



BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

**KORSZERŐ ELJÁRÁSOK A ZÖLDSÉGFÉLÉK  
TÁROLHATÓSÁGÁNAK ELŐREJELZÉSÉRE**

*Doktori értekezés tézisei*

Istella Sándor

Témavezető:

Balázs Sándor

MHAS, professzor emeritus

Társ konzulens:

Dr. Felföldi József

Egyetemi docens, PhD

Készült a Budapesti Corvinus Egyetem  
Zöldség- és Gombatermesztési Tanszékén

Budapest

2008.

## A kutatás előzményei, célkitűzés

A mai fogyasztói társadalmak igénye egyre nő a vásárolt zöldségfélék minősége iránt. Emellett a zöldségeknek az Élelmiszer Könyv által előírt minőségi követelményeknek és az Európai Unió előírásainak is meg kell felelniük. Tehát a minőséget ellenőrizni és követni kell a termelőtől a fogyasztóig.

Napjainkban már a termesztés kezdetétől folyamatosan követni kell a termés minőségét befolyásoló tényezők alakulását annak érdekében, hogy a termesztett zöldségféle kifogástalanul jusson el a fogyasztóhoz. A termés minőségét nagyban befolyásolja a betakarítás. Az időzítés, a munkák megfelelő szervezése, valamint pontos betartása szükséges ahhoz, hogy a meglévő minőséget maximálisan szinten tudjuk tartani. A betakarítás utáni – Post Harvest – munkaműveleteknek is igen jelentős szerepük van. Az árukezelés, válogatás, csomagolás mellett az egyik legfontosabb művelet a tárolás.

Egyre inkább előtérbe kerül a rövidebb vagy hosszabb ideig történő tárolás a szállítás és az optimális áruforgalmazási logisztika elérésének céljából. A tárolás sikerét az határozza meg, hogy milyen hosszú ideig lehet eltartani a terményt jelentős minőségromlás nélkül. Ma már megengedhetetlen a nagymértékű veszteség az egyre csökkenő profitrés miatt.

A kutatásokhoz és a gyakorlatban is többnyire a már jól ismert roncsolásos módszereket (kézi-, precíziós penetrométer) alkalmazták. Ezek a módszerek azonban ugyanazon egyed tárolása során bekövetkező állapotváltozásainak követésére nem alkalmasak.

A kritériumok függvényében a kertészek által termesztett friss piacra kerülő zöldségfélék minőségének meghatározásához, valamint a termesztés során különböző hatások kimutatásához olyan módszerekre lenne szükség, amelyek roncsolás nélkül, nagy tételeken, egyszerűen, gyorsan és megbízhatóan adnának információt a tárolhatóságról és a minőségről. A fogyasztói igények növekedésével, valamint a technika fejlődésével lehetővé vált a roncsolásmentes módszerek kifejlesztése, melyre napjainkban nagy hangsúlyt fektet a tudomány.

A fejlesztés alatt álló új módszerek lehetőséget nyithatnak az egyes minőségi jellemzők meghatározására, követésére, az optimális betakarítási időpont megállapítására, csomagoláskor az egyöntetűség biztosítására, valamint a pontos minőségi osztályba sorolásra.

A kutatásban és az új fajták minősítésének folyamatában is jelentős lehet a szerepük. A fajtaazonosság, egyöntetűség valamint a többi fajtától megkülönböztető tulajdonságok kimutatáshoz jól használhatóak a roncsolásmentes, keménységet mérő módszerek. Az érettségi állapotot, mint az egyik legfontosabb betakarítást befolyásoló tényezőt - mely kihat a tárolhatóságra, és a minőségre - külső jellemzőkből (méretből, héjszínből) és a keménységből állapítják meg. A forgalomban lévő osztályozó és csomagoló gépsorok között már létezik olyan, amely a méret és héjszín alapján osztályoz.

Az élelmiszeripar által felhasznált nyersanyagoknál egyik legfontosabb jellemző a keménység. A keménység, mint minőségi jellemző segítségével következtetni tudunk az érettségre, állagra. A túlrettet mezőgazdasági terményeknek a csomagolás, feldolgozás, szállítás és tárolás közbeni minőségromlása elfogadhatatlanul nagy.

Ma már ezek a kérdések szorosan összefonódnak, így a zöldségtermesztőknek is oda kell figyelniük a termesztés utáni munkafolyamatokra. A megfelelő fajtaválasztás és a termesztéstechnológia, a különböző tápanyagok megválasztása és optimális adagolása, valamint a helyesen időzített betakarítás mind-mind szorosan hozzájárulnak a zöldségek sikeres szállításához és a rövidebb-hosszabb ideig történő tárolásához.

