



**Doktori értekezés tézisei**

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

**Zsom Tamás**

**Budapesti Corvinus Egyetem  
Élelmiszertudományi Kar  
Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék**

**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

## 1. BEVEZETÉS

Mostanában egyre fokozódó és egyre jelentősebb kereslet mutatkozik a kiváló minőségű és egyben a hosszabb eltarthatóságú friss kertészeti termékek, a friss zöldségek és gyümölcsök iránt mind a fogyasztók, mind a kereskedelem oldaláról. Ennek a fokozódó igénynek megfelelően a kertészeti termékek minőségének megőrzése és eltarthatósági idejének növelése tartozik a szedést, a betakarítást követő időszak legfontosabb technológiai feladatai közé.

A kertészeti termékek, a zöldségek és gyümölcsök bonyolult, összetett élő rendszerek. A belső és külső terméktulajdonságokra hatással lévő életfolyamataink a betakarítást, a szedést követően is tovább folytatódnak. A szedést követően a nem megfelelő tárolási körülmények (hőmérséklet, páratartalom, légösszetétel, csomagolási mód, stb.) melletti tárolás a kertészeti termékek gyors minőségromlásához és az eltarthatósági idejük gyors csökkenéséhez vezethet. Az adott termékre jellemző összetett tulajdonságot, a minőségnek nevezett termékjellemzőt termék külső és belső tulajdonsága, valamint még a termékről alkotott fogyasztói tapasztalatok preferenciák és elvárások együtt határozzák meg. A minőség precíz, gyors és megbízható meghatározásához tárgyyszerű, objektív és különösképpen roncsolásmentes módszerekre és mérőrendszerekre van szükség a gyors minőségváltozásra hajlamos kertészeti termékek esetében.

A zöldségek és gyümölcsök minőségének meghatározására számos roncsolásos és roncsolásmentes módszer áll rendelkezésre, azonban a termékek között tapasztalható jelentős méret-, alak-, belső felépítés-, szín- és állománybeli eltérések miatt ezek a módszerek nem használhatóak minden terméknél, nem univerzálisak. Így egy új termék esetében a már meglévő módszerek az adott célnak történő megfelelőségét mindig ellenőrizni kell, illetve egy új módszer alkalmazhatóságát mindig meg kell vizsgálni.

Az étkezési paprika (*Capsicum annum* L.) a világ legismertebb és leginkább elterjedt zöldségei közé tartozik. A „hungarikum” termékek közé tartozó, a magyar táplálkozásban, a magyar élelmiszerek között speciális szerepet betöltő paprikából a bel-, illetve külföldi piacokon az értékesített és elfogyasztott mennyiség évente kb. 200.000 tonnára tehető. Melegégővi, újvilági eredetéből fakadóan a paprikanövény meleg-, fény- és vízigényes növény, így a termése, a paprikabogyó is érzékeny a szedést követő tárolási, forgalmazási és értékesítési körülményekre. A paprika speciális, egyedi belső szerkezetű termése, a vékony és viaszos hélyű „felfűjt”, üreges bogyó, fajtától függően eltérő vastagságú hússal, eltérő alakkal, mérettel, színnel, magas víztartalommal, továbbá a magok nem a bogyó közepén

találhatóak, stb.. Köszönhetően e különleges termékjellemzőknek, a paprika viszonylag gyors és kedvezőtlen minőségcsökkenésre hajlamos a szedést követően a nem megfelelően megválasztott tárolási körülmények mellett. Ilyenkor a paprikabogyó gyorsan elveszti szedéskori, tapintásra feszes és kemény állományát, foltos utószíneződés következhet be stb., ami a minőség és az eltarthatósági idő gyors csökkenéséhez vezet. A fogyasztói megítélést és a piaci értéket jelentősen befolyásoló minőségváltozás objektív meghatározása nagyon nehéz, illetve szinte lehetetlen a jelenleg alkalmazott hagyományos vizsgálati módszerekkel, illetve a rendelkezésre álló kvázi-objektív szabványok és szabályozások segítségével. A paprika minőségének meghatározásával kapcsolatban felmerülő problémák közül néhány a következő. A paprika szedési érettségét és így a szedéskori minőségét a gyakorlott termelő döntően a saját szubjektív és korábbi termelési tapasztalata, az állomány, a keménység, a fajtára jellemző méret, alak és szín, stb. alapján határozza meg. A paprika állományának és keménységének meghatározása nehézségekbe ütközik, mivel a mérés nehezen kivitelezhető a speciális bogyófelépítés miatt. Az érettségi állapot és a bogyó frissessége-keménysége döntően szubjektív, objektíven igen nehezen meghatározható jellemzők, valamint a méret, az alak és a szín pedig fajtánként, fajtacsoportonként változik. A közeljövőben, a kereskedelemben a jelenleg alkalmazott mennyiségi áruátvétel mellett, illetve helyett a minőség alapú átvételnek kell előtérbe kerülnie. Ezen célok elérése érdekében, az étkezési paprikánál pedig különösen, az objektív érettségi állapot-, keménység-, állomány- és színmeghatározási módszerekre, valamint a paprika szedést követő élettani folyamatban bekövetkező változások pontos ismeretére van szükség a minőség objektív meghatározásához.

