

RÉSZLETES SZAKMAI ZÁRÓJELENTÉS

2005-2007

Előzmények

A frissen betakarított, legtöbbször gyorsan károsodó, ezért hűtés igényes, piaci forgalmazásra szánt zöldségfélék tárolása az eltarthatósági idő növelését, az ehhez tartozó meghatározott minőségszint megőrzését célozza ma már fajtaspecifikus technológiai feltételek között.

A korszerű zöldségtárolással kapcsolatos alapozó és fejlesztő szintű nemzetközi kutatások középpontjában ma a betakarítási időpont tárolás-centrikus megválasztása, a nyersanyag minőségének gyors és objektív meghatározása, a technológia-optimalás és a minőségmegőrzés esélyének ismerete, más szóval a tárolhatóság lehetséges és reális időtartamának elméleti és gyakorlati megítélése áll.

A soktényezős feladat kutatása azt is célozza, hogy a hűtőtárolás várható sikere vagy sikertelensége ne csak a tapasztalatokon, üzemi szokásokon, vagy a piac diktálta feltételeken múljon, hanem a friss (nyers) termék menedzselésére tárolástechnológiai és kereskedelmi stratégiát lehessen készíteni.

A szabályozott légterű hűtőtárolás lényege, hogy a gázszigetelt, hőmérséklet és páratartalom szempontjából kondicionált zárt helyiségben ömlesztve tárolt termék kényszeráramoltatásban tartott környezetében a levegő-összetevők kölcsönös mennyiségi viszonyai (gázkoncentráció, parciális nyomásérték) megváltoznak, illetve ezeket mesterségesen megváltoztatjuk. Például: az oxigén-koncentrációt 2-3 %-ra csökkentjük, a széndioxid mennyiségét 3-5 %-ra emeljük, miközben a nitrogén-tartalom 78 %-ról 94 %-ra növekszik. A légtér gázösszetételének megváltoztatása a glikolízis két legfontosabb szabályozó pontját a foszfo-fruktokináz és a piruvát-kináz enzimek aktivitását gyengíti. Gátló hatások jelentkeznek az anyagcsere trikarbonsav ciklusában. Az alacsony oxigén-tartalom biztosítása speciális műszaki feltételeket igényel.

A legkorszerűbb hűtőtárolási eljárás: a szabályozott légterű technológia ma elsősorban a friss szedésű, piaci értékesítésre szánt alma és körte téli, tavaszi eltartásában játszik döntő szerepet. Zöldségfélék esetében káposzta és gyökérféléknél alkalmazott eljárás. A sokszor bizonyított előnyök ellenére más zöldségfajnál gyakorlati szinten egyenlőre nem használt.

A szabályozott légterű tárolás különleges változata az, amikor 3-5 térf.% CO₂ –tartalom mellett a légtérben alacsony, ultra-alacsony oxigén-szintet (2 % alatt) állítanak be. Ezt a technikát illetve technológiát (amit ULO néven használnak legtöbbször) világszerte, így már nálunk is alkalmazzák téli alma és körte esetében. Az eljárás fontosabb előnyei: a légzési folyamat erőteljes gátlása, kedvezőbb termék-konzisztencia, a klorofill és a szerves sav tartalom kiváló megőrzése, erősen redukált etilénképződés és végül az érés, öregedés komplex gátlásán keresztül a tárolhatósági idő növelése.

Az ULO technológia teljességgel hiányzik a magyar zöldségtárolási gyakorlatból, eltekintve néhány sikerületlen adaptációs, zömmel empirikus jellegű próbálkozástól. Ennek oka az, hogy az eljárás elméleti megalapozottsága (biológiai, bio-kémiai, tárolástechnológiai és élelmiszerbiztonsági problémák tisztázása) hiányos, megoldatlan. A kutatásra váró feladatok zöme alapozó jellegű probléma. Az elmúlt 15-20 évben néhány ajánlással lehetett ugyan találkozni brokkoli, kelbimbó, kínai kel és vöröshagyma esetében. Az ULO tárolás alkalmazásának nagy kockázati tényezője az esetleges alkoholos erjedés fellépésének veszélye. Közel anaerob körülmények között, az optimálisnál szegényebb oxigén-koncentráció esetén ugyanis a biológiai oxidáció glikolízis szakaszában a piruvát először acetaldehiddé

dekarboxilálódik, majd NAD-tartalmú enzimek hatására etil-alkohollá redukálódik. A folyamat megfordíthatatlan és a nyersanyag (tárolt áru) piacképtelenségét eredményezi. Az aerob légzés és a fermentáció aránya természetesen más külső és belső tényezőktől is függ.