Célom az volt, hogy megvizsgáljam milyen roncsolásmentes fizikai, gyors módszereket alkalmazhatunk a termények tárolhatóságát is jelző keménység, mint minőségi paraméter követéséhez olyan zöldségféléknél, amelyeknél nincs használható gyors módszer, vagy csak roncsolva határozhattuk meg eddig a keménységüket. Továbbá meg akartam állapítani, hogy ezen új módszerek mennyire lehetnek alkalmasak egy fajta tárolhatóságának jellemzésére, illetve a termesztés során jelentkező hatások (különböző műtrágyahatás, termesztési mód, fajtahatás) eredményének kimutatására, jellemzésére.

## Anyag és módszer

A kísérletek során különböző zöldségfélét használtam fel, annak érdekében, hogy megvizsgálhassam a módszerek alkalmazhatóságának körét. A tárolást befolyásoló természetstechnológiai hatások kimutatása, és a módszer alkalmazhatósága miatt különböző körülmények között folyt a vizsgálatokhoz felhasznált tételek termesztése.

A kísérletekben minden esetben tároltam a vizsgált zöldségfélét. A tárolás rövid vagy hosszabb ideig végeztem a tárolandó termény függvényében.

### A rövid ideig tárolható étkezési paprika tárolási körülményei

A mintákat 10-15°C között, hűvös szabályozatlan légterű, ventiláció nélküli helyiségben két hétig tároltam. A relatív páratartalom 80-90% között mozgott. Ez idő alatt hétszer vizsgáltam a fajtákat és mértem a keménységváltozást, tömegcsökkenést. Minden kísérletben ugyanazt a környezetet használtam.

### A hosszán tárolható zöldségfajok tárolási körülményei

#### *A cékla tárolási körülményei*

A tárolás nyitott polietilén zsákokban, 1-4°C közötti hőmérsékleten 95%-os páratartalom mellett történt. A fajtákat három alkalommal mértem: betakarításkor, másfél hónap, és 4 hónapi tárolás után. A tárolás 112 napig tartott.

#### *A sárgarépa tárolási körülményei*

A fajták összehasonlító kísérletében a felszedést követő egy napig a répatesteket szárítottam, nem mostam meg. A betárolás a fajták optimális érettségében történt. A sárgarépa gyökerek tárolása nem lezárt polietilén zsákokban szabályozatlan légterű, nem ventilált helyiségben történt. A hőmérséklet hűvös pincére jellemző 4-10°C-ot mutatott. A relatív páratartalom 85-90% között ingadozott.

A mosott sárgarépa tárolási kísérletben a szabályozatlan légterű, hűtött tárolóban helyeztem el a sárgarépát mosás után polietilén zacskókban. A hagyományos 4-5°C-os hűtőre jellemző kondíciókat tartottunk és egy hónapig tároltam. A relatív páratartalom 90-95%-között változott.

#### *A vöröshagyma tárolási körülményei*

Az ép egészséges hagymákat Raschel hálókban, alagsori szabályozatlan légterű ventiláció nélküli helyiségben tároltam. A relatív páratartalom 50-70% között mozgott, a hőmérséklet 5-9°C között ingadozott.

A Perlka, nitrogén alapú kalcium-cianamidos műtrágyával termesztett Makói bronzot felszedés után közvetlenül keménységmérés követte. A kiválogatott egyedeket

papírzacskóban alagsori szobahőmérsékleten tároltam 45 napig. A relatív páratartalom 60-70% között ingadozott. A hőmérséklet 15-18°C között változott.

A dolgozatomban olyan módszereket használtam, melyek a kutatások terén korszerűnek mondhatók, gyorsak és teljesen roncsolásmentesen tudnak információt adni a termék belső (akusztikus módszer), vagy külső (impakt ütés-keményiségi módszer) minőségéről.

Az 1900-as évek közepéig a természető tapasztalatát vagy a roncsolásos módszereket alkalmazva határozták meg a keménységet, mint minőségjellemzőt. A természető tapasztalatára alapozott meghatározás igen szubjektívnek tekinthető. A XXI. században ez már elfogathatatlan módszernek számít.

A roncsolásos módszerek legnagyobb hátránya, hogy egy-egy termésen egyszeri mérést tesz lehetővé, és teljesen értéktelenné teszi a vizsgált terményt. A tároláskor ezeket az egyedeket már nem tárolhatjuk, a változás nem követhető, mert mindig másik egyeden kell a mérést elvégezni. A mérés megbízhatósága csökken az élő kertészeti termények variabilitása miatt.

Napjainkban ezen problémák kiküszöbölésére több roncsolásmentes módszert fejlesztettek ki, melyek már alkalmasak a többszöri vizsgálatra, roncsolásmentesen, ugyanazon egyeden, a tárolás során bekövetkező keménységváltozás követésére. Gazdaságilag is sokkal előnyösebbek ezek a módszerek, a vizsgált termények feldolgozhatóak, vagy értékesíthetőek.

