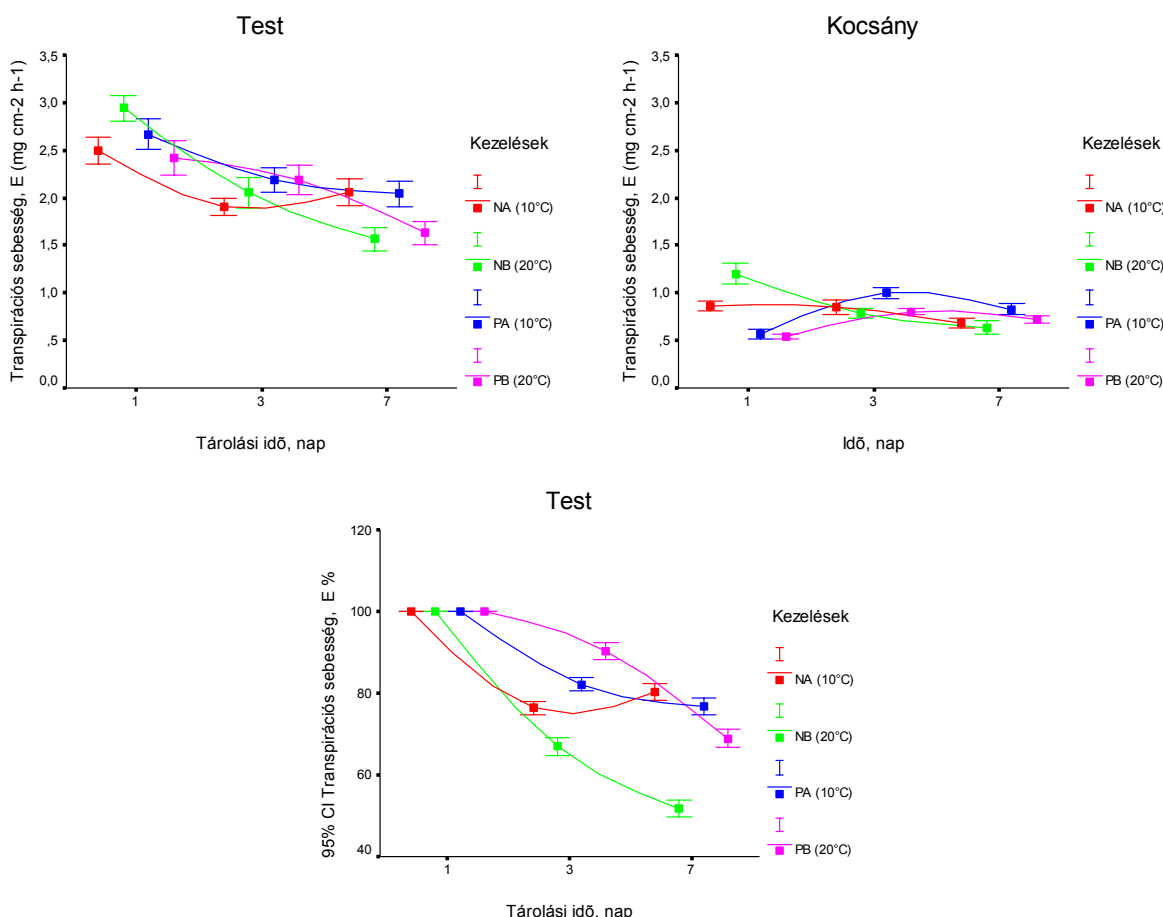
A paprika színváltozásának, utószíneződésének a digitális képkészítés és -elemzés segítségével végzett értékelését követően megállapítottam, hogy

- a BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén kidolgozott SPOTS program felhasználásával kidolgozott algoritmus alkalmas a zöld-piros színátmenettel érő paprika felületi színeződési hányadának meghatározására.
- a digitális képelemzéssel, a színeződést a vizsgált paprikafelület százalékában, piros/zöld színarányként megadó módszerrel a zöld-piros színátmenettel érő étkezési paprika (pld. Kárpia) szedést követő, a felület és a hússzövet színváltozása, a paprika utóérése, utószíneződése, érettségi állapota objektíven, a klasszikus színmérésnél megbízhatóbban volt meghatározható. Egy ilyen digitális felvétel a teljes paprikafelület kb. 1/3-áról ad információt. Gyakorlati alkalmazás szempontjából a pontosabb értékelés érdekében egy paprikáról legalább három felvétel automatikus készítése és értékelése a célszerű, pld. a paprika hossz tengelye körüli megforgatása során történő képkészítés segítségével.
- az érettségi állapot változását jelző színváltozás, az utószíneződés mértéke a felületi szín piros/zöld színarányának meghatározásával számszerűsíthető. Az utószíneződési folyamat, azaz a piros/zöld színarány időbeli változása, valamint a digitális felvételek elemzésével a Kárpia paprika, illetve a hasonlóan színeződő paprikafajták szedéskori, illetve szedést követő érettségi állapotának meghatározása objektívvé tehető, gépesíthető. Ez a gyors módszer a kiértékelési folyamat automatizálásával, a kiértékelő program további fejlesztésével szín szerinti osztályozást végző, a paprika érettségi állapotának meghatározása alapján működő osztályozórendszerbe integrálható.
- a klorofiltartalom csökkenésével összefüggésben álló érettségi állapotról ezzel a módszerrel a klorofil-fluoreszcenciáméréssel együtt értékes, jól használható információ nyerhető.

4.2.8. Transpirációs jellemzők meghatározása IR-termográfival

Vizsgálataim során 10 °C-on és 20 °C-on csomagolatlan, illetve LDPE-csomagolt, az utószíneződés enyhe jeleit mutató, 3-4 kiindulási érettségi állapotú Kárpia paprikaminták transpirációs jellemzőinek változását határoztam meg az egyhetes tárolási időtartam során.

A 62. ábra paprikatestek és -kocsányok transpirációs sebességének (E), [$\text{mg}_{\text{víz}} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$], azaz az egységnyi felületen egy óra alatt elpárolgott víz mennyiségének változását mutatja az idő függvényében.

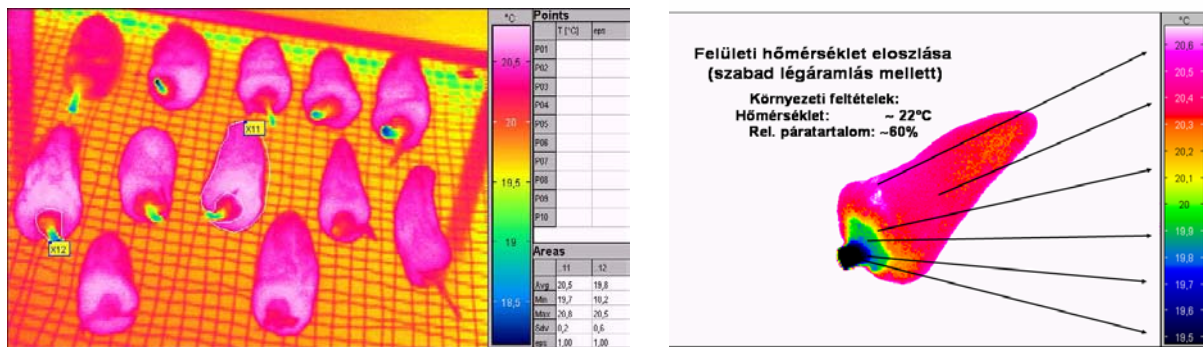


62. ábra. A csomagolatlan (N) és LDPE-csomagolt (P) 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt Kárpia paprikatestek, illetve paprikakocsányok transpirációs sebességének (E , $\text{mg}_{\text{v}}\text{cm}^{-2}\text{h}^{-1}$), illetve a paprikatest relatív transpirációs sebességének (%) változása.

A kiindulási (friss) állapotban nem tapasztaltam szignifikáns eltérést a 10°C és 20 °C-on LDPE-csomagolt és csomagolatlan Kárpia paprikák között a paprikatestek transpirációs sebességében. A 20 °C-on csomagolva tárolt minták esetében látható fokozottabb csökkenés kivételével a későbbiekben nem tapasztaltam jelentős különbséget a kezelések között. Minden kezelés esetében csökkenő tendenciát mutatott a transpirációs sebesség változása, azaz a vízgőz-elpárolgatósi képesség csökkent.

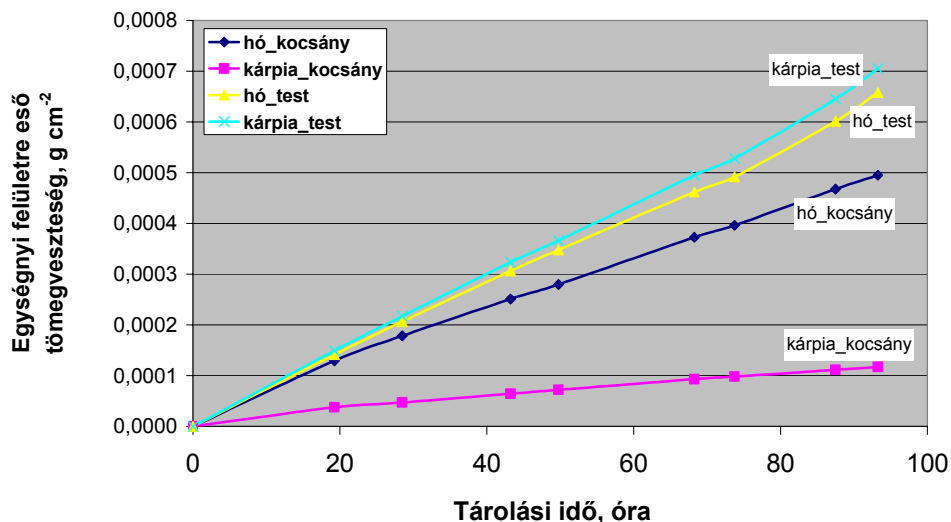
Összehasonlítva a friss paprikatest és a kocsány transpirációs sebességének változását, jól látható, hogy a kocsány transpirációs sebessége a kezeléstől függetlenül kisebb mértékű volt. (62. ábra). Ellentétben azzal, hogy a kocsányok alacsonyabb felületi hőmérséklete, nagyobb mértékű transpirációs aktivitást, azaz nagyobb mennyiségű elpárolgott vízmennyiséget sugallt. Ez alól kivételt képeztek a szobahőmérsékleten csomagolás nélkül tárolt minták, ugyanis azok kocsány- és teshőmérséklete közel azonos volt. A paprikatestek egyenletes hőmérsékleteloszlása arra utalt, hogy a tárolás során a vízpárolgás közel egyenlő mértékben oszlott meg a paprikatest teljes felületén. A paprikakocsányok alacsonyabb felületi hőmérséklete ezzel szemben nagyobb intenzitású vízpárolgásra és vízvesztésre utalt. Ez a hőmérsékletkülönbség jól látható a

paprikabogyókról készült hőfelvételeken, amit az eltérő hőmérsékletű részek eltérő színnel történő jelölése is mutat (63. ábra).



63. ábra. Étkezési paprikaminták felületi hőmérsékleteloszlásának megjelenítése az IRBIS hőképelemző program segítségével.

A paprikatest és a -kocsány eltérő transzpirációs jellemzőinek vizsgálatára egy egyszerű kísérletet végeztem el. Fogyasztói érett Hó (1) és Kárpia (8) paprikák szobahőmérsékleten bekövetkező, transzpirációs tömegveszteségének változását mértem leparafinozott kocsányú, illetve kezeletlen paprikák esetében. A kapott tömegveszteségadatok és a paprikatestek és -kocsányok felülete alapján számítottam ki az egységnyi felületre eső tömegveszteséget. A parafinozatlan paprikák az egész paprika tömegveszteségét jelezték, míg a parafinozott kocsányúak csak a testét. A kettő közötti különbség adta a paprikakocsány egységnyi felületre eső tömegveszteségét. A paprikakocsányok és -testek egységnyi felületre eső tömegveszteségének időbeli változása a 64. ábrán látható.

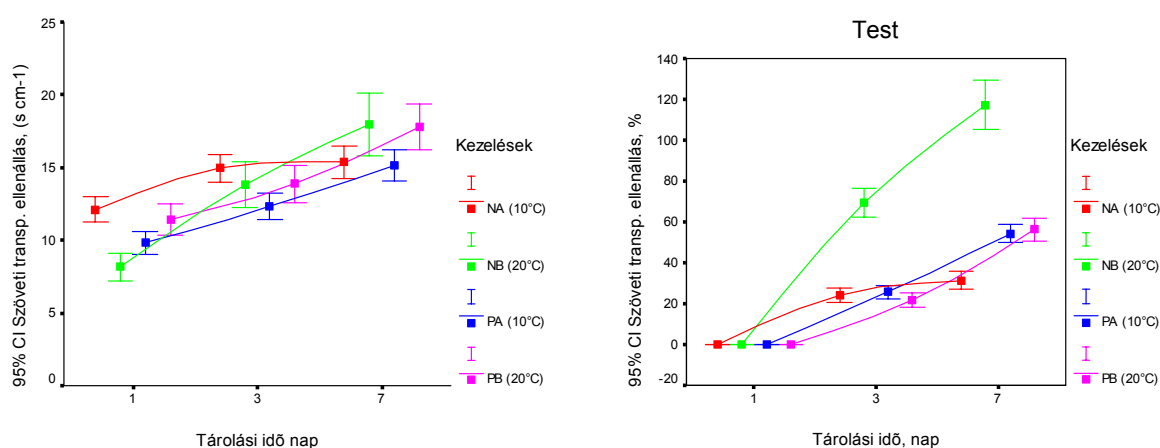


64. ábra. Szobahőmérsékleten tárolt Hó és Kárpia paprikák egységnyi felületre vonatkoztatott tömegvesztesége a paprikatestre és a -kocsányra külön-külön kifejezve.

Az ábrán jól látszik, hogy mindkét fajta esetében a paprikatest egységnyi felületére jutó párologtatás közel azonos mértékű volt. Ezzel szemben a két fajta kocsányai eltérő mértékben, de kevesebbet párologtattak a testnél. A Kárpia esetében ez az eltérés jelentős volt. Ez az eredmény megerősítette, alátámasztotta a transzpirációs vizsgálatoknál kapott eredményeket (62. ábra),

amelyek szerint a paprikatestek transpirációja magasabb a kocsányokénál, a kocsányok fokozottabb párologtatásra utaló alacsonyabb felületi hőmérséklete ellenére. Ez az ellentét véleményem szerint a paprika húsát és kocsányát alkotó szövetek (hússzövet és szállítószövet) eltérő felépítéséből, összetételéből fakadó eltérő hőkapacitással, eltérő hőfizikai jellemzőkkel magyarázható.