A kritikus oxigén-szint kutatása, meghatározása a zöldségfélék szabályozott légterű tárolásának, a technológia optimalizálásának egyik kulcstényezője. A hazai korszerű üzemi zöldségtárolás tovább nem nélkülözheti ezt az eljárást. Ennek révén áttörést lehet biztosítani hazai előállítású termékekkel a friss, nyers téli, tavaszi minőségi zöldségellátásban. Az ehhez szükséges alapozó kutatás nemzetközi összehasonlításban is jelentős.

A kutatási program háttérfeltételekkel

Vizsgálati nyersanyag

A kísérleti munkát 3 évre terveztük. A kutatás az étkezési paprika és a vöröshagyma hűtőtárolására koncentrált. A tárolási feltételek optimalizálása, az erre irányuló törekvések a betakarítás utáni termékpálya valamennyi fontos műveletére kiterjedtek.

Étkezési paprika

Késői szedésű, hidegen hajtattott, 90-95 %-os gazdasági illetve biológiai érettségű, mindhárom évben azonos termőhelyről (Soroksár) származó, friss, piaci minőségű (I. osztályú) termék. Fajta: *Hó* (fehér, kézi szedésű, átlagos bogyótömeg: 88 g); fajta: *Kárpia* (közel homogén piros bogyószín, kézi szedésű, átlagos bogyótömeg: 92 g).

Vöröshagyma

Szabadszállású eredetű, teljes gazdasági érettségben szeptember közepén betakarított, megfelelő idejű és mértékű szikkasztás után, külső levegővel szellőztetett, hűtött tárolóban elhelyezett termék. Az ilyen módon tárolt vöröshagyma mindig január hónapban került kísérleteinkbe, ULO tárolásra, I. osztályú minőségben. Ezzel lényegében viszonylag újszerű, kombinált tárolási eljárást alkalmaztunk. Megjegyzendő, hogy ez a kombináció a gyakorlat számára is feltétlenül költségkímélő. Fajta: *Makói bronz* (magról termesztett, géppel betakarított, héjazata bronzbarna, egyéves hagymaféle). Hagyma-átmérő: 50-70 mm. Kutatási tervünkben (2004) dughagymás termesztésű (2 éves) terméket kívántunk felhasználni. A magról termesztett hagymafélék azonban annyira jelentősek, hogy döntésünket végül is ez befolyásolta. A vöröshagyma mindhárom évben azonos termőhelyről: Szabadszállásról származott.

Tárolási körülmények

Étkezési paprika

Levegő-hőmérséklet: 7-8 °C, légnedvesség: 85-90 %, tárolás: áramló levegőben.

A levegő gázösszetétele:

1,0 – 1,5 % O₂ + 0,03 – 1,0 % CO₂ + N₂

1,0 - 1,5 % O₂ + 1,5 – 2,0 % CO₂ + N₂

1,5 – 2,0 % O₂ + 1,0 – 1,5 % CO₂ + N₂

2,0 – 2,5 % O₂ + 2,0 – 2,5 % CO₂ + N₂

3,0 % O₂ + 1,0 – 1,5 % CO₂ + N₂

kontroll: 21 % O₂ + 0,03 % CO₂ + N₂.

A paprika technológiai kezelés nélkül, válogatás után került a kamrákba. A fenti körülmények mindkét fajtára nézve azonosak voltak.

Vöröshagyma (szabadföldi)

Tárolás betakarítás után: külső levegővel szellőztetett, hűtött tárolóházban: levegő hőmérséklet: 1-4 °C, légnedvesség 65–75 %, konténeres raktározás áramló levegőben. ULO tárolásnál: levegő hőmérséklet: 1 °C, légnedvesség 65-75 %, tárolás áramoltatott levegőben, műanyag rekeszben.

A levegő gázösszetétele:

1,0 % O₂ + 1,0 % CO₂ + N₂

2,0 % O₂ + 1,0 % CO₂ + N₂

kontroll: 21 % O₂ + 0,03 % CO₂ + N₂ (hűtve: 1 °C, hűtés nélkül: 15-18 °C)

A hagyma válogatás után technológiai kezelés nélkül került a kamrákba.