#### Akusztikus keménységvizsgálati módszer (Acoustic stiffness)

Különböző élelmiszeripari és kertészeti termékek akusztikus keménységvizsgálatára számítógépes mérőrendszert alakított ki a KÉE Fizika - Automatika Tanszéke. Ennek alapja, hogy a termék keménysége, rugalmassága meghatározza a hangvezető tulajdonságait, mechanikai rezgését. A vizsgálat során a termék igen kismértékű abszolút (tökéletesen) roncsolásmentes megütése után keletkező hangválaszt elemezzük. A rendszer ehhez alkalmas mikrofont (megfelelően erősített és szűrt), erősítő áramköröket tartalmaz, és a mikrofon jelét digitalizáló PCL818 - as analóg/digitális mérőinterface kártyát, mely számítógéphez van csatlakoztatva.

A rendszer irányítására kifejlesztett meghajtóprogram alkalmas a termék megütése után, annak átellenes pontján keletkező hangválasz regisztrálására és feldolgozására. A tárolt hangválasz számításával meghatározza és grafikusán megjeleníti a hangválasz frekvencia-spektrumát.

A program a kiválasztott frekvenciasávban automatikusan megkeresi a rezonancia-frekvenciát ( $f_0$ ). A termék keménysége a termék tömegéből és az előbb leírt módon meghatározott rezonancia-frekvenciából ( $f_0$ ) határozható meg. Ez a termék „akusztikus keménységtényezője”:

$$S_0 = f_0^2 * m \quad [N / mm]$$

$s_0$  - akusztikus keménység jellemző

$f_0$  - rezonancia - frekvencia

$m$  - a vizsgált termény tömege

Az akusztikus keménységtényező a stiffness, már használható az összehasonlító vizsgálatokhoz, elemzésekhez.

Ezt a módszert számos zöldség, gyümölcs keménységvizsgálatánál alkalmazzák, melyek közös jellemzője, hogy homogének, gömbszerűek (hagyma, paradicsom). Az akusztikus vizsgálat segítségével a termény belső keménységéről kapunk információt. A legújabb kutatások alapján a módszer a tömör, megnyúlt alakú termények keménységvizsgálatára is alkalmas, pl. sárgarépa, uborka, jégcsap retek.

Ez a módszer nagyon jól reprodukálható és érzékenyebben mutatható ki vele a puhulás, mint a penetrométerrel.

Az akusztikus módszerrel vizsgálható termék hangválasza csak kismértékben függ a termény pozíciójától, a megütés helyétől, független viszont a megütő személytől és az akusztikus rezegtetést létrehozó eszköztől. Az akusztikus vizsgálat eredményesen használható tárolás során bekövetkező változások megfigyelésére.

#### Impact ütés-keménységvizsgáló módszer

Ezzel a vizsgálattal felületi keménységet mérhetünk. A módszer azon alapszik, hogy a termény felületét megütő tömeg fékeződése függ a termény keménységétől, rugalmasságától.

A terményt egy kistömegű kalapáccsal ütjük meg, amiben egy érzékeny gyorsulásérzékelő található. A gyorsulásérzékelő feszültségjelét egy jelátalakítón keresztül számítógépre visszük és ott egy speciális program segítségével elemezzük azt. A kapott görbére szinuszos görbe illeszthető. A görbe első hullámából következtetni tudunk a termény felületi keménységére. Elméleti és előzetes vizsgálatok alapján a szinuszos görbe kezdő és maximum pontja közötti időkülönbség és a felületi keménység közötti összefüggés a következő:

$$d = 1/\Delta T^2 \quad [ms^{-2}], \text{ ahol}$$

$d$  - a terményre vonatkozó keménységi tényező,

$\Delta T$  - szinuszos görbe kezdő és maximum pontja közötti időkülönbség.

Ez a módszer azért hasznos, mert viszonylag független a termény alakjától.

Számos próbálkozás történt mezőgazdasági termékek impact módszerrel történő felületi keménységének meghatározására. A módszer előnye, hogy könnyen automatizálható, osztályozó, minősítő vonalba építhető, így a gyakorlatban is használható (FELFÖLDI et al., 2002).

### Laboratóriumi vizsgálatok

A laboratóriumi vizsgálatokhoz a minták előkészítése a következőképpen történt:

- a beltartalmi vizsgálatok céljára fajtánként 10-10 db terményt választottam ki. A mintába áruképes, fajtára jellemző méretű, egészséges, ép termések kerültek.
- a terményt megmostam, megtisztítottam, majd lereszeltem. A vizsgálatokhoz ezekből vettem laboratóriumi mintát.

A mintákon a következő vizsgálatokat végeztem el:

1. szárazanyagtartalom meghatározása
2. karotintartalom meghatározása
3. cukortartalom meghatározása
4.  $\text{NO}_3^-$  tartalom meghatározása száraz anyagból

## Eredmények

A kiválasztott zöldségfajok közül a sárgarépa és az étkezési paprika még nem szerepelt az irodalomban, mint használt, illetve használható tesztnövény e módszerek alkalmazásánál. Ebből adódóan szükség volt a kísérletek előtt tesztelni a módszerek használhatóságát a már említett két növényen (sárgarépa, paprika).

