



---

**Élelmiszertudományi Kar**

# **Kajszi szabályozott légterű tárolástechnológiájának fejlesztése**

**című**

**Doktori értekezés tézisei**

**Hitka Géza**

**Budapesti Corvinus Egyetem,  
Élelmiszertudományi Kar,  
Árukezelési és Áruforgalmazási Tanszék**

**Budapest  
2011**

**A doktori iskola**

**megnevezése:** Élelmiszertudományi Doktori Iskola

**tudományága:** Élelmiszertudományok

**vezetője:** Dr. Fodor Péter,  
Egyetemi tanár, DSc  
Budapesti Corvinus Egyetem

**Témavezető:** Dr. Balla Csaba  
Egyetemi docens, PhD  
Hűtő- és Állatitermék Technológiai 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. Munka előzményei, célkitűzések

Ahhoz, hogy a kajszi a hazai gyümölcsstermesztés sikernövénye legyen elengedhetetlen, hogy újra definiáljuk a minőséget és kidolgozzuk a termesztés, tárolás, feldolgozás és értékesítés egymásra épülő rendszerét. Ehhez nélkülözhetetlen egy széles körű összefogás a kertészeti, élelmiszertudományi és kereskedelmi diszciplínák kutatói valamint az ágazatok résztvevői között. Új gondolatokra, a legjobb termőtájakon létesített, minden szempontból megtervezett és szakszerűen gondozott ültetvényekre, a legmodernebb szüreti és tárolástechnológiákra valamint összehangolt érékesítési koncepcióra van szükség, hogy kihasználhassuk hazánk adottságait és piacképes áruval jelenhessünk meg a világ gyümölcs piacain.

Doktori munkában a fentebb vázolt komplex fejlesztési koncepció egy szegletével, a kajszi szüret utáni folyamatainak vizsgálatával valamint a hűtve tárolás lehetőségeivel foglalkoztam, célul tűzve ki a termék jó minőségének hosszabb megőrzését és ezáltal értékesítési idejének (szezonjának) növelését. A kajszi szüreti időpontja lehetővé teszi, hogy az elsősorban almatárolásra kialakított úgynevezett szabályozott légterű tárolók adta kapacitásokat kihasználjuk. Az eddigi hazai gyakorlat nélkülözötte ezen tárolók alkalmazását más gyümölcsfajokra, pedig a gazdaságossági szempontokat mérlegelve érdemes lehet ezen tárolóegységek használata. A modern és napjainkban egyre elterjedtebb szabályozott légterű hűtőtárolók segítségével képesek lehetünk a kiváló magyar kajszi minőségének hosszabb idejű megőrzésére, azonban a technológia alkalmazása igen nagy körültekintést és odafigyelés igényel, hiszen egy rosszul megválasztott légtérösszetétel vagy hőmérséklet beállítással a betárolt gyümölcs teljes értékvesztése is bekövetkezhet.

Munkám fő célja a legelterjedtebb hazai kajszifajták biológiai aktivitásának, a kis oxigéntartalmú tárolási környezet hatásának és kinetikájának kutatása volt, melynek megvalósításához az alábbi feladatokat tűztem ki:

1. Roncsolás-mentes vizsgálati eljárások alkalmazása kajszi érettségének meghatározására.
2. Kajszi légzéskinetikájának elemzése. Vizsgálati módszer és mérőrendszer összeállítása a légzési mechanizmus tanulmányozására, beleértve a légzés hőmérséklet és oxigénkoncentráció függésének vizsgálatát.

3. Módszerfejlesztés az optimális gázösszetétel meghatározására a kajszi szabályozott légterű tárolása során a tárolhatósági idő növelése és a mennyiségi és minőségi veszteségek csökkentése érdekében.
4. Módszerfejlesztés a szabályozott légterben tárolt kajszi gázterében lévő - a kajszi minőségére utaló - komponensek detektálására.
5. Tárolási kísérletek végzése normál és szabályozott légterű tárolástechnológia alkalmazásával, célozva a légösszetétel optimalálása által az eltarthatósági idő növekedését és a termék minőségi jellemzőinek megóvását.

## **2. Anyagok és módszerek**

Vizsgálataimhoz a 'Ceglédi bíborkajszi' a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' kajszi fajtákat választottam, melyek a Pilis-hegység kapujából, egy Pomázi kajszi ültetvényből származtak. A gyümölcsök szüretelésében személyesen is részt vettem, célozva a mintahalmaz minél nagyobb mértékű egyöntetűségét.