A tárolás előrehaladtával a paprikaszövet enyhén csökkenő mértékben volt képes a transpirációra, azaz a vízpárologtatásra (62. ábra). Ezt a változást jelezte a paprikatestek kezelésektől függetlenül növekvő szöveti transpirációs ellenállása (65. ábra) is. Ez a viselkedés a 20 °C-on csomagolatlanul tárolt mintáknál bizonyult a legjellegzetesebbnek, amit a szöveti transpirációs ellenállás relatív változása hűen ábrázolt (65. ábra). Ez azt sugallta, hogy a szövetek vízvesztése következtében fellépő kiszáradás és a szövetek öregedése egyre jobban akadályozta a szövetek belsejéből a felületre történő vízkiáramlást. Ezt a feltételezést támasztja alá a 62. ábrán látott, a transpirációs sebesség esetében tapasztalt csökkenés is. A 10 °C-on csomagolva tárolt minták paprikakocsánya kevésbé fonnyadt meg és száradt ki, valamint kisebb volt a relatív tömegvesztése is. Ez azt sugallhatja, hogy ezeknek a mintáknak a jobb fiziológiai állapotnak köszönhetően nagyobb volt a transpirációs aktivitása.



65. ábra. A csomagolatlan (N) és LDPE-csomagolt (P) 10 °C-on (A) és 20 °C-on (B) tárolt Kárpia paprikatestek szöveti transpirációs ellenállásának ($r_{\text{szöveti}}$, s cm⁻¹), illetve relatív szöveti transpirációs ellenállásának (%) változása.

Következtetések:

- A felületi hőmérsékletméréssel a paprikatest és -kocsány között hőmérsékletkülönbség volt kimutatható. Megállapítottam, hogy a kocsányon keresztüli transpiráció, a vízpárologtatás mértéke kisebb mértékű volt a testénél. Friss állapotban a paprikatest transpirációja 2,5-3 mg_{víz} cm⁻²h⁻¹, míg a kocsányé 0,5-1,2 mg_{víz} cm⁻²h⁻¹. Ez annak ellenére volt tapasztalható, hogy a kocsányok alacsonyabb felületi hőmérséklete nagyobb mértékű transpirációs aktivitást, nagyobb vízpárologtatást sugallt. Véleményem szerint ez a viselkedés a paprika húsát és kocsányát alkotó szövetek eltérő felépítéséből, összetételéből fakadó eltérő hőkapacitással, eltérő hőfizikai

jellemzőkkel magyarázható. Friss és tárolt paprikák esetében is a testre vonatkozó transpiráció mértéke kb. 2,5-3-szor nagyobbak bizonyult a kocsány transpirációjánál.

- A paprika szedést követő transpirációs jellemzői a tárolási hőmérséklet és csomagolási mód függvényében változtak.
- A paprikatest felületi hőmérsékletének egyenletes eloszlása a test közel egyenletes vízveszteség-eloszlására utalt.

4.2.9. Az étkezési paprikafajták szabályozott légtérű tárolása

A zöldségek és gyümölcsök eltarthatósági idejének meghosszabbítására, a folyamatos piaci jelenlét, valamint a kedvezőbb értékesítési feltételek biztosítása érdekében elterjedten alkalmazzák a hűtőtárolással együtt a szabályozott légtérű tárolást. Étkezési paprika viszonylag rövid eltarthatósági idejének meghosszabbítása érdekében vizsgáltam a szabályozott gázösszetételű és hőmérsékletű légtérben folytatott kezelések hatását.

A fogyasztói érettségi állapotú Hó (1) és Kárpia (8) paprikafajták 7 hetes 7 °C-on végzett szabályozott légtérű és hőmérsékletű tárolása során tapasztaltakat a következőkben foglalom össze.

A tárolás során vizsgált a paprikák minősége a roncsolásmentes állományjellemzők (akusztikus és impakt keménységtényező), a piacképes hányad, valamint a beltartalmi jellemzők változása alapján került jellemzésre.

A piacképes hányad az alábbi táblázatban közölteknek megfelelően alakult (11. táblázat).

11. táblázat. A fogyasztói érett Hó (1) és a Kárpia (8) paprika piacképes hányadának (%) alakulása a 7 °C-on végzett 51 napos szabályozott légtérű tárolás végére.

Piacképes hányad %	Fajta	Kezelések			
		21 % O ₂ +0,03 % CO ₂ kontroll	1,0-1,5 % O ₂ + 0-1 % CO ₂	1,0-1,5 % O ₂ + 2,5-3,0 % CO ₂	3 % O ₂ + 1,0-1,5 % CO ₂
	Hó	37	89	36	43
	Kárpia	30	61	47	37

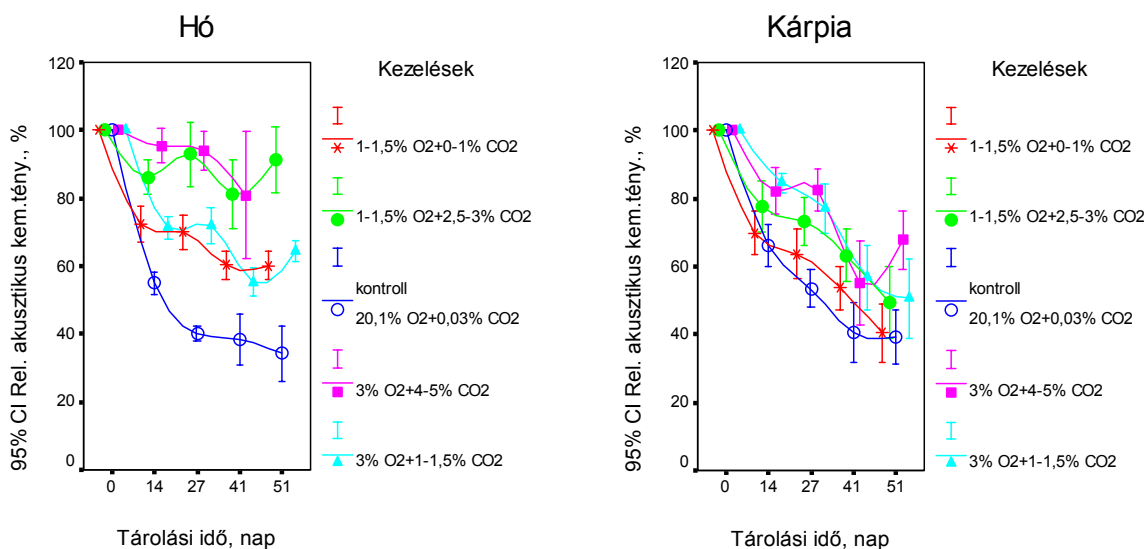
A tárolás 40. napját követően a 3 % O₂ és 4-5 % CO₂ gázösszetételű kezelés felszámolásra került a romlásnak indult paprikaminták elfogadhatatlan fiziológiai és mikrobiológiai állapota miatt. A 11. sz. táblázatból kitűnik, hogy a két paprikafajta eltérő mértékű változást mutatott a piacképes egyedek számának alakulását tekintve. Megállapítható, hogy a 7 °C-on tárolt paprikaminták közül fajtától függetlenül a normál légköri gázösszetétel mellett tárolt kontrollminták piacképes hányada alakult a legkedvezőtlenebbul a tárolás végére. A piacképes egyedek arányát tekintve a legkedvezőbb tárolási körülményt a 1,0-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ melletti kezelés adta (piacképeség: 89 % Hó és 61 % Kárpia). Ezeket az eredményeket alátámasztották a kitárolásokat követő érzékszervi bírálatok eredményei is (Melléklet 6. és 7. ábra).

A 4 hetes tárolást követő érzékszervi bírálatok alapján a paprikára jellemző illatot tekintve az 1,0-1,5 % O₂+2,5-3,0 % CO₂ gázösszetétel mellett tárolt Hó paprikák megítélése volt a

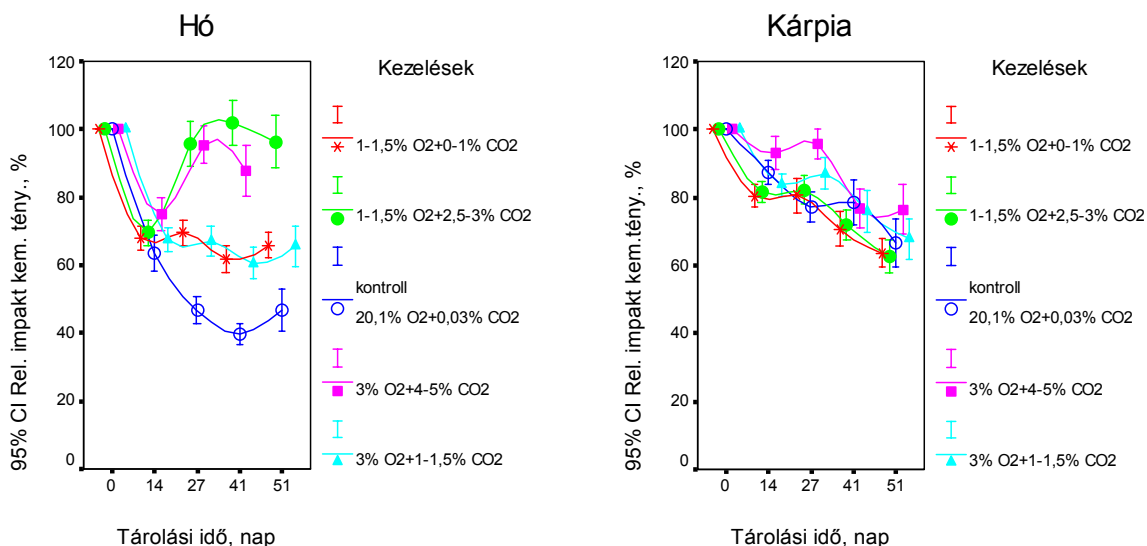
legkedvezőbb, míg a Kárpia esetében a kezelések nem voltak elkülöníthetőek. Az íz tekintetében a Hó paprikánál a kezelések közül az 1,0-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ kezelés bizonyult kedvezőnek, míg a Kárpianál a magasabb CO₂-koncentrációjú kezelések különültek el kissé. Az állomány tekintetében a kontroll szignifikánsan rosszabbnak bizonyult a többi kezelésnél, míg a Kárpianál a bírálók szerint a 3 % O₂ és 1-1,5 % CO₂ kezelés biztosította a kezelések közül a paprikára leginkább jellemző állományt (Melléklet 6. ábra).

A tárolás végére (7. hét) a paprikára jellemző illat esetében a Hó mintáknál elkülönültek és rosszabb minősítést kaptak a magasabb (1-1,5 %, illetve 2,5-3 %) CO₂-koncentrációjú kezelések a kontrollnál és az 1,0-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ –kezelt mintáknál, míg a Kárpianál nem lehetett a kezeléseket megkülönböztetni. A paprikára jellemző íz és állomány tekintetében a Hó mintáknál az 1,0-1,5 % O₂ és 0-1 % CO₂ –kezelés, míg a Kárpianál a kontroll és a 3 % O₂ és 1-1,5 % CO₂ kezelés bizonyult a kedvezőbbnek (Melléklet 7.ábra).

A szabályozott légterű tárolás során végzett roncsolásmentes akusztikus és ütészvizsgálati állományvizsgálatok segítségével került az állományváltozás meghatározásra. Ezen vizsgálatok eredményei láthatóak a 66. és a 67. ábrákon. Megvizsgálva a roncsolásmentes állományjellemzők segítségével jellemzett állományváltozást, a fogyasztói érettségű Hó (1) és Kárpia (8) minták viselkedése eltérőnek bizonyult. A Hó fajta esetében a tárolás alatt a kezelések három csoportra váltak szét: kontrollra, 1-1,5 % O₂ +0-1 % CO₂-os és 3 % O₂+1-1,5 % CO₂-os, illetve 3 % O₂ + 4-5 % CO₂-os és 1-1,5 O₂ és 2,5-3 % CO₂ kezelésre. Megfigyelve a kezelések közötti különbséget látható, hogy a minták magasabb keménységéért a magasabb CO₂-koncentráció lehetett a felelős. A három csoport közötti szignifikáns különbség már a 14. npra kialakult és megmaradt a tárolás végéig. A magasabb CO₂ szinten tárolt paprikaminták az eredeti keménységük kb. 10-20 %-át veszítették el az 51 napos tárolás során.



66. ábra. Szabályozott légterben 51 napig tárolt fogyasztói érett Hó (balra) és Kárpia (jobbra) minták az akusztikus keménységtényezővel kifejezett állományváltozása.



67. ábra. Szabályozott légterben 51 napig tárolt fogyasztói érett Hó (balra) és Kárpia (jobbra) minták az ütésvizsgálati keménységtényezővel kifejezett állományváltozása.

A piacképes hányad viszont a fokozott mikrobiológiai romlás következtében a kísérlet során nagymértékben csökkent (11. táblázat). A Hó minta 3 % O₂ és 4-5 % CO₂ gázösszetétel melletti kezelése a tárolás 41. napját követően felszámolásra került. Az alacsony CO₂-szinten tárolt paprikák kb. 40 %-ot puhultak, és érzékszervileg ezek bizonyultak a legjobbnak. A kontroll minták elvesztették keménységük 70 %-át, ami a bogyó nagymértékű fonnyadásaként jelentkezett.

A Hóhoz képest a Kárpia paprikák esetében a kezelések hatása nem nyilvánult meg egyértelműen. Az összes minta (kontroll és kezelt) keménysége egyaránt csökkent a tárolás során, elvesztették az eredeti keménységük 40-60 %-át. A szabályozott légterű tárolás során végzett laborvizsgálatok eredményei szerint a Hó paprikák vízdioxid szárazanyag-tartalma a kiindulási 4,5 %-ról a kezelésektől függetlenül a tárolási időtartam végére kismértékű emelkedéssel 5 %-ra változott, míg a Kárpiaéénál ez a kezelésektől független változás 8,5 %-ról 9 %-ra történő változást jelentett. A szárazanyag-tartalom [g/100g] ugyancsak nagyon kismértékű, a Hó fajtánál 5,7 g/100g-ról kb. 6 g/100 g-ra történő változást mutatott. Ugyanezen jellemző a tárolási idő végére a Kárpia fajtánál pedig a Hónál nagyobb, átlagosan 9,8 g/100g-ról 9,5-10,5 g/100g-ra változott, viszont szignifikáns különbség nem volt megállapítható a kezelések között. A paprikahús pH-ja a tárolási idő végére a Hó fajtánál a kiindulási átlagos pH = 5,5-ről az alkalmazott kezeléstől ismételtelen függetlenül szinte alig, pH = 5,3-5,7-re változott, míg a Kárpia esetében a kiindulási pH = 4,7-es érték szinte változatlan maradt (Melléklet 4. táblázat).