## **2. CÉLKITŰZÉSEK**

Az előbbieken röviden vázolt, a paprika szedést követő minőségváltozásával kapcsolatos nehézségek és problémák, valamint az objektív minőségmeghatározás iránti igény alapján a doktori cselekményem célkitűzései közé tartozott a paprika szedést követő minőségváltozásának vizsgálata és meghatározása, illetve az erre alkalmas objektív minőségvizsgálati módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata. A főbb célkitűzéseimet az alábbiakban foglaltam össze:

- \* különböző paprikafajták eltérő tárolási hőmérsékletekkel szemben tanúsított viselkedésének vizsgálata, tekintettel az eltérő tárolási hőmérsékletek által 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 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,
- \* a paprika minőségét és a szedést követő minőségváltozását leíró, elsősorban roncsolásmentes objektív módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata,
- \* az érettségi állapot meghatározására alkalmas módszerek alkalmazhatóságának vizsgálata (membránpermeabilitás -, szín- és klorofil-fluoreszcenciamérés,
- \* a paprika szedést követő élettevékenységének vizsgálata légzésintenzitás alapján, tekintettel az azt befolyásoló külső és belső 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.

### **3. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK**

Kísérleteim során a fogyasztók körében jól ismert és népszerű Hó és HRF fehérpaprika fajtákat, valamint az egyre kedveltebbé váló piros Kárpia fajtát vizsgáltam tekintettel a fajtára, az érettségi állapotra (1 és 8 közötti színskála alapján), a csomagolási módra (LDPE, PP, PE+PA és csomagolás nélkül), a páratartalomra, a tárolási hőmérsékletre (4 °C, 7 °C, 10 °C és 20-22 °C), valamint a tárolótér légösszetételére (légköri gázösszetétel, MAP, SZL). Szedésre és fogyasztásra érett, sérülésmentes állapotban, tapintásra kemény, viaszos-fényes felületű bogyók kerültek szedésre és felhasználásra fajttól függő színben (Hó - sárgásfehér, Kárpia – zöld, zöldespiros, piros) a termelői szedési gyakorlatnak megfelelően.

A következő vizsgálati módszereket használtam és az alábbi kísérleteket végeztem el a kísérletes munkám során.

A Hó és HRF fajták szedést követő fajtafüggő viselkedésének leírására és a fiziológiai változások, valamint az eltarthatóság jellemzésére eltérő tárolási körülmények mellett (4 °C, 7 °C, 10 °C és 20-22 °C, légköri gázösszetétel és MAP) tárolási kísérleteket végeztem el az optimális tárolási körülmények meghatározása érdekében a Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi Karának (BCE-ÉTK) Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén.

A Hó és HRF fajták szedést követő keménység- és állományváltozásának meghatározására számítógépvezérelt asztali penetrométereket használtam (SMS-TA-XT2i és Texture Expert for Windows – Fizika-Automatika Tanszék, BCE-ÉTK, Zwicky 1120 és testXpert® - Agrartechnik Bornim e.V., Potsdam [ATB-Potsdam], Németország). Ennek keretében a paprikahúsból kivágott mintákon a klasszikus roncsolásos Magness-Taylor húskeménység meghatározására, valamint az egész paprikák esetében roncsolásmentes állományvizsgálatra került sor mindkét esetben a 11 mm átmérőjű Magness-Taylor mérőfejjel. A BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén egész paprikák roncsolásmentes állományvizsgálatára került sor az akusztikus, illetve az ütésvizsgálati keménységmérési módszerek segítségével.