Az ULO kísérleteket az Élelmiszertudományi Kar Hűtő és Állatiermék Technológiai Tanszékének közelmúltban felújított, műszakilag, technológiailag modernizált hűtőtárolójában végeztük.

Időterv

Az étkezési paprika és a vöröshagyma ULO tárolási kísérleteink a terveknek megfelelően, három éven át, közelebbről 2005-ben, 2006-ban és 2007-ben folytak.

Mérések, vizsgálatok, meghatározások

Piacképes hányad vizuális megítéléssel,

Hidegérzékenység vizsgálata vizuálisan,

Légzési és transzspirációs (apadási) veszteség, utóbbi egyedi mérés révén (előbbi esetében a mérőkör Balla Csaba, a team munkatársának fejlesztése),

Etilén meghatározása

NIR vizsgálat (PMC Spectralyzer 10-25, 1000-2500 nm),

Elektronikus orr használata (NST 3320 Applied sensor),

Látszólagos viszkozitás és nyírófeszültség alakulása vöröshagymánál (Rheomat 115 rotációs viszkoziméter),

Állománymérés akusztikus úton és ütészivsgálattal (Fizika- Automatika Tanszék fejlesztése)

Enzimaktivitás vizsgálat (POD-aktivitás) mindkét terméknél,

Száranyag-tartalom (tömegállandóságig történő mérés, Sartorius gyors nedvesség-meghatározó), pH-érték meghatározás (kombinált üvegelektrod),

Acet-aldehyd- és etil-alkohol-tartalom vizsgálata (Boehringer-féle enzimes teszt),

Érzékszervi bírálat (max. 9 pontos).

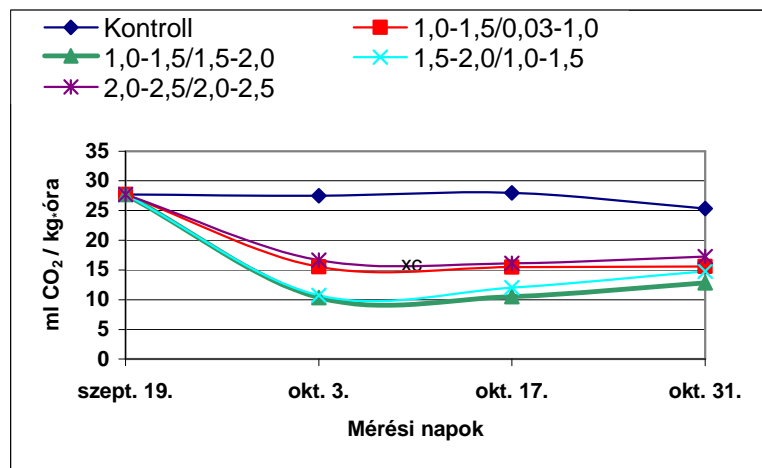
Megjegyzések a módszertani részhez: vöröshagymánál a kutatási tervben szereplő allicin enzim aktivitásának meghatározása helyett – amely rendkívül költségigényes lett volna – szintén a POD aktivitást vizsgáltuk. A paprika tárolásánál korábban tervbe vett C-vitamin és különböző színanyagok laboratóriumi meghatározását elhagytuk, mert fontosabban tartottuk, hogy a korábban vállalt 1 fajtához képest kísérleteinket még egy másik fajtával is kiegészíthessük. A korábban keletkezett és ma is jól hasznosítható tanszéki eredmények miatt a műszeres színmérést és az impedancia vizsgálatot az első év után feleslegesnek tartottuk elvégezni.