Szabályozott légterű tárolás következtetései:

- Hó és Kárpia paprikafajták különböző O₂ és CO₂ koncentrációk melletti, az ultra alacsony oxigénkoncentráció (ULO) körülményeit is biztosító szabályozott légterű tárolás eredményei

alaján a Hó fajtát a Kárpiához képest az állomány megőrzése céljából érdemesebb szabályozott légterben tárolni a kontrollhoz képest tapasztalható lassabb puhulás miatt.

- Az érzékszervi bírálatok eredményei alapján az 1-1,5 % O₂ és a 0-1 % CO₂ tartalmú légter bizonyulhat kedvezőnek az eltarthatósági idő növelésére (akár 4 hét) a hagyományos hűtéssel szemben. Ezzel ellentétben a Kárpia fajtánál a hűtés mellett a szabályozott légterű tárolás hatása az állományra és az eltarthatóságra kísérleteim során nem bizonyult szignifikánsnak.
- A szabályozott légterű tárolás során végzett laborvizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a szabályozott légterű tárolás során alkalmazott eltérő gázösszetételek mellett a paprikaminták beltartalmi jellemzőiben, azaz a vízdoldható szárazanyag-tartalomban (%), a szárazanyag-tartalomban (g/100g) és a pH-ban nem következtek be a kezelések egyértelmű hatását mutató változások.

5. TÉZISEK, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Doktori cselekményem során a magyar étkezési paprikafajták közül Hó, HRF és Kárpia fajták szedést követő minőségváltozását vizsgáltam a tárolási körülmények (hőmérséklet: 2 °C, 4 °C, 7 °C, 10 °C, 20 °C; LDPE-, PP-, PA+PE-csomagolás, csomagolás nélkül; gázösszetétel: normál, MAP, SZL), valamint az érettségi állapot függvényében. A paprika minőségjellemzőiben bekövetkező változásokat elsősorban roncsolásmentes vizsgálati módszerek segítségével határoztam meg.

- Megállapítottam, hogy a vizsgált Hó és HRF étkezési paprikafajták érzékenyek a 7 °C-nál alacsonyabb tárolási hőmérsékletre. A hidegkárosodás hőmérsékleti küszöbértéke a Hó és HRF fajtáknál 7 °C. A hidegkárosodás tünetei a hűtve tárolás során is kialakulhatnak, azonban másodlagos tünetek a szobahőmérsékletű polcontartás során válnak intenzíven láthatóvá.

A fehér húsú Hó és HRF fajtáknál a 7-8 °C feletti tárolási hőmérséklet és az állandó, stabil 90-95 % közötti relatív páratartalom biztosítása a minőségmegőrzés feltétele. A maximális tárolhatósági idő kedvező hőmérséklet és páratartalom mellett legfeljebb 2-3 hét. Az ezt követő eltarthatósági idő maximum 5-7 nap. Az étkezési paprika tömegveszteségét az érettségi állapot nem befolyásolja, a tömegveszteséget okozó fő tényező a termék és környezete közötti vízgőznyomás-differencia.

- Megállapítottam, hogy a Magness-Taylor-féle roncsolásos hús keménységmérés nem alkalmas az étkezési paprika minőségváltozásának megbízható jellemzésére.

Állományvizsgálati módszerekkel meghatároztam a paprikabogyó keménységét. Metodikai vizsgálatokkal bebizonyítottam, hogy paprika keménységváltozása objektíven jellemezhető a roncsolásmentes precíziós penetrométeres állományméréssel, az ütészvizsgálati- és az akusztikus állományméréssel. A rugalmassági modulus (E), az ütészvizsgálati- (D) és az akusztikus keménységtényező (S) érzékenyen jellemzi a paprika keménységváltozását. Az étkezési paprika keménységének, állományának változása a páratartalom és nem az érettségi állapot függvénye.

Szakértői döntéstámogató rendszer alapjaként meghatároztam az objektív állományjellemzők (E, D, S) és a tapasztalati úton megállapított keménység közötti kapcsolatot, amely alapját képezheti az objektív paprikakeménységi kategóriák és így az objektív paprikaminőség megállapításának.

- Az izotóniás oldatban egyensúlyi állapot eléréséig végzett elektromos vezetőképesség mérés során meghatározott, az ionkiáramlást leíró telítődési függvény paramétereivel (maximális ionkiáramlás, ionkiáramlási sebesség) jellemezhető a friss és a tárolt étkezési paprika membránpermeabilitása.

Az ionkiáramlási sebesség jellemzi az étkezési paprika érettségi állapotát, azaz az ionkiáramlási sebesség érettségi állapot függő. A Hó fajtájú teljesen beérett, az 1 és 8 közötti érettségi skálán 8-as érettségi állapotú paprika ionkiáramlási sebessége 2,5-3-szor nagyobb a fogyasztói érettségi állapotú (1) paprikáénál.

- Az étkezési paprika légzésintenzitása normál légköri gázösszetétel mellett jellegzetes, viszonylag rövid idő alatt a maximumot elérve az ún. állandósult, nyugalmi értékre lecsökkenő lefutást mutat. Megállapítottam, hogy a paprika légzésintenzitása a fajtától, az érettségi-, fiziológiai állapottól és a hőmérséklettől függ, valamint normál légköri gázösszetétel mellett a tárolási idő előrehaladtával csökken.

A légzésintenzitás a szöveti szintű változások (mechanikai sérülés – seblégzés; fiziológiai változás - öregedés, hidegkárosodás; mikrobiológiai romlás, stb.) hatására rövid időre megnövekedik. Az árukezelés során fellépő enyhe, látható sérülést nem okozó mechanikai sérülés hatására bekövetkező légzésintenzitás-változás a kezdeti légzésintenzitást duplájára növelheti, majd hatása 2,5-3 nap alatt cseng le, és az állandósult nyugalmi állapotban tapasztalt légzésintenzitás magasabb az ép, friss állapotban mérthez képest.

Az alacsony O_2 -, illetve a magas CO_2 -koncentráció mellett végzett SZL-tárolásnál, az egyes kitarolásokat követő szobahőmérsékleten végzett légzésmérések során mért megnövekedett légzésintenzitás a paprika a kedvezőtlen gázösszetételek által okozott fiziológiai károsodására utal, még a károsodás tényleges tüneteinek megjelenése nélkül.

- Megállapítottam, hogy az étkezési paprika színváltozása követi az érettségi állapot változását, a színátmenet a felületen inhomogén eloszlású. A színeződés a gyors és egyszerű tristimulusos színméreessel, a $CIEL^*a^*b^*$ jellemzőkkel ugyanazon ponton mérve nyomonkövethető, azonban az így kapott információ lokális és nem jellemzi hűen a paprika érettségi állapotát.
- A BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszéken kidolgozott SPOTS programot felhasználva algoritmust dolgoztam ki a zöld-piros színátmenettel érő paprika felületi színeződési hányadának meghatározására. Ezzel a színeződést az egész paprikafelület százalékában (piros/zöld színarány) megadó képelemzési módszerrel objektíven jellemezhető a Kárpia, illetve a hasonlóan színeződő más paprikafajták érettségi állapota, számszerűsíthető az érettségi állapot változását jelző színváltozás, az utószíneződés mértéke.
- Megállapítottam, hogy a zöld-piros színátmenettel érő Kárpia fajtánál a vizuálisan nem érzékelhető klorofil-fluoreszcencia aktivitást megadó klorofil-fluoreszcencia mérési módszer alkalmas az érettségi és a fiziológiai állapotban bekövetkező változás meghatározására, jellemzésére. A Kárpia paprika esetében még a teljes érettség, a végső piros szín (8) elérését megelőzően is mérhető klorofil-fluoreszcencia, azaz még van aktív klorofiltartalom. A klorofil-fluoreszcencia jellemzők közül a maximális- (F_m), a változó klorofil-fluoreszcencia (F_v), és a

maximális fotokémiai hatékonyság (F_v/F_m) alkalmasak az érettségi állapot jellemzésére, valamint érzékenyen jelezték az utóéréssel összefüggő, a paprikatestekben lévő fotoszintetikusan aktív klorofiltartalom változását. Az irodalomban közöltekkel ellentétben az F_v/F_m aránynál az F_v és az F_m külön-külön érzékenyebben jellemezte a paprika érettségi állapotában bekövetkező változást.

A digitális képelemzés és a klorofill-fluoreszcencia vizsgálati módszer a tényleges gyakorlati felhasználás szempontjából is jelentőséggel bír. A mérési folyamatok automatizálásával az ipari alkalmazás is lehetséges, mivel ezek a módszerek alkalmasak a szín és az érettségi-fiziológiai állapot szerinti homogén minta kiválogatására, a vizsgált tétel minősítésére.

- Nagyérzékenységű hőkamerával készített felvételek elemzése alapján megállapítottam, hogy a paprika és környezete között a felületi transpiráció, a felületi vízpárolgás következtében hőmérsékletkülönbség mérhető mind a paprikatest, mind pedig a kocsány esetében. Friss állapotban a paprikatest transpirációja $2,5-3 \text{ mg}_{\text{vöz}} \text{ cm}^{-2}\text{h}^{-1}$, a kocsányé $0,5-1,2 \text{ mg}_{\text{vöz}} \text{ cm}^{-2}\text{h}^{-1}$. Friss és tárolt állapotban is a testre vonatkozó transpiráció kb. 2,5-3-szor nagyobb a kocsányénál.
- Hó és Kárpia paprikafajták különböző O_2 és CO_2 koncentrációk mellett, az ultra alacsony oxigénkoncentráció (ULO) körülményeit is biztosító szabályozott légtérű tárolás eredményei alapján az 1-1,5 % O_2 és a 0-1 % CO_2 gázösszetétel kedvezőbb feltételeket biztosít a Hó paprikafajták esetében az eltarthatósági idő növelésére (akár 4 hét) a hagyományos hűtéssel szemben. A különböző gázösszetételek mellett folytatott szabályozott légtérű tárolás a Kárpia fajta eltarthatóságára gyakorolt hatása kísérleteim során nem bizonyult szignifikánsnak.

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az étkezési paprika szedést követő minőségváltozásának objektív meghatározása érdekében számos mérési módszer alkalmazhatóságának vizsgálatára került sor. A Hó, a HRF, valamint a Kárpia paprikafajták szedést követő viselkedésének és jellemzőinek meghatározását végeztem el, tekintettel a tárolási időre és hőmérsékletre, valamint a tárolási módra és az eltarthatósági időre. A vizsgált paprikafajták hidegérzékenyek, valamint a hidegkárosodás tüneteinek kialakulására hajlamosnak bizonyultak 7 °C-nál alacsonyabb tárolási hőmérséklet mellett. Meghatározásra kerültek a paprika esetében javasolható optimális tárolási körülmények. A szedéskori minőség megőrzése, valamint az eltarthatósági idő meghosszabbítása érdekében javaslom a 7-8 °C-nál nem alacsonyabb tárolási hőmérséklet, valamint magas környezeti páratartalom pld. LDPE-csomagolás általi biztosítását.

A roncsolásmentes penetrométeres állománymérés, az akusztikus és az impakt ütésvizsgálati keménységmérés alkalmasnak bizonyult a paprika szedést követő állomány (keménység) változásának mérésére, valamint a szedést követő minőségváltozás jellemzésére. Meghatározásra került a roncsolásmentes úton meghatározott objektív állományjellemzők és a tapasztalati úton, érzékszervi vizsgálatokkal megállapított keménység közötti kapcsolat. Ez az összefüggés kiindulási alapként felhasználható egy, az objektív paprika minőségi kategóriák meghatározásához, valamint az objektív paprikaminőség megállapításához szükséges szakértői döntéstámogató rendszer létrehozásához.

Meghatároztam a paprika légzésintenzitását és légzési jellemzőit friss állapotban és tárolás során tekintettel a fajtára, az érettségi állapotra, a tárolási időre és hőmérsékletre, valamint a tárolási módra. Megállapítottam, hogy a paprika légzésintenzitása függ a fajtától, a hőmérséklettől, valamint az érettségi- és fiziológiai állapottól.

A klasszikus tristimulusos színméressel, valamint a digitális képelemzéssel kapott eredmények alapján mindkét módszer alkalmasnak bizonyult az érettségi állapot és a paprikabogyó színe közötti összefüggés alapján a paprika minőségének objektív meghatározására. A teljes paprikafelület színeződésének mértékét kifejező piros/zöld arányt meghatározó digitális képelemzési módszer automatizálásával és gyakorlati alkalmazásával az érettségi állapottal összefüggő felületi színváltozás meghatározása alkalmas lehet a paprika objektív minőségmeghatározására. Ezen felül, a paprika fiziológiai és érettségi állapotáról ugyancsak objektív információt adó módszernek bizonyult a klorofil-fluoreszcencia jellemzők meghatározása is. Így ennek a módszernek is felmerülhet a gyakorlati életben a paprika on-line objektív minőségmeghatározására történő alkalmazási lehetősége.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Az évszázadok óta ismert paprika (*Capsicum annum*) fontos szerepet tölt be mindennapi táplálkozásunkban. Melegégővi eredete, a kertészeti termékek közötti speciális felépítése (vékony húsú, üreges, felfújtt bogyó) és magas víztartalma folytán igen érzékeny a szedést követően rosszul megválasztott tárolási körülményekre. Ilyenkor a paprikabogyó piacos, tapintásra friss állapotát, feszségét gyorsan elveszti, minősége fonnyadásként, puhulásként jelentkezve gyorsan romlik. Ez a fogyasztói megítélést és a piaci értéket döntően befolyásoló kedvezőtlen változás mértéke, valamint a paprika minősége a hagyományos vizsgálati módszerekkel nehezen, vagy egyáltalán nem határozható meg.

Céлом tehát az étkezési paprika szedést követő viselkedésének megismerése, minőségváltozásának, illetve a külső és belső tényezők minőségváltozásra gyakorolt hatásának vizsgálata és meghatározása, valamint a minőségváltozást objektíven leíró, elsősorban roncsolásmentes gyorsmódszerek alkalmazhatóságának vizsgálata volt. Vizsgálataimat a magyar fogyasztók által ismert és kedvelt fehérhúsú Hó és HRF paprikafajtákkal, valamint az egyre kedveltebbé váló Kápia-típusú Kárpia fajttal végeztem tekintettel a fajtára, az érettségi állapotra (1-8 vizuális skála szerint), a csomagolásra (csomagolás nélkül, LDPE, PP, PA+PE), a páratartalomra, a tárolási hőmérsékletre (4, 7, 10 és 20-22 °C) és légösszetételre (normál, MAP, SZL).