A szedést követő minőségváltozással, az érettségi állapottal összefüggésben álló felületi színváltozások meghatározására optikai vizsgálati módszereket használtam. A paprika flületi színének meghatározására Minolta CR-200 és CM-2600d színmérő berendezéseket használtam a BCE-ÉTK Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén, illetve a németországi ATB-Potsdam kutatóintézetben. A digitális képelemzés módszerével az egész paprikákról készült digitális képfelvételek kerültek elemzésre a BCE-ÉTK Fizika-Automatika Tanszékén kifejlesztett SPOTS program segítségével a felületi színesedés mértékét jellemző piros/zöld arány meghatározására. Klorofil-fluoreszcencia vizsgálatokat végeztem el a németországi ATB-Potsdam kutatóintézetben a FluorCAM 690MF berendezés és a FluorCAM for Windows program segítségével, a színváltozással összefüggésben álló fotoszintetikusan aktív klorofiltartalomban bekövetkező változások meghatározására. A paprikatestre és kocsányra vonatkozóan meghatároztam a paprikaminták transpirációs jellemzőit (transpirációs sebesség és -ellenállás) egy a németországi ATB-Potsdam kutatóintézetben megtalálható infravörös hőképelemző rendszerrel (VarioScan 2011 IR-hőkamera és InfraTec IRBIS® hőképelemző szoftver) készített hőfelvételek alapján.

A paprikafajták szedést követő élettevékenységének jellemzésére a paprika légzésintenzitását, valamint légzési jellemzőit határoztam meg tekintettel a hőmérsékletre, a tárolási időre, a páratartalomra, az érettségi állapotra, a felületi sérülésekre, valamint a tárolási légösszetételre (normál légköri, SZL). E vizsgálatokhoz két, egyedi kialakítású légzésmérő berendezést használtam a BCE-ÉTK Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszéken. A PLC-vezérelt, folyamatos üzemű átáramlásos elven működő berendezés egy Advanced Optima IR-CO<sub>2</sub>-érzékelőkkel ellátott ún. „nyitott respirométer” volt, míg az ún. „zárt” rendszerű légzésmérő berendezés Ahlborn típusú nagy érzékenységgű IR-CO<sub>2</sub>-érzékelőket tartalmazó

berendezés volt. Mindkét esetben a CO<sub>2</sub>-érzékelők működésének alapja a CO<sub>2</sub> koncentrációfüggő infravörös fényelnyelése.

A paprika szedést követő minőségváltozásának meghatározására roncsolásos módszereket is használtam. Az 1-8 közötti érettségi színskála szerinti besorolású friss és tárolt paprikaminták ionkiáramlással jellemezhető membránpermeabilitása is meghatározásra került. A paprikák húsából kivágott korongok izotóniás mannitoldatban végzett elektromos vezetőképesség-változásának mérésére egy számítógépvezérelt LABVIG OE-420 elektromos vezetőképességmérő berendezést használtam a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Bokémia és Élelmiszertechnológia Tanszékén.

A friss és tárolt paprikaminták vízállapot jellemzőiben (nyomáa-, ozmotikus- és vízpotenciál) bekövetkező változásokat határoztam meg a németországi ATB-Potsdam kutatóintézetben megtalálható számítógépvezérelt WESCOR HR-33T nikrovoltmérőből és C-52 harmatponti higrométerkamrákból álló mérőrendszerrel. Ezen felül, meghatároztam a paprikaminták vízzeloldható szárazanyagtartalmát is a Zeiss-féle optikai, valamint az ATAGO PR-1 digitális refraktométerrel a mintákból kiperéselt és tükrösre szűrt léből.