Az előkísérletekben a paprikát egy fajtán (Kaméleon) teszteltem. Az eredmények kimutatták, hogy a tesztfajtánál a dinamikus belső keménységet mérő akusztikus módszer követte a paprika minőségi változását, már a tárolás első napjától kezdve.

A tesztelt megütési helyek közül a termény bibepontján való (csúcsi részen) megütés bizonyult a legjobbnak, mely jól reprodukálható volt a tárolás során. A Kaméleon fajta a 8. napon érte el a minőségromlás azon pontját, melyet az adott körülményekhez képest a tárolhatóság maximumának tekinthettem.

A sárgarépa kísérlethez 5 ipari fajtát használtam - Krakkow, Katmandu, Karotán, Joba, Oldred – és hosszan tároltam szabályozatlan légterű, nem ventillált helyiségben, 6 hónapig. Az öt fajta eltérő keménységtényezői adatokat mutatott, azaz a fajták között már a betároláskor mutatkozott a különbség. Ez a mérés alkalmazhatóságát bizonyította a fajták közötti különbségek kimutatására. A betárolt fajták közül a Karotán bizonyult a legjobban tárolható fajtának az előkísérletben, a nagy tömegveszteség ellenére is. A tárolhatóság maximumát decemberben érte el, 3,5 hónapos tárolás után. A többi fajta már 3 hónap után jelentős minőségromlásnak indult.

Összefoglalva, az előkísérletek bebizonyították, hogy az új akusztikus roncsolásmentes módszer alkalmas az étkezési paprika és a sárgarépa további kísérleteiben a keménység, mint minőségi mutató méréséhez. A kapott keménységtényezővel jellemezhető a termény keménysége, minősége és annak változásainak kimutatása a tárolás során.

### **A fajták tárolhatóságát összehasonlító kísérletek eredményei, dinamikus fizikai módszerekkel**

Az irodalomban a kutatók az *étkezési paprika* fajtáknál a fajtát, pultontarthatóságot és a termény minőségét szoros kapcsolattal jellemzik. A kísérleteimben használt fajták mindegyike eltér egymástól, valamilyen szempont alapján. Így egyidőben vizsgálhattam a módszer érzékenységét és a fajták közötti különbségeket.

A belső keménységet mutató akusztikus tényező tehát kimutatta a fajtajellegből -magasabb szárazanyagtartalom, és szilárdabb héjszerkezet - adódó különbséget. A fehérhúsú fajták közül a Danubia bizonyult a legjobban tárolhatónak.



A roncsolásmentes akusztikus (belső keménységet mutató) és dinamikus ütéselemzési (felületi keménységet mutató) módszer igazolta a paprika fajtakísérletben a fajták hatását a tárolhatóságra.

A *sárgarépa* fajtakísérletben 4 fajtát vizsgáltam: A Bolero közepesen tárolható, nanti típusú. Hozzá hasonló a Napa fajta, de már jobban tárolható. A Bangor hosszabb ideig tárolható, berlikum/nanti típusú hibrid. Az Olympus fajta hosszan tárolható, flakker típusú. A kísérletek alapján szabályozatlan légterű, ventilláció nélküli tárolóban az optimális tárolhatósága a Napa és Bolero fajtáknak 2 hónap, míg a Bangor és Olympus fajtáknak 3-3,5 hónap.

A *cékla* fajtakísérletben összesen 8 fajta szerepelt. Ebből két hengeres (Rocket és Forono) és 6 gömbölyű (Pablo, Pronto, Bíborgömb, Bordó, Bonel, Bolívar) fajta. Az elvégzett mérések alapján a Rocket fajta puhult a leginkább. A Bíborgömb fajtánál tapasztaltam a legmagasabb apadási veszteséget (27%-ot) és NO<sub>3</sub>-tartalom növekedést. Mind a fizikai, mind a tömeg és szárazanyagtartalom mérések alapján a Bordó fajtát találtam a legjobban tárolhatónak.

A kísérletem alapján az optimális tárolhatóság -perforált polietilén zsákokban, szabályozatlan légterű, ventilláció nélküli alacsony (1-4°C) hőmérsékletű tárolóban – 2 hónap.

*Vöröshagyma* fajtakísérletben három fajtát választottam. A Piroskát, mint egy jó szárazanyag tartalommal rendelkező magyar fajtát, a Daytonát egy jól tárolható, de viszonylag érzékeny fajtát, és egy lila típust a Tétényi rubint, közepes tárolhatósággal. Az impakt felületi keménységet mutató módszer nem mutatott jelentősebb különbséget a fajták között a tárolás során. A buroklevelek fellazulása, illetve elvesztése miatt a felületi vizsgálatokat hosszabb tárolás esetén nem javaslom, de a betakarítás és tisztítás utáni válogatásra alkalmas a módszer. Az esetleges ütődést, felületi elváltozást kimutathatja. A vizsgált fajták közül a legkeményebb felülettel a Daytona rendelkezett. A legjobban tárolható fajtának a Piroska, a legrosszabbnak pedig a Tétényi rubin faja bizonyult a 6 hónapos tárolás alatt. Az optimális tárolhatóság – szabályozatlan légterű, nem szellőztethető tárolókban - a Piroska fajtánál 6 hónap, a Daytona fajtánál 5-6 hónap, a Tétényi rubin fajtánál 4 hónap.