A roncsolás-mentes vizsgálatokhoz a kajsziakat vizuális megítélés (színezettség) alapján 3 érettségi fokozatba soroltam: 1 – éretlen (75% alatti érettség), 2 – tárolásra érett (80 - 85%-os érettség), 3 – fogyasztásra érett (95%-os érettség feletti). A színmérésnél a gyümölcs alapszínének legzöldebb pontját és a fedőszín legpirosabb pontját választottam ki. A színmérést Minolta CR-200 típusú (Minolta Co., JPN) reflexiós, tristimulusos színmérő készülékkel végeztem. A roncsolás-mentes állományméréseket SMS (Stable Micro Systems Ltd., GBR) TA.XTPlus készülékkel végeztem és az úgynevezett mechanikai hiszterézist mértem. Az akusztikus és impakt állományvizsgálatokhoz AFS állománymérő berendezést használtam (JT28-01-09, AWETA BV., NED), míg a gyümölcsök NIR spektrumát 700-1700 nm spektrumtartományban 2 nm-es spektrális lépésközzel rögzítettem MetriNIR 1017 PR típusú reflexiós NIR készülékkel (MetriNIR Kutató, Fejlesztő és Szolgáltató Kft., HUN).

A kajszi légzéskinetikájának elemzéséhez nyílt rendszerű illetve zárt rendszerűvé alakítható, két mérőkamrás, nagy érzékenységgű (0-9999ppm) infravörös CO<sub>2</sub>-érzékelőkkel (ALMEMO 3290, Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH., GER) ellátott respirométert használtam. Vizsgáltam a légzés hőmérséklet- és oxigénkoncentráció függését.

A fotoszintetikus aktivitás vizsgálatához Plant Efficiency Analyser (PEA) nevű (FMS-2, Hansatech Ltd., GBR), hordozható, amplitúdó modulált (PAM) fluoreszcencia mérő készülékét használtam, míg az alsó oxigénküszöb érték meghatározása Moni-PAM (Heinz Walz GmbH, GER.) fluoreszcencia mérő berendezéssel történt.

Az alsó oxigénküszöb érték meghatározásához a szilárd fázisú mikroextrakciós mintavételi eljárást (SPME) is alkalmazásba vontam, célozva vele a kajszi alacsony oxigén szinten keletkező, anaerob légzésből származó illékony vegyületeinek a detektálását. A mérésekhez Perichrom 2100 típusú gázkromatográfot (Perichrom, FRA), míg a szétválasztáshoz DB-WAX (SGE Analytical Science Pty Ltd., USA) típusú oszlopot használtam. A mintavételezéshez használt SPME-szál típusa PDMS-DVB kopolimer volt, melynek filmvastagsága 65µm (Supelco Inc., USA).

A mikrobiológiai vizsgálatokhoz a törzsoldatkészítést és a hígítási sor készítését steril fiziológiás konyhasóoldattal végeztem el, majd a mezofil aerob élőcsíraszám meghatározásához Nutrient agart használtam fel, felületi szélesztéses eljárást végezve. Az élesztő- és penészs szám meghatározását DRBC (Diklorán-bengálrózsa-kloramfenikol) tápagon végeztem el, szintén szélesztéses eljárást alkalmazva. A mikrobiológiai eredetű romlási folyamatok során keletkező illékony komponensek detektálásához az SPME mintavétel tömegspektrometriás (Mass Spectrometry, MS) azonosításon alapuló gázkromatográfiás vizsgálatát (SPME-GC-MS) választottam, melyhez PR2100 típusú (Perichrom, FRA) gázkromatográfot, Agilent 5975 B VL típusú tömegspektrométert (Agilent Technologies Inc., USA) a szétválasztáshoz pedig BPX5 oszlopot (SGE Analytical Science Pty Ltd., USA) használtam. A mintavételezéshez használt SPME-szál típusa szintén PDMS-DVB kopolimer volt, 65µm-es filmvastagsággal (Supelco Inc., USA).

Doktori munkám során tárolási kísérleteket is végeztem normál és szabályozott légterű tárolástechnológiát alkalmazva. Az első kísérleti évben a növelt CO<sub>2</sub> koncentráció alkalmazásának hatását, míg a második évben az alacsony O<sub>2</sub> szint hatását vizsgáltam a kajszi hűtve tárolása során. A tárolás során vizsgáltam a minták tömegvesztését, légzésintenzitását, húskeménységét és polcon-tarthatóságát, a méréseket érzékszervi vizsgálatokkal egészítettem ki.