Kísérletes munkám során alkalmazott vizsgálatok közé tartoztak a következők:

- a leíró jellegű vizsgálatok (tárolási-eltarthatósági vizsgálatok, a fajtajellemző viselkedés és a fiziológiai elváltozások azonosítása, az optimális tárolási körülmények meghatározása),
- a paprika roncsolásos és roncsolásmentes állományvizsgálata (precíziós penetrométeres-, impakt ütészvizsgálati- és akusztikus keménységmérés),
- az optikai vizsgálatok (tristimulusos színmérés, digitális képelemzés, klorofil-fluoreszcencia analízis, transpirációs jellemzők termográfias meghatározása),
- a paprika élettevékenységének légzésintenzitás alapján történő meghatározása,
- a roncsolásos minőségvizsgálatok (membránpermeabilitás és a vízállapot-jellemzők meghatározása).

Kísérletes munkám első lépéseként a paprika szedést követő minőségváltozását befolyásoló tényezők hatását (fajta, érettségi állapot, hőmérséklet, páratartalom, csomagolás, stb.) határoztam meg. Megállapítottam, hogy a Hó és HRF paprikafajták érzékenyek a 7 °C-nál alacsonyabb tárolási hőmérsékletre. A szedést követő minőségmegőrzés feltétele a 7-8 °C feletti tárolási hőmérséklet és stabil 90-95 % közötti relatív páratartalom biztosítása (pld. LDPE-csomagolás által). Ilyen tárolási

körülmények mellett a paprika minősége max. 2-3 hétig őrizhető meg, valamint a hűtve tárolást követő eltarthatósági idő maximum 5-7 nap.

A minőségjellemzőként döntő szereppel bíró paprikakeményiség vizsgálata során állományvizsgálati módszerekkel meghatároztam a paprikabogyó keménységét. Metodikai vizsgálatokkal bebizonyítottam, hogy a paprika szedést követő keménységváltozása (fonnyadás, puhulás) a roncsolásos húskeménységméréssel nem, míg a roncsolásmentes precíziós állományméréssel, az ütészvizsgálati-, és az akusztikus keménységméréssel meghatározott rugalmassági modulussal (E), az ütészvizsgálati- (D) és az akusztikus keménységtényezővel (S) objektíven jellemezhető, nyomkövethető. Szakértői döntéstámogató rendszer alapjaként meghatároztam a roncsolásmentes objektív állományjellemzők (E, D, S) és a tapasztalati úton megállapított paprikakeményiség közötti kapcsolatot, amely alapját képezheti az objektív paprikakeményiségi kategóriák és így az objektív paprikaminőség megállapításának.

Az izotóniás oldatban egyensúlyi állapot eléréséig végzett elektromos vezetőképesség méréssel meghatározott, az ionkiáramlást leíró telítődési függvény paramétereivel (maximális ionkiáramlás, ionkiáramlási sebesség) jellemezhető a friss és a tárolt paprika membránpermeabilitása. Az ionkiáramlási sebesség jellemzi a paprika érettségi állapotát, azaz a paprika membránpermeabilitása érettségi állapot függő. A Hó fajtájú teljesen beérett, az 1 és 8 közötti érettségi skálán 8-as érettségi állapotú paprika ionkiáramlási sebessége 2,5-3-szor nagyobb a fogyasztói érettségi állapotú (1) paprikáénál.

Az étkezési paprika szedést követő légzésintenzitása normál légköri gázösszetétel mellett jellegzetes, viszonylag rövid idő alatt a maximumot elérve az ún. állandósult, nyugalmi értékre lecsökkenő lefutást mutat. Megállapítottam, hogy a légzésintenzitás érettségi-, fiziológiai állapot, fajta és hőmérséklet függő, valamint normál légköri gázösszetétel mellett a tárolási idő előrehaladtával csökken. A légzésintenzitás a szöveti szintű változások (mechanikai sérülés – seblégzés; fiziológiai változás - öregedés, hidegkárosodás; mikrobiológiai romlás, stb.) hatására rövid időre megnövekedik, és az állandósult nyugalmi állapotban tapasztalt légzésintenzitás magasabb az ép, friss állapotban mérthez képest.

Az alacsony O₂-, illetve a magas CO₂-koncentráció mellett végzett SZL-tárolásnál, az egyes kitérőket követő szobahőmérsékleten végzett légzésmérések során mért megnövekedett légzésintenzitás a paprika a kedvezőtlen gázösszetételek által okozott fiziológiai károsodására utal, még a károsodás tényleges tüneteinek megjelenése nélkül.

Az érés során bekövetkező inhomogén eloszlású felületi utószíneződés követi a paprika érettségi állapotának változását. A gyors és egyszerűen használható tristimulusos színméréssel az érettségi állapotban bekövetkező változásra utaló felületi színváltozásról csak lokális információ

kapható. A paprikabogyó teljes felületi színeződésének %-os változását (piros/zöld színarány) leíró digitális képelemzéssel viszont objektíven jellemezhető a zöld-piros színátmenettel érő paprikafajták (pld. Kárpia) érettségi állapota, számszerűsíthető az érettségi állapot változását jelző színváltozás, az utószíneződés mértéke. A vizuálisan nem érzékelhető klorofil-fluoreszcencia aktivitás változásának meghatározására alkalmas klorofil-fluoreszcenciaméréssel megállapítható az érettségi és a fiziológiai állapotban bekövetkező változás. A zöld-piros színátmenettel érő Kárpia paprikánál még a teljes érettség, a végső piros szín (8) elérését megelőzően is mérhető klorofil-fluoreszcencia, azaz még van aktív klorofiltartalom. A klorofil-fluoreszcencia jellemzők közül a maximális- (F_m), a változó klorofil-fluoreszcencia (F_v) és a maximális fotokémiai hatékonyság (F_v/F_m) alkalmasak az érettségi állapot jellemzésére, valamint érzékenyen jelezték az utóéréssel összefüggő, a paprikatestekben lévő fotoszintetikusán aktív klorofiltartalom változását. Az irodalmi adatokkal ellentétben a klorofil-fluoreszcencia jellemzők közül az F_v/F_m aránynál az F_v és az F_m külön-külön érzékenyebben jellemezte a paprika érettségi állapotában bekövetkező változást.

A termográfias úton, a nagyérzékenységű hőkamerával készített felvételek elemzésével kapott, a paprika transpirációjára, a felületi vízpárologtatásra vonatkozó eredmények alapján megállapítottam, hogy a paprika és környezete között a felületi transpiráció, a felületi vízpárologtatás következtében hőmérsékletkülönbség mérhető mind a paprikatest, mind a kocsány esetében. A paprikatest és a kocsány párologtatása eltérő mértékű. Friss és fonnyadt állapotban is a test transpirációja kb. 2,5-3-szor nagyobb a kocsányénál. A paprika szedést követő transpirációs jellemzői a hőmérséklet és a csomagolás függvényében változtak.

Hó és Kárpia paprikafajták különböző O_2 és CO_2 koncentrációk mellett, az ultra alacsony oxigénkoncentráció (ULO) körülményeit is biztosító szabályozott légterű tárolás eredményei alapján az 1-1,5 % O_2 és a 0-1 % CO_2 gázösszetétel kedvezőbb feltételeket biztosít a Hó paprikafajták esetében az eltarthatósági idő növelésére (akár 4 hét) a hagyományos hűtéssel szemben. A különböző gázösszetételek mellett folytatott szabályozott légterű tárolás a Kárpia fajta eltarthatóságára gyakorolt hatása kísérleteim során nem bizonyult szignifikánsnak.

7.1. SUMMARY

Capsicum annuum, commonly well known as pepper for centuries, plays an important role in our everyday diet. Because of its tropical origin, the special structure of the pepper berry (blown up and hollow berry with thin flesh) and the high water content, the pepper is very susceptible to negative quality changes among improper storage conditions. In this case, the pepper berry rapidly loses its original freshness and stiffness, and the overall quality rapidly decreases due to wilting and softening. The sweet pepper's overall quality and its decrease affecting consumers' perception and market value are really difficult or even impossible to determine by the conventional quality measuring methods.

So, the aims of my thesis work were getting knowledge about the postharvest behaviour of sweet pepper; examination and determination of its postharvest quality change, the role of internal and external factors affecting quality and even the examination of the suitability of mainly non-destructive and objective quality measuring methods for the determination of sweet pepper's postharvest quality change. Experiments were carried out using the well-known and popular white sweet pepper varieties Hó, HRF and the more and more popular Kárpia variety considering variety, maturity stage (according to a visual scale from 1 to 8), packaging (LDPE, PP, PE+PA and without packaging), humidity, storage temperature (4 °C, 7 °C, 10 °C and 20-22 °C) and storage air composition (normal air, MAP, CA).

The following examination methods were used and measurements were done during the experimental part of my thesis work:

- description of storage behaviour and shelf-life during storage experiments, identification of variety characteristic postharvest behaviour and physiological changes, determination of optimal postharvest storage conditions,
- destructive and non-destructive texture examination by texture analysis, impact and acoustic stiffness measurements,
- experiments using optical methods as tristimulus surface colour measurement, digital image analysis, chlorophyll fluorescence analysis, determination of transpiration features by thermography,
- determination of sweet pepper's vitality by the evaluation of respiration characteristics,
- destructive quality evaluation by the measurement of membrane permeability and water potentials.

During the first attempts of my experimental work the effect of internal (i.e. variety, maturity stage) and external factors (temperature, humidity and packaging, storage time, etc.) influencing postharvest quality change was evaluated. The pepper varieties of Hó and HRF were found to be

chilling sensitive to storage temperatures under 7 °C. The conditions for postharvest quality maintenance are the storage temperatures not lower than 7-8 °C and the stable relative humidity between 90-95 per cent provided by e.g. LDPE packaging. Under these storage conditions the keeping quality of sweet pepper is about 2-3 weeks and the shelf-life after cold storage at not under 7-8 °C is about 5 to 7 days.

During the experiments aiming the evaluation of sweet pepper's stiffness as a major pepper quality feature, the stiffness of pepper berry was determined using several texture analysis methods. It was proven by the use of methodological examinations that the postharvest stiffness change of sweet pepper berry (softening and wilting) can not be measured and characterised objectively by the destructive Magness-Taylor penetration test. In contrast, the quality change of sweet pepper can be characterized by the elasticity modulus (E), the impact stiffness coefficient (D) and the acoustic stiffness coefficient (S) evaluated by non-destructive texture analysis, impact stiffness and acoustic stiffness measurement, respectively. Serving as a base for a special decision-supporting expert system concerning postharvest pepper quality, the relationship between the objective non-destructive texture coefficients (E, D, S) and the empirically, organoleptically evaluated pepper stiffness was determined. This relationship can be used as a base also for the determination of objective pepper stiffness categories and therefore the determination of pepper quality.

The membrane permeability of fresh and stored sweet pepper determined by measuring the electric conductometry until steady state in an isotonic solution could be characterised by the change of parameters of the saturation function of ion-leakage (maximum ion-leakage, ion-leakage rate). The maturity of sweet pepper is characterised by the ion-leakage rate, so the membrane permeability of sweet pepper depends on the pepper's maturity stage. The ion-leakage rate of the mature red (maturity stage of 8 according to a visual maturity scale from 1 to 8) Hó pepper is about 2,5-3 times higher than the one of mature yellow pepper (maturity stage of 1).

The postharvest respiratory intensity of sweet pepper shows a special pattern of change at normal atmosphere gas conditions. It increases up to a maximum in a relatively short time and later it decreases to a so called steady state level. The maturity stage, the physiological state, the variety and the temperature dependence of sweet pepper's respiratory intensity was determined and the respiratory intensity decreases with storage time at normal atmosphere gas conditions. Due to the textural changes of the pepper tissue (caused by mechanical injuries, physiological changes like aging, chilling injury, microbiological disorders, etc.) the respiratory intensity increases for a relatively short time and the steady state intensity is found to be higher than the one measured in the initial fresh state.

The increased respiratory activity, measured at room temperature and normal atmosphere of sweet peppers, which were CA-stored at 7 °C at low O₂ and high CO₂ concentrations and taken out from the CA-cabinets, suggests that the physiological injuries of pepper are caused by the unfavourable CA gas conditions but without the appearance of the visible symptoms of injury.

The surface post-colouration with inhomogeneous distribution during sweet pepper's postharvest maturation follows the change in maturity. However, only local information can be obtained by the use of fast and easy to use tristimulus colorimeters about the change in maturity suggested by the surface colour change of sweet pepper. The maturity stage of pepper varieties undergo a green to red surface post-colouration (i.e. Kárpia) can be objectively characterised and the change in surface post-colouration can be quantified by the use of digital image analysis providing information about the pepper surface's colour change in percentages (red to green ratio).

By the use of chlorophyll fluorescence method, measuring the change in the visually not sensible chlorophyll fluorescence activity, the change in maturity stage and physiological state of sweet pepper can be determined. In case of the Kárpia pepper variety, undergo a green to red surface post-colouration, even before the final mature red maturity stage (8) chlorophyll fluorescence activity is measurable referring to photosynthetically active chlorophyll content. In contrast to the results found in literature, from the measured chlorophyll fluorescence parameters the variable fluorescence (F_v) and the maximum fluorescence (F_m) characterised more reliably the change in sweet pepper's maturity than the F_v/F_m, respectively.

The transpiration properties, the surface water evaporation of sweet pepper were evaluated by the use of thermography, by the analysis of the thermographic images. According to the results, temperature difference was determined between the pepper surface and the pepper's environment in case of the pepper body and the pepper stalk too due to the surface transpiration, the water evaporation from the pepper surface. The transpiration of the pepper body and the stalk was different, because the pepper body's transpiration was found to be about 2,5-3 times higher than the one of the stalk. The postharvest transpiration properties of sweet pepper showed temperature and packing method dependence during storage.

According to the results of controlled atmosphere storage at 7 °C of Hó and Kárpia sweet peppers under different O₂ and CO₂ concentrations and ultra low oxygen (ULO) concentration the gas composition of 1-1,5 % O₂ and 0-1 % CO₂ provided suitable conditions for shelf-life prolongation for up to 4 weeks in case of Hó variety in contrast to the conventional cold storage. The effect of controlled atmosphere storage of Kárpia peppers under different storage gas concentrations was not found to be significant to the keeping quality of this variety.