A kutatás legfontosabb eredményei

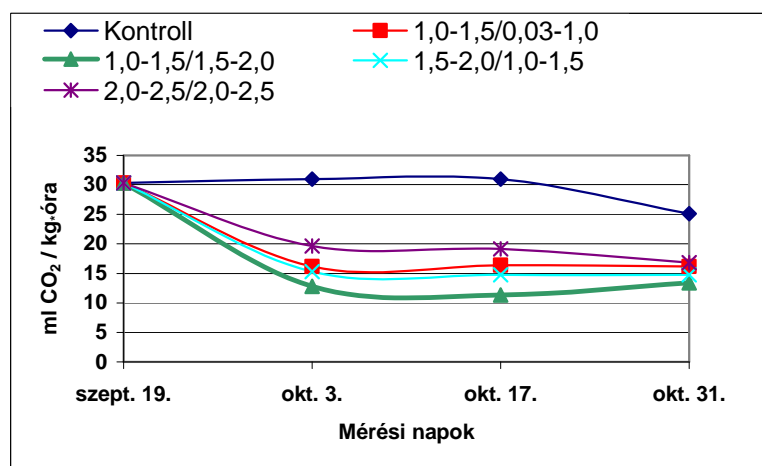
Étkezési paprika

Légzésintenzitás mérése

A méréseket a Hűtő és Állatitermék Technológia Tanszék szabályozott légterű tárolójához tartozó laborban végeztük kéthetente, fajtánként és kezelésenként 5 db paprikát felhasználva, kamrabontást követő 24 órán belül. A mérés során a három egymáshoz soros kötéssel összekapcsolt, zárt légkamrából álló mérőkör első illetve harmadik kamrájában elhelyezett szenzorok által szolgáltatott adatokat használtuk fel. Az első kamrában a belépő CO₂ koncentráció, míg a harmadik kamrában a kilépő CO₂ koncentráció kerül rögzítésre. A középső kamrában elhelyezett ismert tömegű zöldség a légzése révén növeli a belépő CO₂ koncentrációját, így az első és a harmadik kamrában mért koncentrációkülönbség alapján számítható a vizsgált zöldség által termelt CO₂ termelés [ml CO₂ / kg·h]. A méréshez állandó légáram szükséges, mely esetünkben 200 liter/óra volt. A mérésre elkülönített bogycsészék hőmérséklete megközelítőleg 20 °C volt. A következő ábrákon a két fajta 20 °C-on mért légzésintenzitásának változása figyelhető meg a tárolás során.



Hó paprika légzésintenzitása, 20 °C-on



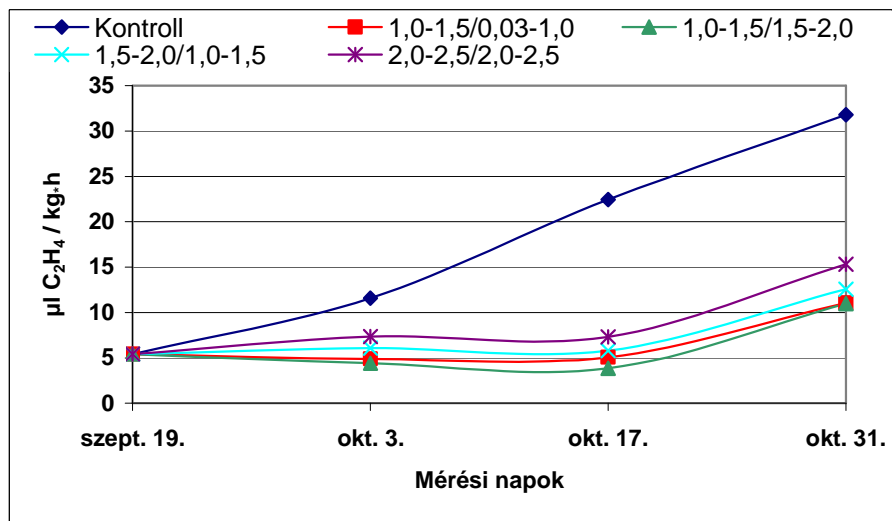
Kárpia paprika légzésintenzitása, 20 °C-on

Mérési adataink jól mutatják, hogy a szabályozott légterű kezelések kedvezően befolyásolták a paprika légzésintenzitását. A kezelések hatására, igaz különböző mértékben, de csökkent az egyes csoportokhoz tartozó zöldségek légzésének intenzitása. A legnagyobb mértékben