### 3. Eredmények

A színmérés, az akusztikus és impakt állományvizsgálat valamint a precíziós állománymérés során kapott adatokból többváltozós matematikai-statisztikai modellt alkottam a különböző érettségi állapotú kajsziegyedek megkülönböztetésére. A közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazásával sikerült modellt alkotnom (kanonikus diszkriminancia analízis módszerével) a kajszi fajták azonosítására és az érettségi állapot meghatározására is.

Meghatároztam, hogy a vizsgált kajszi fajták légzésintenzitása exponenciális összefüggés szerint változik a hőmérséklet függvényében és az Arrhenius egyenlet statisztikus termodinamikai reprezentációja alapján az  $\ln(LI) - 1/T$  illesztett egyenes meredekségéből kiszámítottam az egyes fajtákhoz tartozó aktiválási energia értékeket.

Az alsó oxigénküszöb értékének meghatározásához a gyümölcs fotoszintetikus aktivitásának vizsgálati módszerét, az anaerob anyagcseretermékek gyümölcs feletti légteréből való gázkromatográfiás kimutatásának módszerét és a környezeti oxigénkoncentráció légzésintenzitásra gyakorolt hatásának mérési módszerét fejlesztettem ki. Megállapítottam, és igazoltam, hogy a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' kajszi fajták alsó oxigénküszöb értéke 1,1-1,2 tf% oxigénszinten található.

Megállapítottam, hogy a mikrobiológiailag fertőzött kajszi feletti légtérből detektált illékony komponensek különböznek az ép, mikrobiológiailag nem fertőzött kajsziakra jellemző vegyületektől. Egyértelműen azonosítottam azon vegyületeket, melyek a mikrobiológiailag fertőzött kajsziakat jellemzik.

Az alkalmazott gázösszetételek közül a 8 tf%-os CO<sub>2</sub> koncentráció alkalmazása során a gyümölcsök fokozott hús barnulási hajlamot mutattak, ezért alkalmazása kerülendő. A túlzottan alacsony oxigénkoncentráció (0,9 tf%) alkalmazása elsősorban a termék illatára és ízére hatott kedvezőtlenül, melyet az anaerob légzés anyagcseretermékeinek felhalmozódásával magyaráztam. Műszeres mérések és érzékszervi bírálatok eredményeivel igazoltam, hogy a vizsgált kajszi fajták 1,2 tf% O<sub>2</sub> és a 4 tf% CO<sub>2</sub> koncentrációjú, 1°C-os, 95% relatív páratartalmú tárolás alkalmazásával 28 napig képesek megőrizni áruértéküket.

#### 4. Új tudományos eredmények

1. A közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazásával többváltozós matematikai-statisztikai modellt alkottam a vizsgált 'Ceglédi bíborkajszi', 'Gönci magyar kajszi' és 'Pannónia' kajszifajták azonosítására és érési állapotuk fajtától független meghatározására.
2. Meghatároztam a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' kajszifajták légzésintenzitásának hőmérsékletfüggését. Igazoltam, hogy a respiráció exponenciálisan változik a hőmérséklet függvényében és megállapítottam az egyes fajták aktiválási energia szükségletét.
3. Módszereket fejlesztettem kajszi alsó oxigénküszöb értékének meghatározásához a légzésintenzitás mérés, a klorofill fluoreszcenciás mérés technika és a szilárd fázisú mikroextrakciós (SPME) mintavétellel kombinált gázkromatográfia alkalmazásával.
4. Megállapítottam, és igazoltam, hogy a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' kajszifajták alsó oxigénküszöb értéke 1,1-1,2 tf% oxigénszinten található.
5. Megállapítottam, hogy a 'Ceglédi bíborkajszi', a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' kajszifajták 1,2 tf% O<sub>2</sub> és 4 tf% CO<sub>2</sub> koncentrációjú, 1°C-os, 95% relatív páratartalmú tárolása nem okoz káros élettani elváltozásokat. Műszeres mérések és érzékszervi bírálatok eredményeivel igazoltam, hogy a javasolt szabályozott léghőmérsékletű tárolástechnológia alkalmazásával a termék 28 napig képes megőrizni áruértékét.