8. MELLÉKLETEK

8.1. IRODALOMJEGYZÉK

- ABBOTT, J.A. (1999): Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, (15) 207-225. p.
- ABBOTT, J.A., AFFELDT, H.A., LILJEDAHN, L.A (1992): Firmness measurement of stored 'Delicious' apples by sensory methods, Magness-Taylor and sonic transmission. *J. Amer. Assoc. Hort. Sci.*, 117(4):590-595. p.
- AGELE, S., COHEN, S.S., ASSOULINE, S. (2006): Hydraulic characteristics and water relations of net house-grown bell pepper as affected by irrigation regimes in a Mediterranean climate. *Environmental and Experimental Botany*, (57) 226–235. p.
- ALMÁSI, E., DOBRAYNÉ-VARGA, Á. (1977): Hűtőtechnológia II., KÉE-jegyzet, Budapest.
- ALONI, B.; KARNI, L.; MORESHET, S.; YAO, C.; STANGHELLINI, C. (1999): Cuticular cracking in bell pepper fruit: II. Effects of fruit water relations and fruit expansion. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, Volume 74, (1) 1-5. p.
- ANGELI, L. (1968): Paprikatermesztés. Az étkezési paprika termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- ARANA, I., JARÉN, C., ARAZURI, S. (2004): Apple mealiness detection by non-destructive mechanical impact. *Journal of Food Engineering*, (62) 399-408. p.
- BALÁZS, S. (1989): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- BARANYAI, L., KÓKAI, Z. (szerk.) (2006): Minőségsszabályozás az élelmiszeriparban. Korszerű mérés-technikai módszerek és érzékszervi vizsgálatok. (Élelmiszer-biztonság –és minőség felnőtt fokon). Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Kar és Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- BEN-YEHOSHUA, S., SHAPIRO, B., CHEN, Z. E., LURIE, S. (1983): Mode of Action of Plastic Film in Extending Life of Lemon and Bell Pepper Fruits by Alleviation of Water Stress. *Plant Physiology*, (73) 87-93. p.
- BEN-YEHOSHUA, S., LURIE, S., SHAPIRO, B. (1986): Effects of water stress and degree of ripeness rate on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111 (6) 880-885. p.
- BODRIA, L., FIALA, M., GUIDETTI, R., OBERTE, R. (2002): Chlorophyll sensing to estimate the fruit maturity stage. *AgEng Budapest 2002*, Paper: 02-PH-033.
- BORSA, B., FEKETE, A., FELFÖLDI, J. (2002): Kertészeti termékek mechanikai és minőségi jellemzői. *Mezőgazdasági és gépesítési tanulmányok – FVM Műszaki Intézet közleménye*. XLI. évf. 2.sz., Gödöllő.
- BÖTTCHER, H. (1996): Handbuch der Lebensmittel-Technologie. Frischhaltung und Lagerung von Gemüse. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- BRON, I.U., RIBEIRO, R.V., AZZOLINI, M., JACOMINO, A.P, MACHADOC, E.C. (2004): Chlorophyll fluorescence as a tool to evaluate the ripening of 'Golden' papaya fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 33 (2004), 163-173. p.
- BUSSEL, J., KENIGSBERGER, Z. (1975): Packaging green bell peppers in selected permeability films. *J. Food Sci.*, (40) 1300-1303. p.
- CARRARA, S., PARDOSSI, A., SOLDATINI, G.F, TOGNONI, F., GUIDI, L. (2001): Photosynthetic activity of tomato fruit. *Photosynthetica*, 39 (1):75-78. p.
- CORREA, P., RUIZ-ALTISENT, M., DE LA PLAZA, J.L. (1992): Physical parameters in relation to physiological changes of avocado during ripening (20 °C) and cold storage (6 °C) in different conditions. *AgEng 1992. International Conference on Agricultural Engineering*. Paper No. 9211-16.

- DE BELIE, N., SCHOTTE, S., COUCKE, P., DE BAERDEMAEKER, J. (2000): Development of an automated monitoring device to quantify changes in firmness of apples during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 18 (2000), 1–8. p.
- DEELL, J.R., TOIVONEN, P.M.A. (2000): Chlorophyll fluorescence as a nondestructive indicator of broccoli quality during storage in modified atmosphere packaging. *HortScience*, vol.35 (2)256-259.p.
- DEELL, J.R., VAN KOOTEN, O., PRANGE, R.K., MURR, D.P. (1999): Applications of chlorophyll fluorescence techniques in postharvest physiology. *Hort. Rev.*, (23) 69–107. p.
- DE KETELAERE, B., DE BAERDEMAEKER, J. (2001): Advances in spectral analysis of vibrations for non-destructive determination of tomato firmness. *J. of Agric Engng. Res.* 78 (2) 177-185. p.
- DE KETELAERE, B., RUIZ-ALTISENT, M., CORREA, E.C., DE BAERDEMAEKER, J., BARREIRO, P. (2001). Reliability of vibration measurements and impact response characteristics for the quality assessment of tomatoes. *Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceeding of the 6th International Symposium, Potsdam 2001*, 487-492. p.
- DE KETELAERE, B., LAMMERTYN, J., MOLENBERGHS, G., DESMET, M., NICOLAI, B., DE BAERDEMAEKER, J. (2004). Tomato cultivar grouping based on firmness change, shelf life and variance during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology* 34 (2004) 187–201. p.
- DE KETELAERE, B., HOWARTH, M.S., CREZEE, L., LAMMERTYN, J., VIAENE, K., BULENS, I., DE BAERDEMAEKER, J. (2006). Postharvest firmness changes as measured by acoustic and low-mass impact devices: a comparison of techniques. *Postharvest Biology and Technology* 41 (2006) 275–284. p.
- DIEZMA-IGLESIAS, B.; RUIZ-ALTISENT, M.; BARREIRO, P. (2004): Detection of internal quality in seedless watermelon by acoustic impulse response. *Biosystems Engineering* (2004) 88 (2), 221–230. p.
- DORJI, K., BEHBOUDIANA, M.H., ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A. (2005): Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae*, (104) 137–149. p.
- EURÓPAI KÖZÖSSÉGEK BIZOTTSÁGA 1455/1999/EK RENDELETE (1999): az étkezési paprika minősége.
- FEKETE, A., FELFÖLDI, J. (1996): Analysis of firmness determined by compression and resonance tests. *ASAE meeting presentation*, Paper no. 966009.
- FEKETE, A., FELFÖLDI, J. (1998): Firmness-based expert system for fruit quality assessment. *Control applications in postharvest and processing technology*. Edited by I. Farkas. Pergamon, 61-65. p.
- FEKETE, A., FELFÖLDI, J. (2002): Test methods for the Assessment of Tomato Ripening. *Hungarian Agricultural Engineering*, No 15/2002, 39-40. p.
- FELFÖLDI, J. (1996a): Firmness assessment of fruits and vegetables based on acoustic parameters. *Journal of Food Physics* 58:39-47. p.
- FELFÖLDI, J. (1996b) Gyümölcsök és zöldségfélék keménységjellemezése akusztikus tulajdonságaik alapján. *Élelmiszerfizikai Közlemények IX. évf. 1996/1-2:35-45. p.*
- FELFÖLDI, J., FEKETE, A. (2000): Firmness assessment by impact method. *ASAE Annual International Meeting, Milwaukee*, Poster No. 006072, 1-7. p.
- FELFÖLDI, J., FEKETE, A. (2003): Detection of small scale mechanical changes by acoustic measuring system. *ASAE-Annual International Meeting Las Vegas, USA.*, Paper number: 036097, 1-8. p.

- FELFÖLDI, J., IGNÁT, T. (1999): Dynamic method for quick and non-destructive measurement of the surface firmness of fruits and vegetables. *Hungarian Agricultural Engineering*, 12/1999, 29-30. p.
- FITO, P.J., ORTOLÁ, M.D., DE LOS REYES, R., FITO, P., DE LOS REYES, E. (2004): Control of citrus surface drying by image analysis of infrared thermography. *Journal of Food Engineering* 61, 287–290. p.
- GALINDO, F.G., HERPPICH, W.B., GEKAS, V., SJÖHOLM, I. (2004): Factors Affecting Quality and Postharvest Properties of Vegetables: Integration of Water Relations and Metabolism. *Critical Rev. Food Science and Nutrition*, 44:1-16. p.
- GARCIA-RAMOS, F.J., ORTIZ-CANAVATE, J., RUIZ-ALTISENT, M., DIEZ, J., FLORES, L., HOMER, I., CHÁVEZ, J.M. (2003): Development and implementation of a non-line impact sensor for firmness sensing of fruits. *Postharvest Biology and Technology* 58 (2003), 53-57. p.
- GÓMEZ, A.H., WANG, J., PEREIRA, A.N. (2005): Impulse response of pear fruit and its relation to Magness-Taylor firmness during storage. *Postharvest Biology and Technology* 35 (2005), 209–215. p.
- GONZÁLEZ, G., TIZNADO, M. (1993): Postharvest physiology of bell peppers stored in low density polyethylene bags. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, (26) 450-455. p.
- GONZÁLEZ-AGULIAR, G.A., GAYOSSO, L., CRUZ, R. (2000): Polyamines induced by hot water treatments reduce chilling injury and decay in pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, (18) 19-26. p.
- GOTTSCHALK, K., LINKE, M. (2001): Modelling postharvest transpiration and mass loss of horticultural produce. *Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam in 2001*, 369-374. p.
- HARASZTY, Á. (1998): Növény szerkezettan és –növényélettan (6. kiadás). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- HELLEBRAND, H. J.; LINKE, M.; BEUCHE, H.; HEROLD, B.; GEYER, M. (2000a): Horticultural Products Evaluated by Thermography. *Proceedings of EurAgEng 2000, University of Warwick, UK, 2-7 July 2000*, Paper No. 00-PH-003, 1-8. p.
- HELLEBRAND, H. J.; LINKE, M.; HEROLD, B.; GEYER, M. (2000b): Bruises and ripeness of apple studied by thermal imaging, *ASTEQ Action Group Meeting, Assisi, Italy, 12-14.06.2000*, Proceedings, (1) 11. p.
- HELLEBRAND, H.J., BEUCHE, H., LINKE, M. (2002): Determination of thermal emissivity and surface temperature distribution of horticultural products. *Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam in 2001*, 363-368. p.
- HELLEBRAND, H.J., HERPPICH, W.B., BEUCHE, H., DAMMER, K.H., LINKE, M., FLATH, K. (2006): Investigations of plant infections by thermal vision and NIR imaging. *Int. Agrophysics*, 20, 1-10. p.
- HERPPICH, W.B., MEMPEL, H., GEYER, M. (1999a): Water potential, an easy to measure and sensitive indicator of mechanical and climatic stress during postharvest handling of carrots. In: M. Hägg, R. Ahvenainen, A.M. Evers, K. Tiilikkala (eds.), *Agri-Food Quality II. Quality Management of Fruits and Vegetables*, Royal Society, Cambridge, 256-260. p.
- HERPPICH, W.B.; MEMPEL, H., GEYER, M. (1999b): Effects of postharvest mechanical and climatic stress on carrot tissue water relations. *Postharvest Biology and Technology*, 16 (1) 43-49. p.
- HERPPICH, W.B., MEMPEL, H., GEYER, M. (2000): Carrots water relations during postharvest; Effects on internal and external product quality. In: *Internationale multidisziplinäre Konferenz; Integrated View of Fruit & Vegetable Quality (WJ Florkowski, SE Prussia, RL Shewfelt, eds)*. Technomic Publishing Co., Lancaster, 64-72. p.

- HERPPICH, W. B. (2001): Application potential of chlorophyll fluorescence imaging analysis in horticultural research – a mini review. *Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam 2001*, 609-614. p.
- HERPPICH, W.B., GOMEZ GALINDO, F., SJÖHOLM, I., HEROLD, B. (2002): Interactive Effects of Temperature and Water Status on Processing of Fresh Cut Carrots and Radish. *ASAE Annual Meeting*, Paper No. 026025.
- HERPPICH, W.B., HEROLD, B., LANDAHL, S., DE BAERDEMAEKER, J. (2003a): Interactive effects of water status and produce texture – an evaluation of non-destructive methods. International Conference: Postharvest Unlimited. *ISHS Acta Horticulturae*, 599: 281-288. p.
- HERPPICH, W.B., HEROLD, B., LINKE, M., GEYER, M., GÓMEZ, G. (2003b): Dynamic effects of temperature and water status on the texture of radish and carrots during postharvest. International Conference on Quality in Chains. An Integrated View on Fruit and Vegetable Quality. *ISHS Acta Horticulturae* 604:647-652. p.
- HERPPICH, W.B., HEROLD, B., GEYER, M., GÓMEZ, F.G. (2004a): Effects of temperature and water relations on carrots and radish tuber texture. *Journal of Applied Botany and Food Quality-Angewandte Botanik*, Vol. 78 (1), 11-17. p.
- HERPPICH, W.B., HEROLD B., LANDAHL S., GOMEZ GALINDO F., GEYER M. (2004b): Effects of temperature on produce texture and water status. *A model study on radish and carrots. ISHS Acta Horticulturae* 687:237-242. p. International Conference: Postharvest Unlimited Downunder.
- HERPPICH, W.B., HUYSKENS-KEIL, S., KADAU, R. (2005): Effects of short-term low-storage on mechanical and chemical properties of white Asparagus cell walls. *Journal of Applied Botany and Food Quality* 79, 63-71. p.
- HERPPICH, W.B., SCHLÜTER O. (2004): Non-destructive analysis of temperature effects on produce elastic properties and water status. *ASAE/CSAE International Meeting Presentation, Canada*, Paper No. 046095, 8. p.
- HOFFMAN, G.J., SHALHEVET, J., MEIRI, A. (1980): Leaf age and salinity influence water relations of pepper leaves. *Physiologia Plantarum* Vol. 48 (3), 463-469. p.
- HOMER, I., ORTIZ-CANAVATE, J., MOREDA, G., MORABITO, S., RUIZ-ALTISENT, M. (2002): Evaluation of a non-destructive impact sensor on-line for determination of firmness of peach and apples. *AgEng 2002 Budapest. International Conference on Agricultural Engineering*. Paper No. 02-PH-026.
- HUYSKENS-KEIL, S., KADAU, R., HERPPICH, W.B (2005): Textural properties and cell wall metabolism of white asparagus spears (*Asparagus officinalis* L.) during postharvest. 5th International Postharvest Symposium. *ISHS Acta Horticulturae* 682:461-468. p.
- INOUE, Y., KIMBALL, B.A, JACKSON, R.D., PINTER, P.J., REGINATO, R.J. (1990): Remote estimation of leaf transpiration rate and stomatal resistance based on infrared thermometry. *Agric. For. Meteorol.* 51, 21-33. p.
- JANCSÓK, P.T., LAMMERTYN, J., NICOLAI, B.M., DE BAERDEMAEKER, J. (2001): Internal defect detection of pears by impulse response method. *Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceeding of the 6th International Symposium held in Potsdam 2001*, 469-474. p.
- JARÉN, C., GARCÍA-PARDO, E. (2002): Using non-destructive impact testing for sorting fruits. *Journal of Food Engineering* 53 (2002) 89-95. p.
- JOBLING, J.J., PATTERSON, B.D., MORADI, S., JOYCE, D. (1997): A non-destructive method for measuring the water potential of fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 1-8. p.
- JONES, H.G. (1999): Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. *Plant, Cell and Environment*, 22, 1043-1055. p.