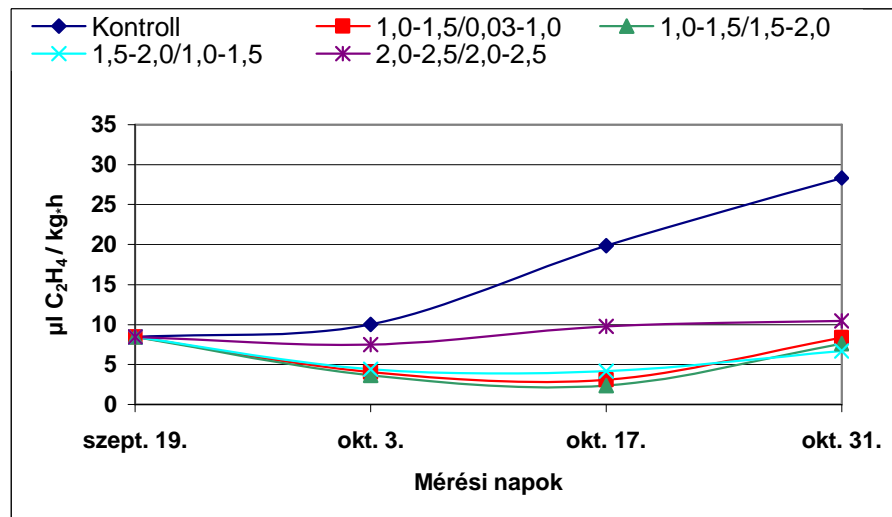
mindkét fajtánál a 8-as számú kamrában tárolt paprikák esetén csökkentek az értékek. Ez azt feltételezi, hogy ez a légtérösszetétel hatott a leghatékonyabban a paprikák érésmenetére.

Etiléntermelés

A méréseket a Hűtő és Állatitermék Technológia Tanszék szabályozott légtérű tárolójához tartozó laborban végeztük kéthetente, fajtánként és kezelésként 5 db paprikát felhasználva, kamrabontást követő 24 órán belül. A méréshez a paprikákat 1 órára 4250 ml-es üvegedénybe zártunk, majd az ezen idő alatt termelt etilénkoncentrációt ICA56 típusú etilén-gázelemzővel mértük 20 °C-on. A számítási módszer végén az eredményeket $\mu\text{l C}_2\text{H}_4 / \text{kg}\cdot\text{h}$ mértékegységben kaptuk meg.



Hó paprika etiléntermelése, 20 °C-on



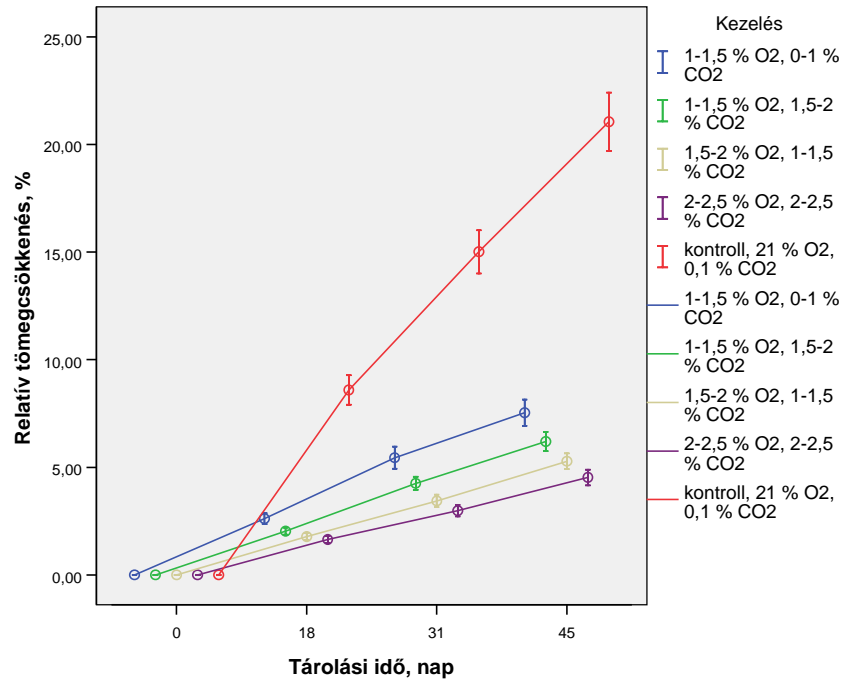
Kárpia paprika etiléntermelése, 20 °C-on

A kezelt paprikák etiléntermelése nem növekedett olyan mértékben, mint a kontroll csoport esetén. Mivel a kapott értékek nagyon alacsonyak (a paprikára nem jellemző a túlzott etiléntermelés) és ebben a mérési tartományban a műszer érzékenysége nem igazán megfelelő, az mindenféleképp megállapítható, hogy a kontroll és a kezelések között jelentős a