## 5. Következtetések és javaslatok

A kajszitárolás egyik alapfeltétele a gyümölcs megfelelő érettségi állapota. Ennek meghatározása jellemzően szemrevételezéssel történik. Vizsgálataim során sikerült roncsolásmentes vizsgálati módszerek alkalmazásával többváltozós matematikai-statisztikai modellt alkotnom, mely lehetőséget teremt arra, hogy a kajszit egy válogatósor érettség szerint elkülönítse. A közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazásával az érettségen túl a vizsgált fajták szétválogatása is megvalósíthatóvá vált. Érdeemesnek tartom a módszer alkalmazhatóságát több fajtán is kipróbálni és a modellt tovább finomítani.

Munkám során három mérési módszert sikerült kifejlesztenem kajszi alsó oxigénküszöb értékének meghatározására. A légzésintenzitás oxigénkoncentráció függésének mérési lehetősége valamint a gázkromatográfia alkalmazása lehetőséget teremt az optimális gázösszetétel meghatározására, azonban a pontos alsó oxigénküszöb érték megállapítása igen időigényes, kevésbé automatizálható és az eredményhez csak közvetett méréssel jutunk. Ezzel szemben a klorofill fluoreszcenciás mérés technika alkalmazása gyors, jól automatizálható, kevés beavatkozást igényel, és a gyümölcs reakciója azonnali, mely megteremti a rendkívül pontos alsó oxigénküszöb érték meghatározását. A fotoszintetikus aktivitás mérés alkalmazásával képesek lehetünk a szabályozott légterű tárolás során a gyümölcs fiziológiai állapotához igazodó beavatkozásra (dinamikus szabályozás), ha a műszert és a módszert a tárolás monitoring rendszerébe beépítjük és az oxigénkoncentráció szabályozást az  $F_0$  alapfluoreszcencia érték változásához kötjük. Az anaerob légzés során termelődő, a gyümölcsöt körülvevő légterben mérhető Acetaldehid és Etanol mennyisége jó jelzőszám. Érdeemes lehet a két vegyület detektálására célműszert alkalmazni, melynek beruházási költsége és szaktudás igénye messze elmarad a ma még költségesnek számító gázkromatográfia alkalmazásához képest. Egy ilyen Etilalkohol/Acetaldehid érzékelő szenzor ugyancsak alkalmas lehet a szabályozott légterű tárolás közbeni gázösszetétel optimalizálásához. Terveim között szerepel a három módszer további gyümölcs és zöldségfajokon való vizsgálata és a gyakorlati alkalmazhatóság kialakítása.

A szabályozott légterű tárolástechnika optimális gázösszetételét eddig elsősorban empirikus kutatások pozitív eredményei alapján határozták meg. Az alsó oxigénküszöb érték meghatározása lehetőséget teremtett a minőség hosszabb idejű megőrzésére, azonban egyes fiziológiai elváltozások (pl. húsbarnulás) még az oxigénkoncentráció optimalás ellenére is



bekövetkezhetnek, ezért ezen empirikus kutatások létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen. A tárolás során a gyümölcsben zajló biokémiai és fiziológiai változások alaposabb megismerése, roncsolás-mentes nyomonkövetése és a nem kívánt folyamatok korai detektálása kutatói munkám és a tudományterület jövőbeni irányvonalát is meghatározzák.

## 6. Az értekezés témaköréhez tartozó fontosabb publikációk

### Publikáció folyóiratban:

#### IF-es folyóiratcikk:

Kantor D. B., **Hitka G.**, Fekete A., Balla Cs. (2008): Electronic Tongue for Sensing Taste Changes with Apricots during Storage. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 131 pp. 43–47 (IF:2,331)

#### Nem IF-es folyóiratcikk:

**Hitka G.**, Balla Cs. (2010): Új vizsgálati módszerek kajszifajták oxigénküszöb értékének meghatározására. *Élelmiszer Tudomány Technológia* LXIV. évf. 1. Különszám pp.27-28.

**Hitka G.**, Balla Cs.(2010): Kajszai szabályozott légterű tárolási technológiájának fejlesztése. *Értékálló aranykorona, Országos Mezőgazdasági Szaklap*, 10 (8), pp. 15-16.