- JONES, H.G., STOLL, M., SANTOS, T., DE SOUSA, C., CHAVES, M.M., GRANT, O.M. (2002): Use of infrared thermography for monitoring stomatal closure in the field: application to grapevine. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 53, (378) 2249-2260. p.
- KAUTSKY, H., APPEL, W., AMANN, H. (1960): Chlorophyllfluoreszenz und kohlenassimilation. *Biochemische Zeitschrift* 322, 277-292. p.
- KOSSON, R. (2003): Chlorophyll fluorescence and chilling injury of green pepper as affected by storage conditions. XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture. *ISHS Acta Horticulturae* 628:379-385. p.
- KOVÁCS, E., MERÉSZ, P. (2004): The effect of harvesting time on the biochemical and ultrastructural changes in Idared apple. *Acta Alimentaria*, Vol. 27 (3), 207-219. p.
- KOZUKUE, N., OGATA, K. (1972): Physiological and chemical studies of chilling injury in pepper fruits. *J. Food. Sci.* 37, 708-711. p.
- KRAUSE, G.H., WEIS, E. (1991): Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant. Mol. Biol.* 42: 313-349. p.
- LANDAHL, S., DE BAERDEMAEKER, J. (2001): Dependence of stiffness measured with the acoustic impulse response technique on state of development of apples. *Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceeding of the 6th International Symposium held in Potsdam 2001*, 475-480. p.
- LANDAHL, S., HERPPICH, W.B., HEROLD, B., GEYER, M., DE BAERDEMAEKER, J. (2004): A comprehensive evaluation of the interactions between produce elasticity and water status. *European Journal of Horticultural Science*, 69: 250-257. p.
- LEINONEN, I., JONES, H.G. (2004): Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 55, (401), 1423-1431 p.
- LIN, W.C., HALL, J.W., SALTVEIT, M.E. (1993): Ripening stage effects the chilling sensitivity of greenhouse-grown peppers, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118(6):791-795. p.
- LINKE, M. (1997): Modelling and predicting the postharvest behaviour of fresh vegetables. In: *A. Munack, h.-J. Tantau (ed.s). Mathematical control applications in agriculture and horticulture*. Pergamon, 283-288. p.
- LINKE, M. (1998): Measurement and modelling of produce responses in postharvest effected by preharvest parameters. *CAPPT'98 Preprints edited by Prof. I. Farkas. IFAC/ISHS/CIGR/EURAGENG Second International Workshop on Control Applications in Postharvest and Processing Technology*, 1-6. p.
- LINKE, M., GEYER, M. (2000): Determination of flow conditions close to the produce. Improving *Postharvest Technologie of Fruits, Vegetables and Ornamentals*. Eds. F. Artés, M.I. Gil, M.A. Conesa, IIR Conference, Murcia, Spain 872-878. p.
- LINKE, M., GEYER, M., BEUCHE, H., HELLEBRAND, H.J. (2000): Possibilities and limits of thermography for the examination of horticultural products. *Agrartechnische Forschung* 6 (2000) Heft 6, 110-114. p.
- LINKE, M., GEYER, M., HELLEBRAND, H.J. (2002): Postharvest behaviour affected by local different transpiration resistances. *Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam in 2001*, 291-296. p.
- LOVÁSZ, T., MERÉSZ, P., SASS, P. (1998): Postharvest permeability changes of the cell surface of apple tissue. *Acta Alimentaria*, Vol. 27 (3), 207-219. p.
- LÖTZE, E., HUYBRECHTS, C., SADIE, A., THERON, K.I., VALCKE, R.M. (2006): Fluorescence imaging as a non-destructive method for pre-harvest detection of bitter pit in apple fruit (*Malus domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*, 40 (2006), 287-294. p.

- LURIE, S., SHAPIRO, B., BEN-YEHOSHUA, S. (1986) Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111(6):880-885. p.
- LURIE, S., RONEN, R., MEIER, S. (1994): Determining chilling injury induction in green peppers using nondestructive pulse amplitude modulated (PAM) fluorometry. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 119, 59–62. p.
- MANICKAVASAGAN, A., JAYAS, D.S., WHITE, N.D.G, PALIWAL, J. (2005): Applications of thermal imaging in agriculture, a review. *CSAE/SCGR 2005 meeting, Winnipeg, Manitoba (2005)*.
- MARKHART, A.H. (1985): Comparative Water Relations of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus acutifolius* Gray. *Plant Physiol.* (1985) 77, 113-117. p.
- MÁRTONFFY, B., FODOR, Z. (1998): A zöldségágazat helyzete Magyarországon. *Hajtatás, korai termesztés*, XXIX., 1998/2.
- MÁRTONFFY, B., FODOR, Z. (1999): A zöldségágazatok helyzete Magyarországon. *Hajtatás, korai termesztés*, XXX., 1999/2.
- MAXWELL, K., JOHNSON, G.N. (2000): Chlorophyll fluorescence - a practical guide. *Journal of Experimental botany*, vol. 51, (345) 659-668. p.
- MEIR, S., ROSENBERGER, I., AHARON, Z., GRINBERG, S., FALLIK, E. (1995): Improvement of the postharvest keeping quality and colour development of bell pepper (cv. Maor) by packaging with PE-bags at reduced temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 5: 303-309. p.
- MEIR, S., RONEN, R., LURIE, S., PHILOSOPH-HADAS, S. (1997): Assessment of chilling injury during storage: chlorophyll fluorescence characteristics of chilling-susceptible and triazole-induced chilling tolerant basil leaves. *Postharvest Biology and Technology*, 10 (1997), 213-220. p.
- MENGEL, K. (1976): A növények táplálkozása és anyagcseréje (Ernahrung und Stoffwechsel der Pflanze, 1972), Mezőgazdasági Kiadó
- MERÉSZ, P., LOVÁSZ, T., SASS, P., LASZLÓ, P., MOLNÁR-PERL, I. (1993): Functional changes of apple cell membranes during storage. *Acta Horticulturae*, (343) 34-39. p.
- MERÉSZ, P., LOVÁSZ, T., BEREZVAI, Z., SASS, P. (1994): Postharvest membrane permeability of apple. *Acta Horticulturae*, (368) 285-290. p.
- MERÉSZ, P., LOVÁSZ, T. (1997): Szöveti változások az alma érése és tárolása során. *Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Közleményei*, Vol. LVI., 98-105. p.
- MILLER, W.R., RISSE, L.A. (1986) Film wrapping to alleviate chilling injury of bell peppers during cold storage. *HortScience* 21(3):467-468. p.
- MINOLTA CHROMA METER CR-200 FELHASZNÁLÓI KÉZIKÖNYV (1988): Minolta Camera Co. Ltd., Japan
- MUHA, V., ISTECCA, S. (2005): Texture changes of vegetable cultivars measured by non-destructive methods. *International Journal of Horticultural Science* 2005, 11 (2):59-62. p.
- MUHA, V., ISTECCA, S., TOMPOS, D. (2005): Storability of paprika varieties measured by non-destructive acoustic method. *International Journal of Horticultural Science* 2005, 11 (2):49-53. p.
- MURAMATSU, N., SAKURAI, N., YAMAMOTO, R., NEVINS, D.J., TAKAHARA, T., OGATA, T. (1997): Comparison of a non-destructive acoustic method with an intrusive method for firmness measurement of kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology* 12 (1997), 221–228. p.
- MÜLLER, P., LI, X-P., NIYOGI, K.K. (2001): Non-Photochemical quenching. A Response to Excess Light Energy. *Plant Physiology*, vol. 125, 1558-1566. p.
- NEDBAL L., SOUKUPOVÁ, J. WHITMARSH, TRITILEK, M. (2000a): Postharvest imaging of chlorophyll fluorescence from lemons can be used to predict fruit quality. *Photosynthetica*, 38 (4): 571-579. p.

- NEDBAL, L., SOUKUPOVÁ, J., KAFTAN, D., WHITMARSH, J., TRITILEK, M. (2000b): Kinetic imaging of chlorophyll fluorescence using modulated light. *Photosynthesis Research*, 66: 3-12. p.
- NEDBAL, L., TRITILEK, M., HERPPICH, W.B. (2000c): Methods and equipment for fluorescence imaging on plant material. *Bornimer Agrartechnische Berichte*, Heft 25, 127-135. p.
- ORSZÁGOS ZÖLDSÉG TERMÉKTANÁCS (1998): 1998. évi információs jelentés. Budapest.
- ORTIZ-CANAVATE, J., HOMER, I., GARCIA-RAMOS, F.J., RUIZ-ALTISENT, M. (2001): Determination of firmness in a fruit packing line using a non-destructive impact sensor. *Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceeding of the 6th International Symposium, Potsdam*, 457-462. p.
- PARSONS, L.R., HOWE, T.K. (1984): Effects of water stress on the water relations of *Phaseolus vulgaris* and the drought resistant *Phaseolus acutifolius*. *Physiologia Plantarum*, Vol. 60, 197-202. p.
- PAULL, R.E. (1999): Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. *Postharvest Biology and Technology*, 15:263-277. p.
- PETHŐ, M.(1993): Mezőgazdasági növények élettana. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- POLDERDIJK, J.J., KHO, R.M., DE KRUIF, A.P.M., CARMÍ, Y. (2000): Firmness of mangoes (*Mangifera indica* L.) measured acoustically by mechanically and manually. *Proceeding of the 6th International Mango Symposium. ISHS Acta Horticulturae*, 509:861-865. p.
- POMPODAKIS, N.E., TERRY, L.A., JOYCE, D.C., LYDAKIS, D.E., PAPANIMITRIOU, M.D. (2005): Effect of seasonal variation and storage temperature on leaf chlorophyll fluorescence and vase life of cut roses. *Postharvest Biology and Technology*, 36 (2005), 1-8. p.
- PURVIS, A.C. (2002): Diphenylamine reduces chilling injury of green pepper fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 25 (2002), 41-48. p.
- RAEMY, A. (2003): Behavior of foods studied by thermal analysis: Introduction. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 71, (1) 273-278. p.
- RODOV, V., BEN-YEHOSHUA, S. (1995): Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortScience*, 30(2):299-302. p.
- RUIZ-ALTISENT, M., LLEÓ, L., RIQUELME, F. (2000): Instrumental quality assessment of fresh peaches: optical and mechanical parameters. *AgEng 2000 Warwick. International Conference on Agricultural Engineering*. Paper No. 00-PH-005.
- SALVADORES, M.C., JARÉN, C., ARANA, I., MARANÓN, M. (2000): Apple mealiness detection by mechanical impacts. *Proceedings of EurAgEng 2000, University of Warwick*, Paper No. 00-PH-026.
- SAQUET A., STREIF, J. (2002): Chlorophyll fluorescence as a predictive method for detection of browning disorders in Conference pears during controlled atmosphere storage. *VII. International Symposium on pear. ISHS Acta Horticulturae*, 596. 863-866. p.
- SASS, P. (1986): Gyümölcsstárolás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- SASS, P., MERÉSZ, P., LOVÁSZ, T., LASZLÓ, P., MOLNÁR-PERL, I. (1993): Effect of the picking date on the apple storage quality. *Acta Horticulturae*, (343) 61-62. p.
- SCHOTTE, S., DE BELIE, N., DE BAERDEMAEKER, J. (1999). Acoustic impulse-response technique for evaluation and modelling of firmness of tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 17 (1999) 105–115 p.
- SEMINIS-KATALÓGUS 2005-2006. Seminis Hungária Vetőmag Kft., Budapest.
- SERRANO, M., MARTINEZ-MADRID, M.C., PRETEL, M.T., RIQUELME, F., ROMOJARO, F. (1997). Modified atmosphere packaging minimizes increases in putrescine and abscisic acid levels caused by chilling injury in pepper fruit. *J. Agric. Food Chem.* 45 (5), 1668-1672. p.

- SHIBAIRO, S.I., UPADHYAYA, M.K., TOIVONEN, P.M.A. (1997): Postharvest moisture loss characteristics of carrot (*Caucus carota* L.) cultivars during short-term storage. *Scientia Horticulturae*, 71, 1-12. p.
- SHMULEVICH, I., GALILI, N., YECHIELI R. (2001): Nondestructive quality assessment of mango fruit by a low-mass impulse technique. *Fruit, Nut, and Vegetable Production Engineering, Proceeding of the 6th International Symposium, Potsdam*, 481-486. p.
- SHMULEVICH, I., BEN-ARIE, R., SENDLER, N., CARMI, Y. (2003a): Sensing technology for fruit quality assessment in controlled atmospheres. *Postharvest Biology and Technology*, 29 (2003), 145-154. p.
- SHMULEVICH, I., GALILI, N., HOWARTH, M.S. (2003b): Nondestructive dynamic testing of apples for firmness evaluation. *Postharvest Biology and Technology*, 29 (2003), 287-299.p.
- SIDDIQUE, M.R.B., HAMID, A., ISLAM, M.S. (2000): Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 41:35-39. p.
- SMILLIE, R.M., HETHERINGTON, S.E., NOTT, R., CHAPLIN, G.R., WADE, N.L. (1987): Application of chlorophyll fluorescence to the postharvest physiology and storage of mango and banana fruit and the chilling tolerance of mango cultivars. *Asean Food J.*, 39, 55–59. p.
- SOMOS, A. (1981). A paprika. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- SOMOS, A. (1983). Zöldségtermesztés. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest.
- SOUKUPOVÁ, J., SMATANOVÁ, S., JEGOROV, A., NEDBAL, L., TRITILEK, M. (2001): Fluorescence imaging as a tool for early detection of fungal stress in plants – Part I. The instrumentation. *Fruit, Nut and Vegetable Production Engineering, Proceedings of the 6th International Symposium held in Potsdam 2001*, 615-619. p.
- STAJNKO, D., LAKOTA, M., HOCEVAR, M. (2004): Estimation of number and diameter of apple fruits in an orchard during the growing season by thermal imaging. *Computers and Electronics in Agriculture*, 42, 31–42. p.
- STEFANOVITS-BÁNYAI, É., GYÚRÓS, J., HEGEDŰS, A. (2005): Hazai termesztésű paprikahibridek szerepe az antioxidáns védelemben. *Hajtatás, Korai Termesztés*, XXXVI. évf., 2005/3., 27-34. p.
- SUGIYAMA, J., OTOBE, K., HAYUSHI, S., USUI, S. (1994): Firmness measurement of muskmelons by acoustic impulse transmission. *Transactions of the ASAE*, vol. 37(4) 1235-1241. p.
- SUGIYAMA, J., KATSUARI, T., HONG, T., KOYAMA, H., MIKURIYA, K. (1998): Melon ripeness maturity by a portable firmness tester. *Transactions of the ASAE*, vol. 41(1) 121-127. p.
- SZENTPÉTERI, K. (1999): Az étkezési paprika Magyarországon és az Európai Únióban. *Hűtőipar*, 1999/1. 7-10. p.
- SZENTPÉTERI, K., BUZÁS, G. (1999): Az étkezési paprika Magyarországon és az Európai Únióban; *Hűtőipar*, 1999/1., 7-10. p.
- TIJSKENS, L.M.M., OTMA, E.C. VAN KOOTEN, O. (1994): Photosystem II quantum yield as a measure of radical scavengers in chilling injury in cucumber fruits and bell peppers. *Planta*, 194: 478-486. p.
- TIJSKENS, P. (2004): Discovering the Future: Modelling Quality Matters. PhD Thesis of Wageningen University, ISBN 90-8504-017-5.
- TOMPOS, D., ISTECLA, S., IGNÁT, T. (2003): Assessment of fruit firmness of pepper using non-destructive physical measurements in response to different growing and pruning technologies. *International Journal of Horticultural Science*, vol. 9, 1:59-62. p.
- VAN KOOTEN, O., SNEL, J.H.F. (1990): The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynth. Research*, 25: 147-150. p.