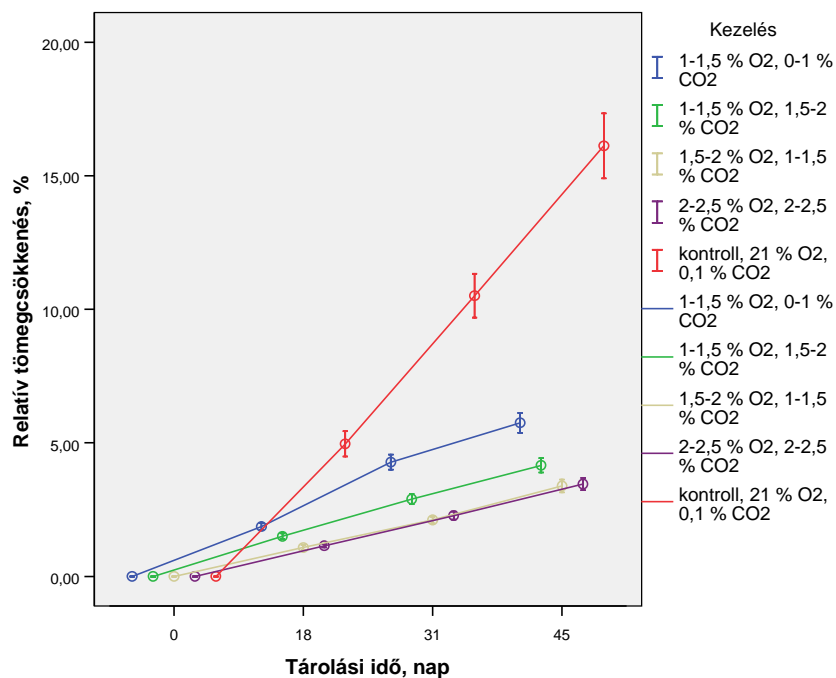
különbség. A legrosszabb értékekkel a 2,0-2,5-os kezelésnél találkozunk. A Kárpia paprika esetén a különbség jelentős volt a többi kezeléshez képest is.

Tömegváltozás (apadás) a tárolás során

Hó fajta



Kárpia fajta



A kontroll kezelésnél egyértelműen relatíve igen magas a tömegcsökkenés mindkét fajtánál. A CA/ULO kezelések között a tárolás végső szakaszában sincs szignifikánsan alátámasztható különbség. A viszonylag magasabb apadás a 25 - 50. nap közötti időszakban jelenik meg. Mértéke kitároláskor gyakorlati szinten még elfogadható. Hosszú évekre visszatekintő paprika

vizsgálataink alapján ma már közismert, hogy a legjellemzőbb intenzív párolgási pont a paprikabogyónál a kocsány, illetve annak vége.