Balla Cs., **Hitka G.** (2009): Élelmiszertudományi Kutatások a Corvinus Egyetemen – A szabályozott légterű hűtőtárolás új vizsgálati módszere. *Gazdasági Tükörcső Magazin*. 2009/5. p 40

### Könyv, könyvrészlet:

Balla Cs., **Hitka G.**, Horti K., Dalmadi I., Polyákné Fehér K., Árva J., Apali Szabó J., Csukáné Nemes M., Jónás G., Pásztorné Huszár K., (2008): Az alma és a kajszai környezet kémiai természetének, szüret utáni kezelésének és feldolgozásának fejlesztése a hevesi térségben. In: Tóth Magdolna (szerk): *Kajszai és alma szabályozott légterű tárolási technológiájának fejlesztése*. Magyar Mezőgazdaság Kft., Budapest. 37-42. o. ISBN 978-963-06-6487-5

### Konferencia kiadványok:

**Hitka G.**, Balla Cs., Gyepes A. (2009): Early detection of storage disorders of apricots and japanese plums. *Environmentally Friendly and Safe Technologies for Quality of Fruits and Vegetables*. COST 924 action, Portugal, Faro, 14-16 January 2009. Book of abstract, p. 43

**Hitka G.**, Balla Cs., Csobanczi A., Saska T., (2008): Determination the lower oxygen limit of 'Granny Smith' apples by application of solid phase microextraction. *CIGR - International Conference of Agricultural Engineering. XXXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola*. Brazil, August 31 to September 4, 2008, Conference CD: ISSN 1982-3797

**Hitka G.**, Balla Cs., Csobanczi A., Saska T. (2008): New methods to determine the level of low oxygen limit. *Postharvest Unlimited 2008, COST 924 action*, Germany, Berlin, 4-7. November 2008. Book of Abstract, *Bornimer Agartechnische Berichte*, Heft 64, Potsdam-Bornim (ISSN 0947-7314) p. 152

**Hitka G.**, Balla Cs. Fodor P., Gyepes A. (2008): Studying postharvest processes in fruits by application of solid phase microextraction (SPME) *The 2008 Joint Central European Congress, 4th Central European Congress on Food 6th Croatian Congress of Food Technologist, Biotechnologists, and Nutritionists*, Cavtat, Croatia, 14-17. May. 2008, Book of Abstract, p. 98.

- Hitka G.**, Balla Cs. (2007): Klorofill fluoreszcencia változásának vizsgálata oxigénküszöb meghatározása céljából. (Investigation of changes in chlorophyll fluorescence in order to determinate the level of low oxygen limit) Lippay János - Ormos Imre - Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2007.11. 7-8. pp. 262-263
- Balla Cs. **Hitka G.**, Fodor P., Gyepes A. (2007): Szilárd fázisú mikroextrakciós eljárás (SPME) alkalmazása gyümölcsök posztharvest folyamatainak tanulmányozására (Application of Solid Phase Microextraction (SPME) for studying postharvest process in fruits) Lippay János - Ormos Imre – Vas Károly Tudományos Ülésszak, Budapest, 2007. november 7-8. pp. 264-265

**Hivatkozások (önhivatkozás nélkül):**

- Oliveri, P., Casolino, M.C., Forina, M. (2010): Chemometric Brains for Artificial Tongues. In *Advances in Food and Nutrition Research*. Academic Press ISSN: 10434526 Vol. 61 pp. 57-117.
- del Valle, M. (2010): Electronic tongues employing electrochemical sensors. *Electroanalysis* 22, (14): 1539-1555,
- Gutiérrez, J. M., L. Moreno-Barón, M. I. Pividori, S. Alegret, and M. del Valle. (2010): A voltammetric electronic tongue made of modified epoxy-graphite electrodes for the qualitative analysis of wine. *Microchimica Acta* 169, (3): 261-268,
- Escuder-Gilabert, L. & Peris, M. (2010): "Review: Highlights in recent applications of electronic tongues in food analysis", *Analytica Chimica Acta*, vol. 665, no. 1, pp. 15-25.
- Javanmard, M., F. Garousi. (2009): Shelf-life of whey protein concentrate-gellan coated apricots (*prunus armeniaca* L.). 5th International Technical Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management: 1250-1262,
- Gatti, E., B. G. Defilippi, S. Predieri, and R. Infante. (2009): Apricot (*prunus armeniaca* L.) quality and breeding perspectives. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 7, (3-4): 573-580,
- Ali Batu (2009): Storage Suggestion of Apricot In Modified Atmosphere Packaging. *Electronic Journal of Food Technologies* Vol: 4, No: 1, pp. 9-19