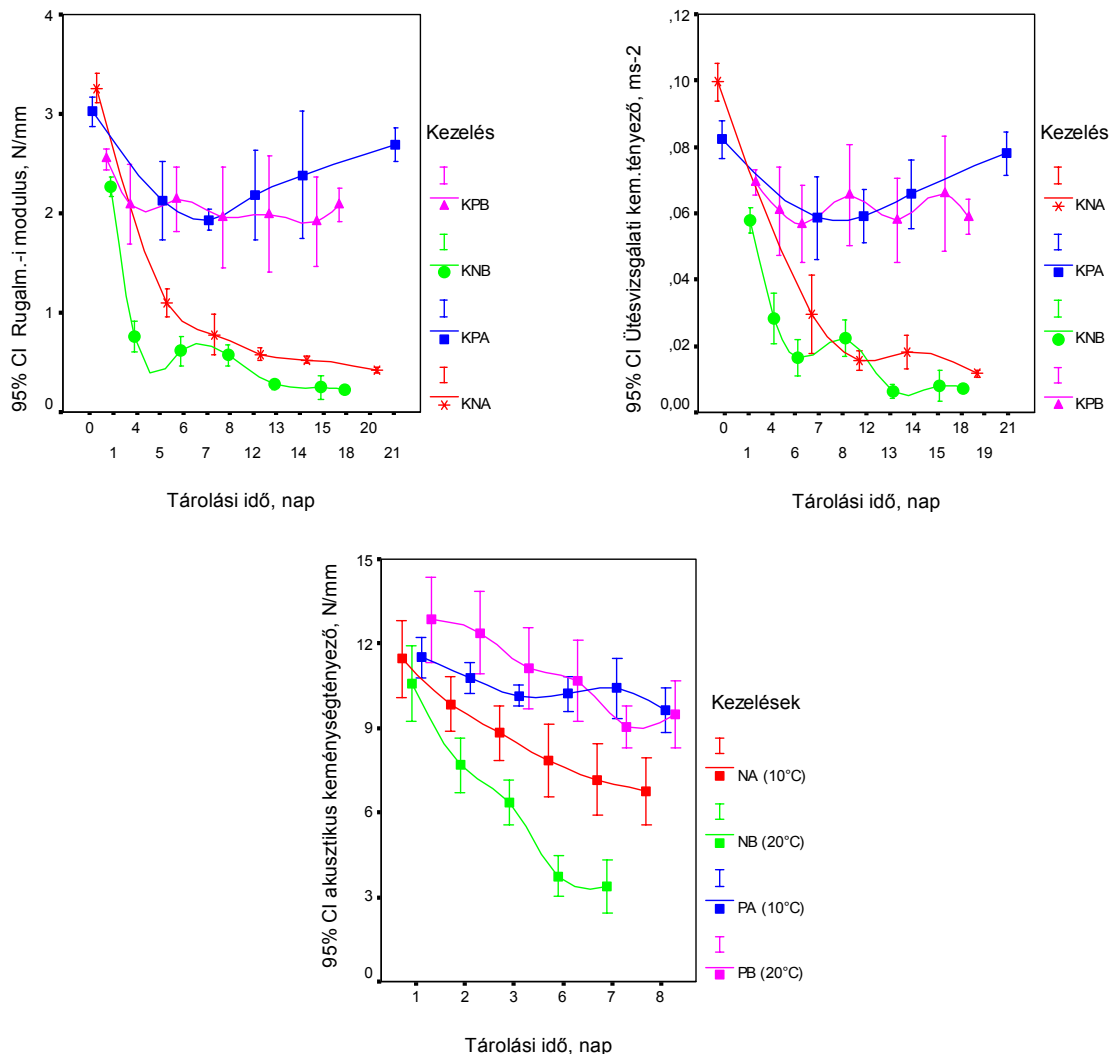
A mérési adataim feldolgozására az MS-Excel programmal került sor, míg az adatok statisztikai kiértékelését a Statgraphics ver. 5.0 és a SPSS ver. 11 statisztikai programokkal végeztem el 95 %-os megbízhatósági szinten.

#### **4. EREDMÉNYEK**

A szedést követő minőségváltozás mértékét befolyásoló belső- (pld. fajta, érettségi állapot) és külső tényezők (hőmérséklet, páratartalom-csomagolás, tárolási idő, stb.) hatásának vizsgálata során a vizsgált Hó és HRF fajták hidegérzékenynek bizonyultak a 7 °C-nál alacsonyabb tárolási hőmérsékletekkel szemben. A szedést követő minőségmegőrzés érdekében a javasolt optimális tárolási körülmények a 7-8 °C-nál nem alacsonyabb tárolási hőmérséklet és a stabil, állandó 90-95 % körüli, pld. LDPE-csomagolás alkalmazásával biztosítható relatív páratartalom. Ilyen körülmények mellett tárolva a paprika eltarthatósági ideje kb. 2-3 hét, valamint a 7-8 °C-nál nem alacsonyabb hőmérsékleten történt tárolást követően az értékesíthetőségi idő kb. 5-7 nap.