A kísérletek igazolták a fajtaleírásban szereplő jellemzést. Az akusztikus roncsolásmentes keménységvizsgálati módszer kimutatta a fajtákra jellemző tárolhatóságot. A mérési módszer tehát alkalmas a tárolhatóság meghatározására, valamint a fajták közötti különbségek kimutatására.

### **A termesztéstechnológiai változtatások hatása (tápanyagellátás, ápolás) a tárolhatóságra**

A termesztés során bekövetkezett hatások, mint befolyásoló tényezők a tárolhatóságra, igen széles skálával rendelkeznek.

A kísérletben a termesztőközeg (talaj, kőzetgyapot), valamint a szárametszés (1,2,3,4) hatását vizsgáltam *paprikabogyó* eltarthatóságára. A metszés az irodalom szerint nem befolyásolja jelentősen a termés keménységét, megfelelő technológiai fegyelem mellett. A leírt vizsgálatok azonban csak küllemi jellemzőkre, és termés mennyiségre vonatkozik. Keménységi adatokra vonatkozó mérési eredményeket a szakirodalomban nem találtam.

A talajon- és a kőzetgyapoton mért keménységi tényezők között szignifikáns eltérés volt. A kőzetgyapoton mindhárom fajta nagyobb keménységgel rendelkezett, a fajták között a különbség kisebb volt, mint talajon. A metszési módok között szignifikáns eltérés nem volt a termések keménységében.

A kísérlet alkalmas volt a fajták közötti tárolhatóságbeli különbségeknek, a termesztőközegek, valamint a keménység változásának követésére a tárolás során.

A *sárgarépanál* különböző szelénos fejtrágyázás hatását vizsgáltam a tárolhatóságra. A két év során különböző volt a szárazanyagtartalom, amit jelentősen befolyásolt az eltérő csapadékmennyiség a két vizsgált évben. Az eredmények azt mutatták, hogy a kezelések nincsenek hatással a karotintartalomra.

A szelén felszívódása is érdekes eredményeket hozott. A vizsgálat során megállapítottam, hogy a pótlólagosan adagolt szelén kedvezően befolyásolja a gyökér szelén tartalmát, ami nagymértékben kihat a répa antioxidáns védelmében betöltött kedvező szerepére. Ez a megnövekedett szeléntartalom összefüggésbe hozható azon mikroelemek megváltozó mennyiségével, amelyek együttesen alakítják ki más beltartalmi értékekkel együtt a védelmi mechanizmust, amelynek legnagyobb szerepe a prevencióban van.

A két év során mért szeléntartalom is különböző volt. Ez igazolja azt, hogy a nagyobb csapadék vagy öntözés segíti a szelén felszívódását. A két éves kísérlet során beigazolódott, hogy a szeléntartalmat meg lehet növelni, de a termesztés során mérésrel meg kell határozni, hogy mennyi szelént tartalmaz a sárgarépa, mivel a fajta az időjárás, hatással van a szelén felszívódására, és a túlzott szelénellátás anyagcserezavarokat okozhat a növénynél.

A tárolási kísérlet során megállapítottam, hogy a Bioplasma szer (amit a biotermesztésben használnak levéltrágyázáskor) jó hatással van a Napa, és Jaguár fajták tárolhatóságára és a kijuttatott szelén beépül a répatestbe. A szelénos kezelések ugyan emelték a szeléntartalmat, de szignifikánsan nem változtatták meg a répatestek tárolhatóságát. A kezelések minden esetben javították a sárgarépa keménységét a kontrollhoz képest, valamint befolyásolták az eltarthatóságot. A tényleges megállapításhoz azonban még további kísérletekre van szükség.

A *vöröshagymán* a Perlka, nitrogén alapú kalcium-cianamid alaptrágya hatását vizsgáltam a tárolhatóságra. A kalcium bizonyítottan befolyásolja a szöveti felépítést, ezen keresztül pedig a tárolhatóságát a terményeknek.

A mérési adatok alapján nem találtam statisztikailag kimutatható különbséget a két műtrágyával kezelt vöröshagyma tételek között. Azonban a Perlkával kezelt hagymák keménységtényezője magasabb volt, mint a hagyományos műtrágyával kezeltnek. A

keménységváltozás később indult meg a kezelt egyedeknél, és kisebb mértékű volt. A felületi keménységnél is hasonló eredményeket kaptam.