- VAN LINDEN, V., VEREYCKEN, R., BRAVO, C., RAMON, H. AND DE BAERDEMAEKER, J. (2003): Detection technique for tomato bruise damage by thermal imaging. *In: Proceedings of the International Conference Postharvest Unlimited, Acta Hort. (ISHS)* 599:389-394. p.
- VARITH, J., HYDE, G.M., BARITELLE, A.L., FELLMAN, J.K., SATTABONGKOT, T. (2001): Thermal image bruise detection. *ASAE Annual International Meeting Presentation*, paper no. 01-6031, 1-9. p.
- VARITH, J., HYDE, G.M., FELLMAN, J.K. (2003a): Thermal Properties and Thermal Image Bruise Detection in Apples. *In: Proceedings of the International Conference Postharvest Unlimited ISHS Acta Horticulturae*, 599:231-235. p.
- VARITH, J., HYDE, G.M., BARITELLE, A.L., FELLMAN, J.K., SATTABONGKOT, T. (2003b): Non-contact bruise detection in apples by thermal imaging. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4 (2003), 211-218. p.
- VERAVERBEKE, E.A., VERBOVEN, P., LAMMERTYN, J., CRONJE, P., DE BAERDEMAEKER, J., NICOLAI, B.M. (2003): Thermographic surface quality evaluation of apple. *ASAE-meeting Presentation 27-30 July 2003, USA*, Paper No. 036207.
- VERAVERBEKE, E.A., VERBOVEN, P., LAMMERTYN, J., CRONJE, P., DE BAERDEMAEKER, J., NICOLAI, B.M. (2006): Thermographic surface quality evaluation of apple. *Journal of Food Engineering*, 77, 162-168. p.
- VON WILLERT, D.J., MATTYSEK, R., HERPPICH, W.B. (1995): Experimentelle Pflanzenökologie – Grundlagen und Anwendungen. Stuttgart: Georg Thieme Verlag. 207-234. p.
- WANG, C.Y. (ed.) (1990): Chilling injury of horticultural crops, CRC Press, Boca Ranton, Florida.
- WANG, C.Y. (1977): Effect of CO₂ treatment on storage and shelf life of sweet peppers. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(6):808-812. p.
- WANG, C.Y., BAKER, J.E. (1979): Effects of two free radical scavengers and intermittent warming on chilling injury and polar lipid composition of cucumber and sweet pepper fruits. *Plant Cell Physiology*. 20:243-251. p.
- WEICHMANN, J.(ed.) (1987) Postharvest physiology of vegetables. Marcel Dekker Inc., New York.
- WEISZ., P.R., RANDALL, H.C., SINCLAIR, T.R. (1989): Water Relations of Turgor Recovery and Restiffening of Wilted Cabbage Leaves in the Absence of Water Uptake. *Plant Physiology*, 91, 433-439. p.
- WILLS, R., MCGLASSON, B., GRAHAM, D., JOYCE, D. (eds.) (1998): Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, USA.
- WOOLF, A. B., W. A. LAING (1996): Avocado Fruit Skin Fluorescence following Hot Water Treatments and Pretreatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121(1):147-151. p.
- XU, H., YING, Y. (2003): Detection citrus in a tree canopy using infrared thermal imaging. *Proceedings of SPIE*, Bellingham, WA: SPIE No. 5271B, 321-327. p..
- YAMAMOTO, H., IWAMOTO, M., HAGINUMA, S. (1980): Acoustic impulse response method for measuring natural frequency of intact fruits and preliminary applications to internal quality evaluation of apples and watermelons. *J. Texture Stud.*, 11, 117–136. p.
- ZATYKÓ, L. (szerk.) (1993): Paprika. Mezőgazda Kiadó, Budapest.

8.2. MELLÉKLET



Forrás: www.pbi-dansensor.com

1. ábra. PBI Dansensor Combi-Check 9800-1 gázelemző.

1. táblázat: Áttekintő táblázat az elvégzett vizsgálatokról, a vizsgált fajtákról és a kezelésekről.

Fajta, érettségi fok (1-8)	Időtartam	Hőmérséklet	Csomagolás	Minta	Gázösszetétel	Vizsgálatok
Hó (1), HRF (1)	21 nap, 1-1 hét polcontartás	4 °C, 7 °C, 10°C	Csomagolás nélkül	72 db/fajta, hőm. 8-8 db/tálca 9-9 tálca/fajta	Normál	Tömegvesztés (%) fiziológiai és mikrobiológiai változások, romlási tünetek vizuális azonosítása (%), hidegkárosodási hőmérsékletkülöbség meghatározása, fajtakiválasztás
Hó (1), HRF (1)	27 nap	4 °C, 7 °C, 10°C	LDPE, csomagolás nélkül	45 db/fajta és hőm. 3-3 db/csomag 15 csomag/fajta és hőm.		
Hó (1)	35 nap	7 °C	LDPE, PP, csomagolás nélkül	8-10 db/csomag 6 csomag/csomagolóanyag	Normál MAP (1,5 % CO ₂ és 4,5 % O ₂ -N ₂ keverék)	Piacképes hányad (%) gázösszetétel meghatározása, érzékszervi bírálatok, romlási tünetek (%)
Hó (éretlen) Hó (1) Hó (3-4)	32 nap	7 °C	LDPE, csomagolás nélkül	15 db paprika/kezelés és érettségi fok, 3 mérés/paprika	Normál	Roncsolásmentes állományvizsgálat (SMS)
Hó (1)	21 nap	7 °C	PP, PA+PE, csomagolás nélkül	15db/kezelés, 3 mérés/paprika	Normál (passzív MAP)	Gázösszetétel Roncsolásmentes állományvizsgálat (SMS)
Hó (1) Kárpia (8)	21 nap (DAAD-Budapest)	10 °C, 20 °C	LDPE, csomagolás nélkül	4-4db/csomag, fajta, hőmérséklet 160 db/fajta, 40db/kezelés és fajta, 3db mérés/paprika	Normál	Roncsolásmentes állományvizsgálat (SMS), impakt ütésvizsgálat, Magness-Taylor állománymérés, színmérés

Fajta, érettségi fok (1-8)	Időtartam	Hőmérséklet	Csomagolás	Minta	Gázösszetétel	Vizsgálatok
Hó (1) Kárpia (8)	28 nap (DAAD-Potsdam)	10 °C, 20 °C	LDPE, csomagolás nélkül	3-3db/csomag, fajta, hőmérséklet 108 db/fajta, 27db/kezelés és fajta, 2db mérés/paprika	Normál	Roncsolásmentes állományvizsgálat (Zwicki), Magness- Taylor roncsolásos állománymérés, Vízpotenciálok meghatározása, színmérés
Kárpia (2-3)	7 nap (COST 924 Potsdam)	10 °C, 20 °C	LDPE, csomagolás nélkül	13 db csomagolás nélkül / hőm. 15 db LDPE/hőm.	Normál	Akusztikus állománymérés Klorofill- fluoreszcencia, digitális képelemzés
Hó (1,3,5,6, 7, 8)	Friss állapotban és 14 nap	20 °C	LDPE	5db/érettségi fok, 15 minta/paprika	Normál	Ionkiáramlás ICP, színmérés
Hó (1, 2-3) Kárpia (1, 3-4)	Friss állapotban és max. 3 hét	2 °C, 7 °C, 20 °C	csomagolás nélkül, LDPE	15-15db/fajta, 4-5 db paprika (kb. 0,5 kg) mérés, 3 ismétlés. min. 5 db/fajta, hőm.	Normál	Légzésintenzitás- mérés „nyitott” és „zárt” rendszerben
Hó (1) Kárpia (8)	51 nap	7 °C és 20°C	csomagolás nélkül	150 db/fajta, kezelés 30-30 db/fajta, kezelés (állományvizsgálat)	21 % O ₂ + 0,03 % CO ₂ (kontrol), 1,0- 1,5 % O ₂ + 0- 1%CO ₂ , 1,0-1,5 % O ₂ + 2,5-3,0 % CO ₂ , 3 % O ₂ + 1,0- 1,5 % CO ₂ , a tárolási időtartam 40. napjáig 3 % O ₂ + 4-5 % CO ₂ .	Akusztikus, impakt állománymérés, légzésintenzitás- mérés, tömegvesztesség (%), piacképes hányad (%), szárazanyag- tartalom), pH.



A



B

Forrás: www.huto.uni-corvinus.hu

Fotó: Zsom T., 2005

2. ábra. A háztartási hűtőszekrényekben (A) elhelyezett, kb. 80 l, és a kb. 400 l térfogatú hűtővitrinekben (B) elhelyezett kb. 180 liter térfogatú plexi SzL-kamrák.



Forrás: www.huto.uni-corvinus.hu



Fotó: Zsom T., 2005

3. ábra. ICA-61 SzL-szabályozórendszer (A) és a N₂-ellátást biztosító N₂-generátor és N₂-tartály (B).

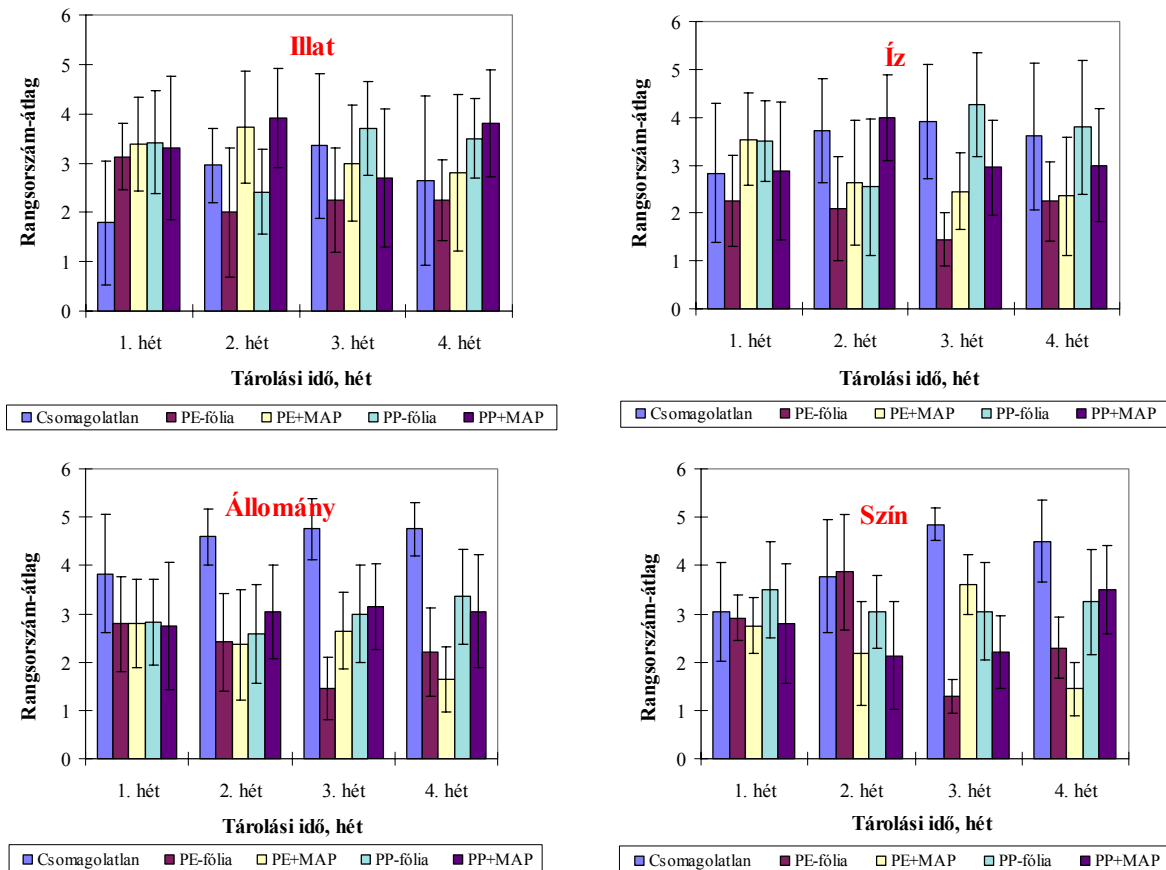


Forrás: www.huto.uni-corvinus.hu



Forrás: www.atb-potsdam.de

4. ábra. Zeiss klasszikus refraktométer (A) és az ATAGO PR-1 digitális refraktométer (B).



5. ábra. Érzékszervi jellemzők megítélésének változása a 7 °C-os hűtőtárolás során.

2. táblázat. A 7 °C-os tárolás harmadik hetét követően végzett érzékszervi bírálat során az ízre és állományra adott pontszámok alapján rangsorolt Hó paprikák kezeléseinek páronkénti összehasonlítása.