A paprika egyik legjellemzőbb minőségi paramétere, a paprikabogyó keménysége több állományvizsgálati módszerrel is meghatározásra került. Metodikai vizsgálatokkal bebizonyítottam, hogy a paprikabogyó szedést követő keménység- és minőség változása (fonnyadás és ráncosodás) nem mérhető, valamint nem jellemezhető objektíven a roncsolásos Magness-Taylor féle hús-keménység-méréssel. Ezzel ellentétben, a paprikabogyó keménysége

és minősége a roncsolásmentes állományméréssel, az akusztikus- és az impakt ütésvizsgálati keménységméréssel meghatározott rugalmassági modulussal (E), az akusztikus- (S) és az impakt keménységtényezővel (D) objektíven jellemezhető (1. ábra).



1. ábra. A 10 °C (A) és 20 °C-on (B) tárolt LDPE-csomagolt (P) és csomagolatlan (N) Kárpia paprikák rugalmassági modulusának (E, N/mm), akusztikus keménységtényezőjének (s, N/mm), és dinamikus ütésvizsgálati keménységtényezőjének (D, m/s<sup>2</sup>) tárolás alatti változása.

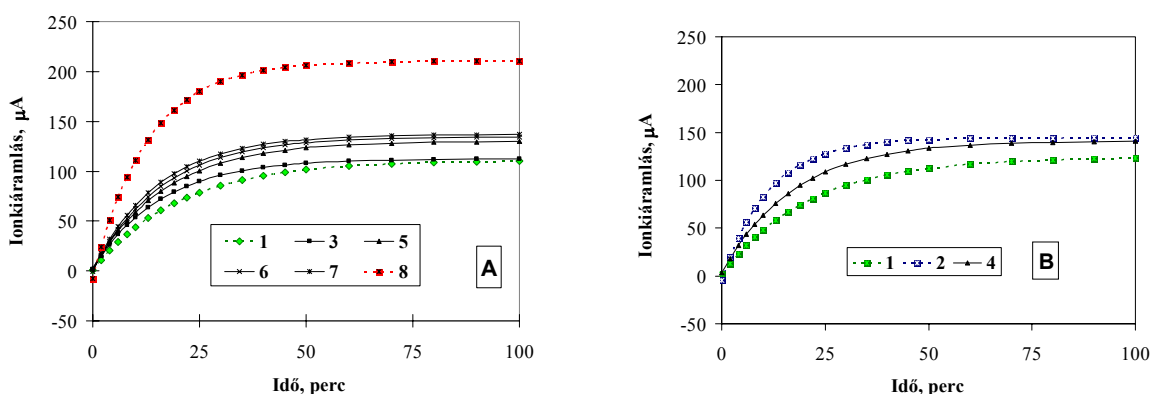
A paprikabogyó keménységének és minőségének meghatározása érdekében egy szakértői döntéstámogató rendszer alapjaként meghatároztam az objektív roncsolásmentes állomány (keménység) jellemzők (E, S, D) és a tapasztalati úton megállapított paprikakeményesség közötti kapcsolatot, amely alapját képezheti az objektív paprikakeményességi kategóriák és így az objektív paprikaminőség megállapításának.



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

		Rugalmassági modulus (E, N/mm)		Impakt keménységtényező (D, 1/ms <sup>2</sup> )		Akusztikus keménységtényező (S, N/mm)
A paprikabogyó megítélése	Pont	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