A kísérlet végére a hagymák minősége jelentősen nem változott, így a tárolhatóságukat legalább 45 napig megőrzik ilyen feltételek mellett is.

### **A betakarítás utáni műveletek hatása a sárgarépa tárolhatóságára**

A tárolás módja és helye befolyásolja az eltarthatóságot, ezért került sor a vizsgálatukra a kísérleteimben. A tisztítás, esetleges mosás jelentős befolyásoló tényezőként hat a tárolandó terményre és annak eltarthatóságára.

*A sárgarépa tárolhatósága szabályozatlan légtérű, ventiláció nélküli hűtött, és nem hűtött körülmények között*

A kísérletemben vizsgáltam a mosás és a különböző tárolási hőmérséklet hatását a tárolhatóságra, roncsolásmentes keménységi módszerrel. Két fajtát a Bangort és az Olympust 4 hónapig tároltam.

Ez idő alatt a két fajta között szignifikáns különbséget a két tárolási típusnál, minőségváltozásban nem találtam.

A tárolási módok között jelentős különbség nem adódott, a gyökérzöldségek esetében a tárolási módot, mindenképpen a költségek és az árak aránya határozza meg. Nem minden esetben indokolt a hűtőtárolás a sárgarépa esetében. A kísérlet eredményei alapján az adott viszonyok mellett a Bangor fajtát hűtött körülmények (1-3°C) között 3 hónapig, nem hűtött körülmények között 2,5 hónapig tárolhatjuk. Az Olympus fajtánál ez 2,5 és 2 hónapra redukálódik.

*A mosás, tisztítás hatása a sárgarépa tárolhatóságára*

A mosás során felületi sérüléseket szenved a sárgarépa, ezáltal romlik tárolhatósága. A kísérletemben két fajtán (Bangor, Olympus) vizsgáltam ennek hatását.

A tárolás első 8 napjában a két fajta szignifikánsan nem tért el egymástól. A 12. napra azonban már láthatóak voltak a különbségek.

A tömegcsökkenésben a fajták között különbség nem mutatkozott, a tárolás végére 10-11%-os volt.

A kísérletem alapján a két fajta mosott állapotban, perforált polietilén zacskókban, hűtött körülmények között optimálisan 14 napig volt tartható. A tömegcsökkenés ekkor még csak 7-8%-os volt.

## Új tudományos eredmények

Az elvégzett kísérletek eredményei alapján megállapítottam, hogy az általam bemutatott roncsolásmentes fizikai mérések (akusztikus és impakt) alkalmasak egy fajta tárolhatóságának jellemzésére, illetve a termesztés során jelentkező hatások (különböző műtrágyahatás, termesztési mód, fajtahatás) eredményének kimutatására, jellemzésére.

- Az étkezési paprika és a sárgarépa mintákon folytatott közös kutatómunka a Budapesti Corvinus Egyetem Fizika – Automatika Tanszékével bizonyította a roncsolásmentes módszer alkalmazhatóságát olyan területeken, amit az irodalom nem valószínűsít. Az új alkalmazható módszer az **akusztikus keménységvizsgálati módszer**. A kísérletek bebizonyították, hogy a paprika és sárgarépa esetében a fajták közötti különbséget, a pulontarthatóságot, a tárolást befolyásoló tényezők hatását meg tudjuk határozni, valamint a változásokat követni tudjuk, a roncsolásmentes vizsgálattal ugyanazon egyed változását végigkövetve a tárolás során.
- Megállapítottam, hogy a különböző szálametszés (1,2,3,4, szálas metszési mód), melyet a termés mennyisége és átlagmérete, valamint az ápolási munkák költsége dönt el, a röviden tárolható étkezési paprika esetében nem befolyásolja szignifikánsan a fajtán belüli tárolhatóságot. A fajtahatás már a metszési módoknál is jelentkezik.
- A sárgarépa, mint hosszan tárolható zöldségfaj – valamint raktározott termés, téli vitaminforrás – szelvényes kezelése és az eltarthatósága között kapcsolatot mutattam ki, de nem volt szignifikáns, elsősorban az évjáráthatás miatt, ezért javaslom a szorosabb összefüggés megállapítása érdekében, a további kísérleteket.
- A műtrágyák hatása a tárolhatóságra szignifikánsan nem volt bizonyítható, de vöröshagyma esetén a Kalcium-cianamidos nitrogén műtrágya pozitívan befolyásolja a tárolhatóságot, a hagymatestek akusztikus keménységének átlagértéke magasabb, mint a hagyományosan használt műtrágyával kezelt vöröshagymáké. A termés puhulása később indul meg, azaz a kezelés késlelteti a folyamatot. A tényleges, statisztikailag is megbízható hatáshoz további kísérletekre van szükség.
- A betakarítás utáni műveletek közül a sárgarépa mosására vonatkozó kísérletekből megállapíthatom, hogy a mosás műveletével csökken az eltarthatóság intervalluma, ez nem a minőségromlást jelenti. A kísérleteim alapján megállapítom, hogy a vizsgált két fajta mosott állapotban, perforált polyetilén zacskókban, hűtött körülmények között optimálisan 14 napig tartható el. Ez idő alatt bekövetkező tömegcsökkenés nem rontja a termék minőségi besorolását.