Íz, SZD_{95%}=0,7143	A	B	C	D	E
Csomagolatlan (A)	-	95%	95%		95%
PE-fólia (B)	2,45	-	95%	95%	95%
MAP+PE (C)	1,45	1	-	95%	
PP-fólia (D)	0,35	2,8	1,8	-	95%
MAP+PP (E)	0,95	1,5	0,5	1,3	-

Állomány, SZD_{95%}=0,6019	A	B	C	D	E
Csomagolatlan (A)	-	95%	95%	95%	95%
PE-fólia (B)	3,3	-	95%	95%	95%
MAP+PE (C)	2,1	1,2	-		
PP-fólia (D)	1,75	1,55	0,35	-	
MAP+PP (E)	1,6	1,7	0,5	0,15	-

A mátrix bal felében látható a két minta rangsorszám-átlaga közötti eltérés, a jobb térfélen pedig a két minta közötti szignifikáns eltérés valószínűségi szintje. Két minta között akkor szignifikáns az eltérés, ha a rangsorszám-átlagok közötti eltérés nagyobb, mint a számított SZD-érték.

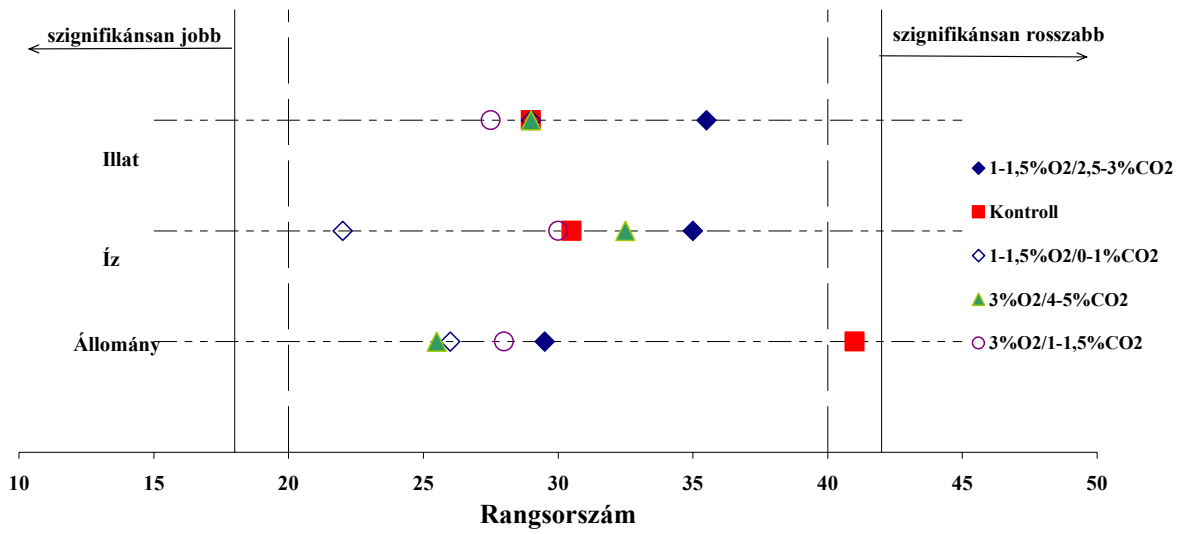
3. táblázat. A 7 °C-os tárolás negyedik hetét követően végzett érzékszervi bírálat során az állományra adott pontszámok alapján rangsorolt Hó paprikák kezeléseinek páronkénti összehasonlítása.

Állomány, SZD_{95%}=0,6622	A	B	C	D	E
Csomagolatlan (A)	-	95%	95%	95%	95%
PE-fólia (B)	2,55	-		95%	95%
MAP+PE (C)	3,1	0,55	-	95%	95%
PP-fólia (D)	1,4	1,15	1,7	-	
MAP+PP (E)	1,7	0,85	1,4	0,3	-

A mátrix bal felében látható a két minta rangsorszám-átlaga közötti eltérés, a jobb térfélen pedig a két minta közötti szignifikáns eltérés valószínűségi szintje. Két minta között akkor szignifikáns az eltérés, ha a rangsorszám-átlagok közötti eltérés nagyobb, mint a számított SZD-érték.

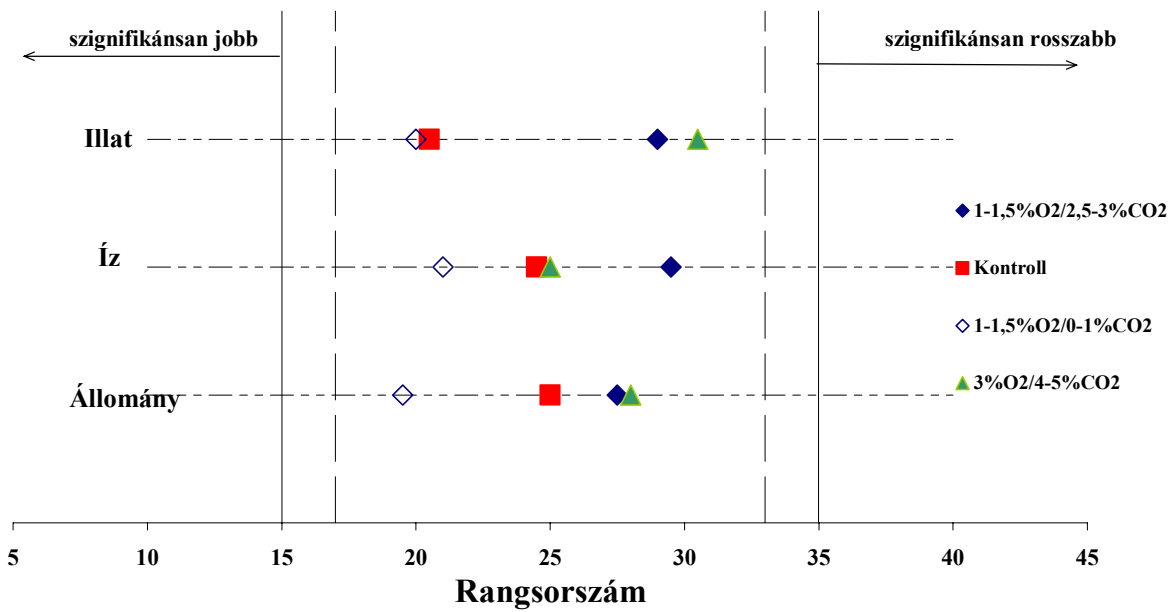
A

Hó, 4 hetes SzL-tárolás



B

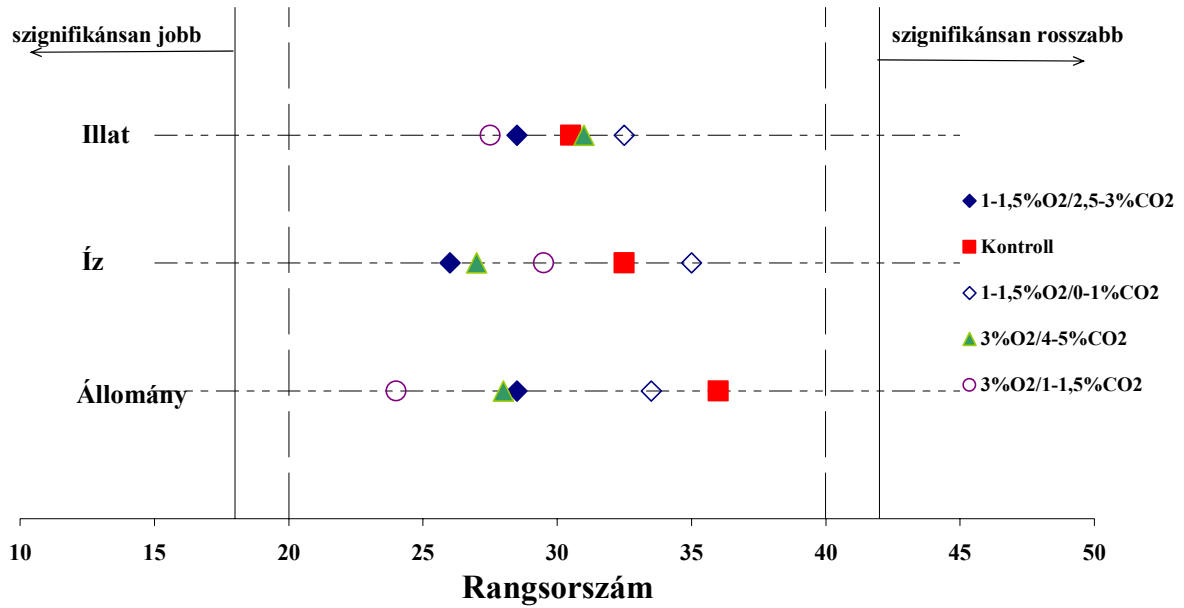
Hó, 7 hetes SzL-tárolás



6. ábra. Hó fajtájú paprika 4 hetes (A) és 7 hetes (B) szabályozott légtérű tárolását követő érzékszervi bírálatainak eredményei.

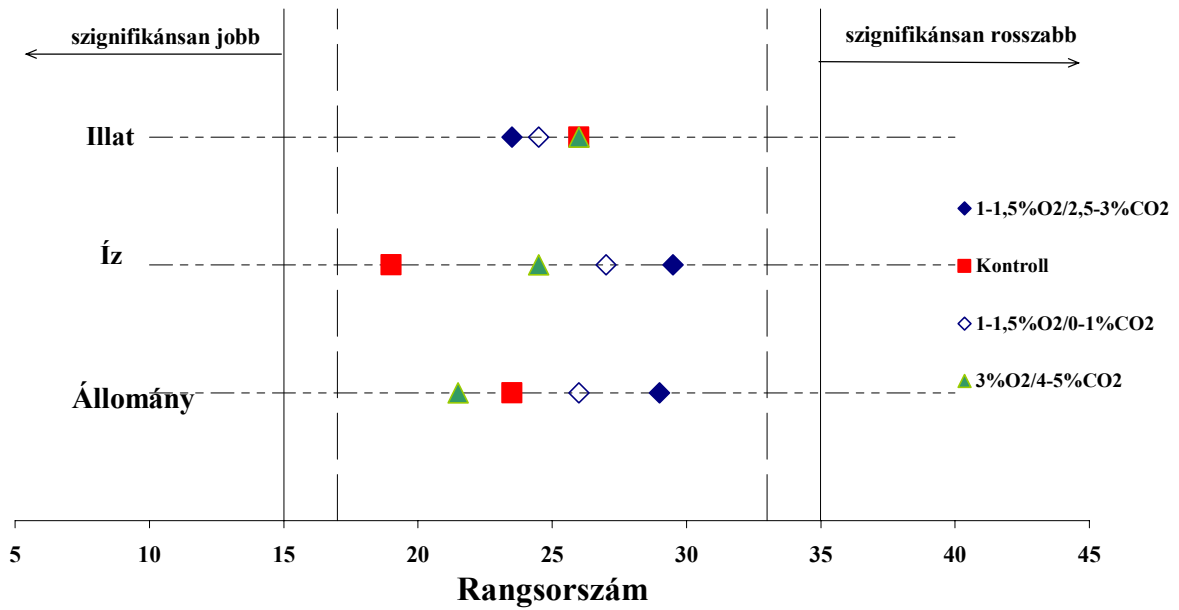
A

Kárpia, 4 hetes SzL-tárolás



B

Kárpia, 7 hetes tárolás



7. ábra. Kárpia fajtájú paprika 4 hetes (A) és 7 hetes (B) szabályozott légterű tárolását követő érzékszervi bírálatának eredményei.

4. táblázat. A fogyasztói érett Hó (1) és a Kárpia (8) minták beltartalmi jellemzőinek változása a 7 °C-on végzett 51 napos szabályozott légtérű tárolás végére.

Szárazanyagtartalom (g/100g)	1-1,5% O₂+ 0-1% CO₂		1-1,5% O₂+ 2,5-3% CO₂		21% O₂+ 0,03% CO₂		3% O₂+ 4-5% CO₂		3% O₂+ 1-1,5% CO₂	
Tárolási idő, nap	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia
0	5,56	9,67	5,56	9,67	5,56	9,67	5,56	9,67	5,56	9,67
14	6,89	9,81	6,7	9,82	5,86	9,58	6,09	10,17	6,08	9,30
27	6,82	9,52	6,84	9,98	6,39	9,65	6,54	9,46	6,74	8,92
41	5,83	10,02	5,81	10,06	5,82	9,87	5,89	9,33	5,45	9,90
51	5,98	9,45	5,94	10,14	5,88	9,88			5,85	10,61
Refrakció, %	1-1,5% O₂+ 0-1% CO₂		1-1,5% O₂+ 2,5-3% CO₂		21% O₂+ 0,03% CO₂		3% O₂+ 4-5% CO₂		3% O₂+ 1-1,5% CO₂	
Tárolási idő, nap	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia
0	4,5	8,5	4,5	8,5	4,5	8,5	4,5	8,5	4,5	8,5
14	5,3	8,37	5,23	8,93	5,17	8,9	5,47	8,43	5,4	8,9
27	5,37	9,33	5,63	9	5,23	8,3	5,5	8,87	5,5	8,67
41	5,33	9,13	5,5	9,03	4,93	9,03	5,33	9,07	4,63	9,43
51	5	8,4	5,23	9,1	5,13	8,7			4,87	9,03
pH	1-1,5% O₂+ 0-1% CO₂		1-1,5% O₂+ 2,5-3% CO₂		21% O₂+ 0,03% CO₂		3% O₂+ 4-5% CO₂		3% O₂+ 1-1,5% CO₂	
Tárolási idő, nap	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia	Hó	Kárpia
0	5,51	4,68	5,51	4,68	5,51	4,68	5,51	4,68	5,51	4,68
14	6,1	4,74	6,59	4,82	5,7	4,75	6,06	4,88	5,75	4,74
27	5,38	4,40	5,59	4,64	5,44	4,58	5,59	4,80	5,59	4,58
41	5,26	4,62	5,46	4,82	5,24	4,59	5,43	4,95	5,50	4,63
51	5,20	4,57	5,53	4,72	5,18	4,56			5,69	4,75

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Doktori értekezésem elkészítéséhez komoly és hozzáértő segítséget nyújtottak a következők, akiknek ezúton is szeretnék köszönetet mondani:

Konzulensem dr. Balla Csaba,
Opponenseim dr. Kovács Etelka és dr. Terbe István,

*a Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar
Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék munkatársai, köztük*

Csukáné Nemes Márta,
Dalmadi István,

*a Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Kar
Fizika-Automatika Tanszék munkatársai, köztük*

dr. Felföldi József,
dr. Fekete András,
dr. Baranyai László,

*a Department of Horticultural Engineering,
Institute of Agricultural Engineering (Potsdam, Németország) munkatársai, köztük*

dr. Werner B. Herppich,
dr. Manfred Linke,

*a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszékéről*

dr. Merész Péter,

feleségem Zsorné Muha Viktória és családom,

valamint köszönet illet mindenkit, aki segített doktori értekezésem elkészítésében !