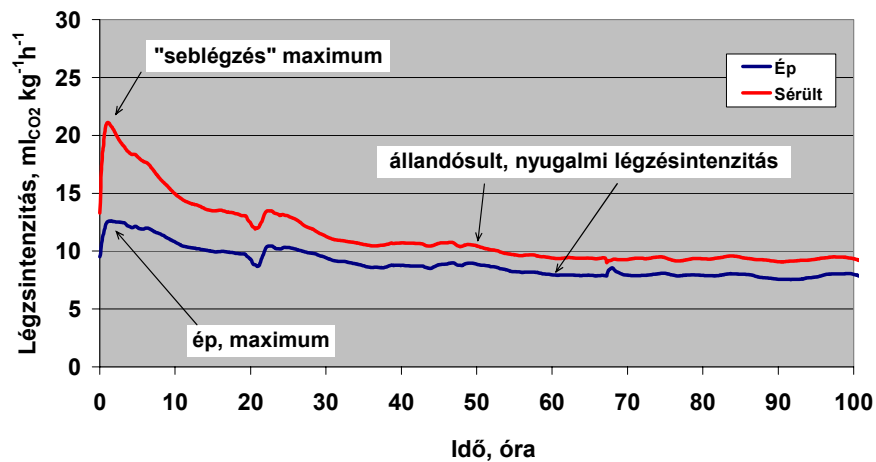
Az izotóniás oldatban egyensúlyi állapot eléréséig végzett elektromos vezetőképesség mérésrel meghatározott, az ionkiáramlást leíró telítődési függvény paramétereivel (maximális ionkiáramlás, ionkiáramlási sebesség) jellemezhető a friss és a tárolt paprika membránpermeabilitása. Az ionkiáramlási sebesség 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 (2. ábra).



2. ábra. Hat különböző érettségi állapotban (1, 3, 5, 6, 7, 8) frissen szedett Hó paprikaminták átlagos ionkiáramlása (A) és a szedést követően szobahőmérsékleten utóérett, az 1, 2 és 4 érettségi állapotú minták átlagos ionkiáramlása (B).

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- és fiziológiai állapot-, fajta- és hőmérsékletfüggő, 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, s az

állandósult nyugalmi állapotban tapasztalt légzésintenzitás magasabb az ép, friss állapotban mérthez képest (3. ábra).

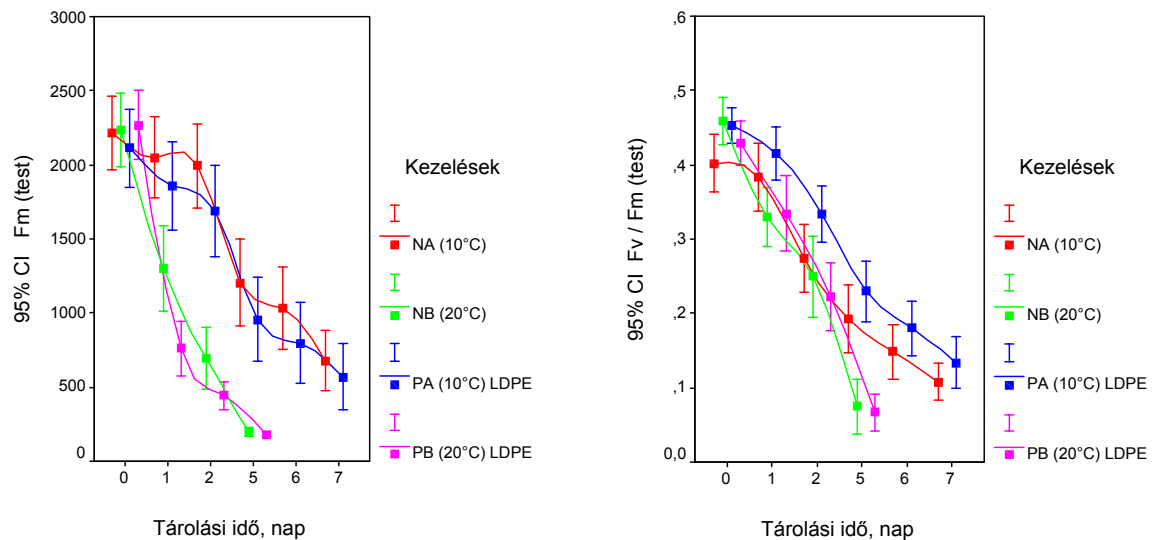


3. ábra. A fogyasztói érett (1) Hó paprika szobahőmérsékleten mért légzésintenzitásának jellegzetes lefutása ép és enyhe mechanikai sérülést szenvedett minták esetében.