*Az irodalomban már talált kutatási eredmények igazolására vonatkozó következtetésem*

- Az irodalomban a *fajta szerepét* a tárolhatóságra több kutató is igazolta (Blanpied et al., 1978; Schuch et al., 1991; Sato et al., 1997; Pálfi et al., 2004; Petroniene, 2005). A kísérleteimben szereplő használt zöldségfajok esetében megállapítom, hogy a fajta befolyásolja a tárolhatóságot, ezt roncsolásmentesen akusztikus és dinamikus ütéselemzési vizsgálatokkal támasztom alá.
- A tárolási paraméterek, körülmények, mint befolyásoló tényezők, hatnak a termék tárolhatóságára, minőségére. A hőmérsékletet, mint minőséget befolyásoló tényezőt a tárolt étkezési paprika és sárgarépa esetében akusztikus keménységvizsgálattal roncsolásmentesen, objektívan lehet bizonyítani. Az impakt, ütéselemzési vizsgálat a páratartalom, és hőmérséklet tárolás közbeni ingadozásának hatásáról adott információt.

## Következtetések, javaslatok

A kísérletek kiértékelése és elemzése után megállapíthatom, hogy minden egyes vizsgált zöldségfaj (étkezési paprika, sárgarépa, cékla és vöröshagyma) alkalmas a dinamikus mérésekkel való minőségváltozás követésére. Valamennyi vizsgált fajnál alkalmazható az akusztikus keménységvizsgáló módszer (acoustic stiffness method) a fajták közötti különbség kimutatására, fajta hatásának vizsgálatára a tárolhatóságra és a keménységcsökkenés nyomonkövetésére a tárolás során.

A sárgarépa kísérletek alatt bebizonyosodott, hogy a hosszú, hengeres vagy kúpos terményeknél is megfigyelhető egy jellemző hangválasz, mely a tárolás során változik. Ennek a változásnak a követhetőségét bizonyítják a kísérleteim eredményei is.

A dinamikus keménységvizsgáló módszerek közül az akusztikus keménységvizsgálót a sárgarépa és egyéb hengeres testű termények (pasztinák, fehérgyökér, jégcsapretek stb.) optimális roncsolásmentes módszerül javaslom tárolhatósági vizsgálatokhoz.

Az étkezési paprikánál több kísérletem is igazolta (fajta kísérletek 2003 és 2004, 1,2,3,4 szádra metszés hatása) a dinamikus keménységmérés (akusztikus keménység- és dinamikus ütésvizsgáló módszer) használhatóságát. Mind a dinamikus ütésvizsgálót (impakt), mind az akusztikus keménységvizsgálót (acoustic stiffness) alkalmasnak találtam a pultontarthatóság követésére, valamint a különböző befolyásoló tényezők (fajta, szádra metszés) hatásának kimutatására.

Impakt módszert gyors felületi változásokkal kapcsolatos információ gyűjtésére, míg az akusztikus módszert belső keménység változásainak szemléltetésére javaslom.

A *vöröshagyma* igazolta az irodalomban megállapított mindkét vizsgálati módszer használhatóságát. A módszerek érzékenysége miatt kimutathatnak már akár perces változásokat is a minőség változásában, valamint befolyásoló tényezők hatását is, amit a kísérleteim is igazoltak.

A hosszú tárolás során bekövetkező változások, illetve hagymatest belső szerkezeti változásainak (csíranövekedés, belső minőségi hibák) kimutatására az akusztikus mérési módszert javaslom.

A gyors felületi vizsgálathoz, csomagoláshoz, az impakt mérési rendszert ajánlom.

A *cékla* esetében a sárgarépánál leírtakhoz hasonlóan javaslom a módszerek használatát.

Az *étkezési paprika* és a gyökérzöldségek (elsősorban sárgarépa) esetében javaslom további kutatást, különböző kísérletek folytatását, illetve újabb lehetőségeket az alkalmazhatóságra.

A *sárgarépa* esetén, a szeléntartalom hatását a tárolhatóságra két évben vizsgáltam, de az adatok tájékoztató jellegűek, a mérések eredményeinek nagy szórása miatt.

Javasolom a tömegek nagy szórása miatt – ennek kiküszöbölésére – a répatest hosszával való számítás alkalmazását a mérések során. Az erre irányuló előkísérletek (2005-2006), jobb eredményeket adnak, mint a tömeggel mért akusztikus tényezőkkel.

*Az étkezési paprika* esetében javasolom a további vizsgálatokat fajtákra és egyéb befolyásoló tényezők hatásának vizsgálatára (K és Ca lomtrágyázás, mint minőségjavító hatás, szedési idők közötti különbségekre, érettségi stádium hatására).