Az alacsony  $\text{O}_2$ -, illetve a magas  $\text{CO}_2$ -koncentráció mellett végzett SZL-tárolásnál, az egyes kitárolásokat 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 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. Az irodalmi adatokkal ellentétben a mért klorofil-fluoreszcencia jellemzők közül a maximális fotokémiai hatékonyságnál ( $F_v/F_m$  arány) a változó fluoreszcencia ( $F_v$ ) és a maximális ( $F_m$ ) külön-külön érzékenyebben jellemezte a paprika érettségi állapotában bekövetkező változást (4. ábra).



4. 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.

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 vízpárolgás következtében hőmérsékletkülönbség mérhető mind a paprikatest, mind a kocsány esetében. A paprikatest és a kocsány párologtatása eltérő mértékű. Friss és fonyadt 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 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.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

- Megállapítottam, hogy a vizsgált fehér húsú 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 Hó és HRF fajtáknál a 7-8 °C feletti tárolási hőmérséklet és az állandó és pld. az LDPE-csomagolás alkalmazásával biztosítható stabil 90-95 %

közötti relatív páratartalom biztosítása a minőségmegőrzés feltétele. A maximális tárolhatósági idő a kedvező hőmérséklet és páratartalom mellett legfeljebb 2-3 hét, valamint 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 húskeménységmérés nem alkalmas az étkezési paprika minőségváltozásának megbízható mérésére és jellemzésére. 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.

- A friss és a tárolt paprika membránpermeabilitása az izotóniás oldatban egyensúlyi állapot eléréséig végzett elektromos vezetőképesség méréssel meghatározott, az ionkiáramlást leíró telítődési függvény paramétereivel (maximális ionkiáramlás, ionkiáramlási sebesség) jellemezhető. 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 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 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 és az állandósult nyugalmi állapotban tapasztalt légzésintenzitás magasabb az ép, friss állapotban mérthez képest.

Az alacsony O<sub>2</sub>-, illetve a magas CO<sub>2</sub>-koncentráció mellett végzett SZL-tárolásnál, az egyes kitárolásokat 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, azonban a színátmenet a felületen inhomogén eloszlású. A színeződés a gyors és egyszerű tristimulusos színméréssel, 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 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 klorofil-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. A paprikatest és a –kocsány felületi vízpárolgatója különböző volt mind a friss mind a tárolt minták esetében. Friss állapotban a paprikatest transzpirációja 2,5-3-szor nagyobbak bizonyult a kocsány transzpirációjánál (test:  $2,5-3 \text{ mg}_{\text{vöz}} \text{ cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ , kocsány  $0,5-1,2 \text{ mg}_{\text{vöz}} \text{ cm}^{-2}\text{h}^{-1}$ ).

- Hó és Kárpia paprikafajták  $7^{\circ}\text{C}$ -os hőmérsékleten végzett különböző  $\text{O}_2$  és  $\text{CO}_2$  koncentrációk melletti, az ultra alacsony oxigénkoncentráció (ULO) körülményeit is biztosító szabályozott légterű tárolás eredményei alapján az 1-1,5 %  $\text{O}_2$  és a 0-1 %  $\text{CO}_2$  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.

## 5. 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  $7^{\circ}\text{C}$ -nál alacsonyabb tárolási hőmérséklet mellett. Meghatározásra kerültek a paprika esetében javasolható optimális tárolási körülmények. A szedéskori minőség megőrzése, valamint az eltarthatósági idő meghosszabbítása érdekében javaslok a  $7-8^{\circ}\text{C}$ -nál nem alacsonyabb tárolási hőmérséklet, valamint magas környezeti páratartalom pld. LDPE-csomagolás általi biztosítását.

A roncsolásmentes penetrométeres állománymérés, az akusztikus és az impakt ütészvizsgálati 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 színméréssel, 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 módszerek 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.

## 6. A DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

### *Impakt faktoros folyóiratcikk (teljes)*

**T. Zsom**, W.B. Herppich, Cs. Balla, A. Fekete, J. Felföldi, M. Linke. Study of water transpiration features of sweet pepper using a thermal imaging system and non-destructive quality monitoring during post-harvest storage. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry vol. 82 (2005), p. 239-243.(IF = 1,430)

### *Nem impakt faktoros, lektorált idegen nyelvű folyóiratcikk (teljes)*

**T. Zsom**, Cs. Balla, P. Merész (2003): Changes in the membrane permeability of Hungarian-type sweet pepper during maturation. Proceedings of the International Conference Postharvest Unlimited, Acta Horticulturae No.599, p. 513-518.