A kísérleteimet a Budapesti Corvinus Egyetem Fizika - és Automatika Tanszékkel együttműködve végeztem. Az ott folyó kísérletek a mérési módszer pontosítására, alkalmazhatóságára, standardizálására irányulnak. Ebből kiindulva javaslatom a következő a dinamikus roncsolásmentes módszerek várható alkalmazásaira a gyakorlatban:

- fajta minősítőrendszerek alkalmazásában,
- fajták elkülönítésére a tárolás szempontjából,
- optimális betakarítási állapot jelzésére,
- betárolás előtti illetve tárolás közbeni minőségellenőrzésre,
- válogató gépsorok minőségi válogatórendszerének részeként.

A kutatómunkát összegezve a módszerek alkalmasak:

- fajtakísérletek során keménység, mint minőségi paraméter meghatározására és követésére,
- minőséget befolyásoló tényezők hatásának vizsgálatára,
- tárolás hatásait a termény minőségére,
- beltartalmi változások (víztartalom, szénhidrátok, szárazanyagtartalom stb.) hatása a tárolhatóságra.

## **Az értekezés témakörében megjelent publikációk**

### **Lektorált folyóiratcikk:**

1. Füstös Zs., Felföldi J. and **Istella S.** (1998): Objektívno merenje parametara kvaliteta luka (Objective measurement of quality parameters of onion - Journal on Processing and Energy in Agriculture,1998.(Volume 2):.62-67.
2. Füstös Zs., Felföldi J., Solberg S.O. és **Istella S.** (1999): A vöröshagyma tárolhatóságát meghatározó élettani tényezők és fizikai paraméterek. Kertgazdaság 31(4):114-117.
3. Tompos D., **Istella S.** and Ignáth 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 9(1):59-62.
4. Muha V., **Istella S.** and Tompos D. (2005): Storability of paprika varieties measured by non-destructive acoustic method. International Journal of Horticultural Science 11(2): 49-53.
5. **Istella S.**, Muha V. and Terbe I. (2006): Storage ability and differences of carrot varieties defined by firmness changes measured with new non-destructive acoustic method. International Journal of Horticultural Science 12(1) 37-40.
6. **Istella S.**, Muha V. és Tompos D. (2006): A paprika tárolás során bekövetkező állományváltozásának vizsgálata roncsolásmentes impact módszerrel. Kertgazdaság 38(2):70-73.

### **Egyéb értékelhető cikk:**

1. **Istella S.** és Felföldi., J. (2003): Sárgarépa állományváltozásának vizsgálata roncsolásmentes akusztikus módszerrel tárolás során. Hajtatás Korai Termesztés 34(4): 24-26.
2. **Istella S.**, Muha, V. és Molnár, K. (2005): Szelénes kezelés hatása a sárgarépa tárolhatóságára. Hajtatás Korai Termesztés 36(4):23-26.

### **Konferencia kiadványok (magyar nyelvű, teljes):**

1. **Istella S.** és Ignáth, T. (2003): A paprika keménységének vizsgálata roncsolásmentes fizikai módszerrel, termesztési és metszési módoknál. MTA XXVII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, 130-134.
2. **Istella S.** és Muha, V.(2004): A sárgarépa beltartalmi értékeinek és állományváltozásának vizsgálat tároláskor, Proceedings of the 11<sup>th</sup> Symposium on Analytical and Environmental Problems, Szeged, 27 September 2004. 247-251.
3. **Istella S.** és Muha V. és Molnár K. (2004): Szelénes és bioplazmás kezelés hatása a sárgarépa beltartalmi értékeire és tárolhatóságára. Proceedings of „The 12<sup>th</sup> Symposium on Analytical and Environmental Problems” Szeged, 27 September 2004. 186-190.



**Konferencia kiadványok (magyar nyelvű, abstract):**

1. **Istella S.**, Muha V. és Ignát T. (2003): Cékla fajták tárolhatóságának vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel, Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak. Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem Budai Campus, 2003. november 6-7. Budapest, 644-645.

**Nemzetközi konferencia (angol nyelvű, teljes):**

1. Füstös Zs., Felföldi J. and **Istella S.** (1998): Non-Destructive measurement of quality parameters of stored onion. Proceedings of the 1998 National Onion (and other Allium) Research Conference. Sacramento, California USA, 281-284.
2. Ignát T., **Istella S.**, Zsivánovics G., Muha V., Némethy-U., H. and Tóth K. (2003): Non-destructive texture measurement of beets varieties, Celostátny odborný seminár zeleninárov Slovenska, Nitra. 22-24.
3. **Istella S.** and Muha V. (2005): Washed carrot's storability measured by non-destructive method, Zbornik Radova Proceedings of, XL Croatian Symposium on Agriculture.15-18. February 2005. Opatija, Croatia, 339-340.