Zsom-Muha Viktória, **Tamás Zsom**, József Felföldi (2007): In-vivo measurement of tomato firmness. Acta Horticulturae (publiment is in progress).

**Zsom Tamás**, Muha Viktória Werner B. Herppich, Balla Csaba (2005). Paprika pulton tarthatóságának meghosszabbítása (Prolongation of shelf-life of paprika). Kertgazdaság, 2005. 37. évfolyam 1. 101-104.

Muha Viktória, **Zsom Tamás**, Werner B. Herppich, Balla Csaba (2005). Étkezési paprika (*Capsicum annuum* cv. Kárpia) postharvest időszak alatti minőségváltozásának vizsgálata roncsolásmentes állománymérési módszerekkel. Hajtatás Korai Termesztés XXXVI. évf./2., 2005, 22-26.

### *Nemzetközi konferencia (teljes)*

**T. Zsom**, Cs. Balla (2002): Examination of post-harvest factors influencing the texture of Hungarian type sweet pepper during storage. Proceedings of The 5th International Conference on Food Physics, Brno, Czech Republic, May 30 - June 1, 2002, p.138-142.

**Zsom Tamás**, Balla Csaba (2000): Külső tényezők hatása az étkezési fehérpaprika hűtőtárolás alatti minőségváltozására, MÉTE XIII. Országos Tudományos Diákköri Konferenciája előadásainak tartalmi kivonatai, 328-331.

### ***Konferencia összefoglalók***

- T. Zsom, A. Szepes, W. B. Herppich, Cs. Balla (2003):** Quality determination of sweet pepper by non-destructive methods during post-harvest storage (Étkezési paprika post-harvest időszak alatti minőségváltozásának vizsgálata). Abstracts of the 16th “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Scientific Conference, Budapest, Hungary, November 6 - 7, 2003, p. 92-93.
- T. Zsom, V. Muha, Cs. Balla, J. Felföldi, W. B. Herppich (2005):** Evaluation of local transpiration features and acoustic stiffness of sweet pepper during post-harvest storage (Étkezési paprika transpirációs jellemzőinek és állományának meghatározása). Abstracts of the 17th “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Scientific Conference, Budapest, Hungary, October 19-20, 2005, p. 112-113.
- T. Zsom, V. Muha, J. Felföldi, Cs. Balla (2005):** Classification of apricots in different maturity stages by non-destructive methods (Kajsziparack érettségi állapot alapján történő osztályozása roncsolásmentes módszerekkel). Abstracts of the 17th “Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Scientific Conference, Budapest, Hungary, October 19-20, 2005, p. 282-283.
- T. Zsom, Cs. Balla, P. Merész (2002):** Change of membrane permeability of Hungarian type sweet pepper during maturation. Postharvest Unlimited – Book of Abstracts, Poster Presentation PH5 June 11-14, 2002, Leuven, Belgium
- T. Zsom, A. Szepes, W. B. Herppich, Cs. Balla (2003):** Technical adaptation of quality monitoring methods of sweet pepper. Book of Abstracts of The 1st International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, Prague, Czech Republic, November 5 - 7, 2003, pp. 97.
- T. Zsom, W.B. Herppich, M. Geyer, B. Herold, M. Linke, A. Szepes, Cs. Balla, J. Felföldi, A. Fekete (2004):** Comprehensive quality monitoring of sweet pepper (*Capsicum annum* L.) fruits. 41. Gartenbauwissenschaftliche Tagung, 25.-28. Februar 2004, Wien, Kurzfassungen der Vorträge und Poster, p. 69.
- T. Zsom, Cs. Balla (2004):** Respiratory activity of sweet pepper during post-harvest storage at chilling temperature and after mechanical loading. CEFood Congress, 2nd Central European Congress on Food, 26-28 April 2004, Budapest, Programme and Book of Abstracts, P-T-34, p.278.
- T. Zsom, W.B. Herppich, Cs. Balla, A. Szepes, A. Fekete, J. Felföldi, M. Geyer, B. Herold, M. Linke (2004):** Investigation of sweet pepper samples’ water transpiration features using a thermal imaging system and non-destructive quality monitoring methods during post-harvest storage. Book of Abstracts of the 6th International Congress on Food Physics and Dairy Sciences held in Pécs, Hungary, 22-26 May, 2004, p. 74-75.