Piacképesség alakulása

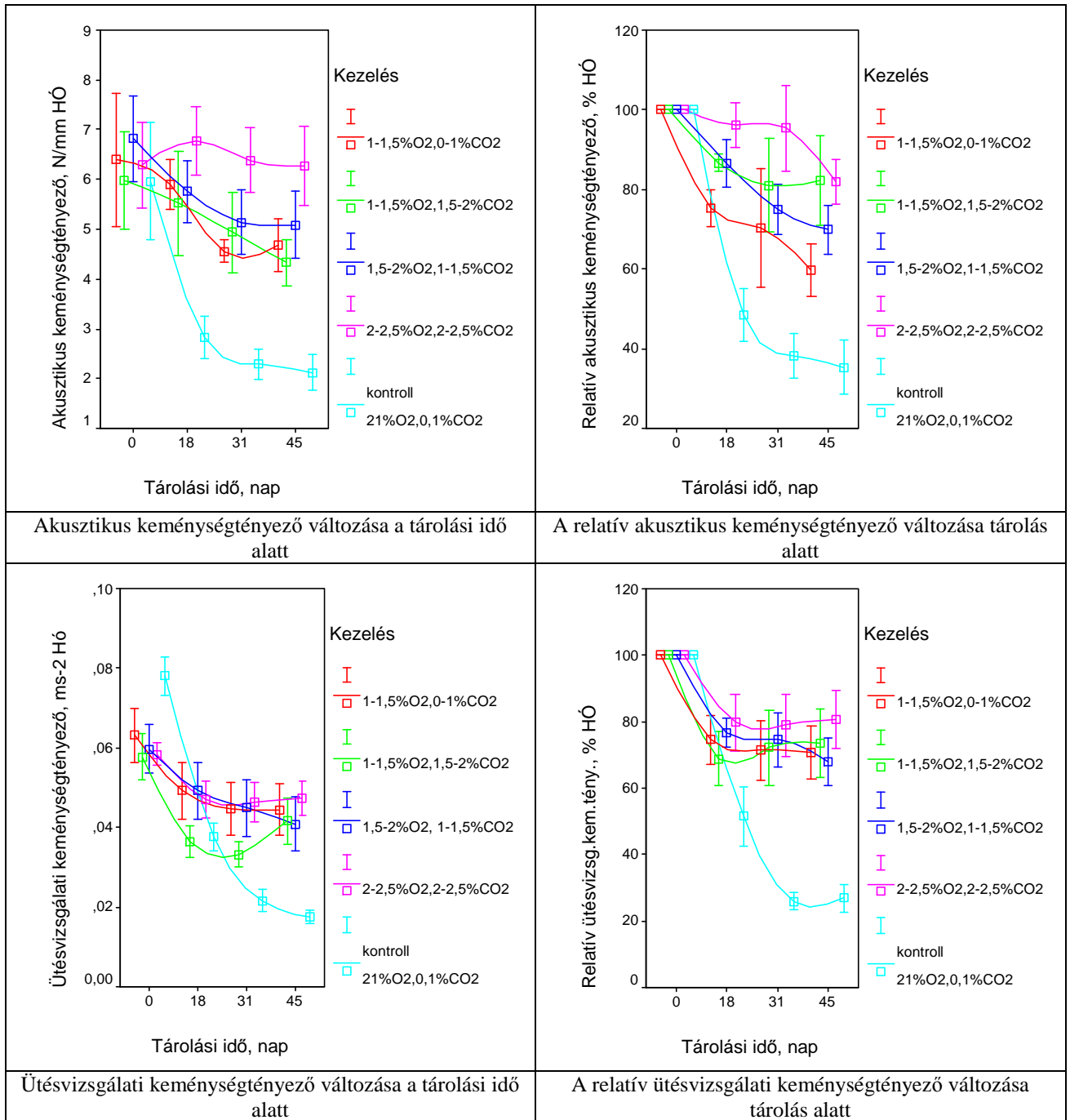
A paprikafélék vizuális minősítése a részkitárolások időpontjában és a kísérletek befejezésekor a hazai piaci nyersanyag előírások figyelembe vételével történt. A normál légtérben tárolt (kontroll) nyersanyagnál mindhárom évben, mindkét fajtánál szignifikánsan, nagyságrendekkel gyengébb minőség volt megfigyelhető. A 45-50 napos tárolási idő alatt a leggyakoribb romlási okok kontrollnál a következők voltak: baktériumos lágyrohadás, penészgyp a kocsányon, általános puhulás. A bogyó pirosodása nem indult be, hidegártalmat egyik évben sem tapasztaltunk.

A CA/ULO minták esetében a minőségi és mennyiségi veszteségek szignifikánsan kedvezőbbek. A Hó fajta mérsékelt veszteségi hányad mellett tárolható. A Kárpia némileg érzékenyebb az oxigén-szegény környezetre. A piacképességet illetően az ULO kezelések között már sokkal kisebb eltéréseket tapasztaltunk, de az optimális légtérösszetétel fajta szinten viszonylag nagy biztonsággal megadható. Ez a következő: Hó fajta: 1,0 – 1,5 % O₂ + 0,03 – 1,0 % CO₂ + N₂, Kárpia fajta: 1,5 – 2,0 % O₂ + 1,0 – 1,5 % CO₂ + N₂. A piacképességi mutató ezekben az esetekben 45-50 nap után 85-90 % körül van. A veszteségek oka között szerepel a termőtest lágyrohadása, a kocsány-penész és a paprika fonnyadása, túlzott apadása. Nyilvánvaló lett, hogy egyik fajta sem képes tartósan elviselni 1,5 – 2,0 % széndioxid feletti dózist. Általános benyomásunk, hogy a Hó fajta összességében sikeresebben tárolható ULO körülmények között. Kísérleteinknek az is fontos eredménye, hogy a 2 % alatti oxigén-tartalom (1,5 – 2,0 % CO₂ mellett) nem hosszabbítja meg a tárolhatósági időt, tehát nem növeli 50 nap fölé ezt az időszakot a klasszikusnak vehető CA-tároláshoz viszonyítva, ahol a korábbi években optimálisnak talált légtérösszetétel: 2 – 3 % O₂ + 3 – 4 % CO₂ + N₂ volt.



Akusztikus állománymérés, ütésvizsgálat

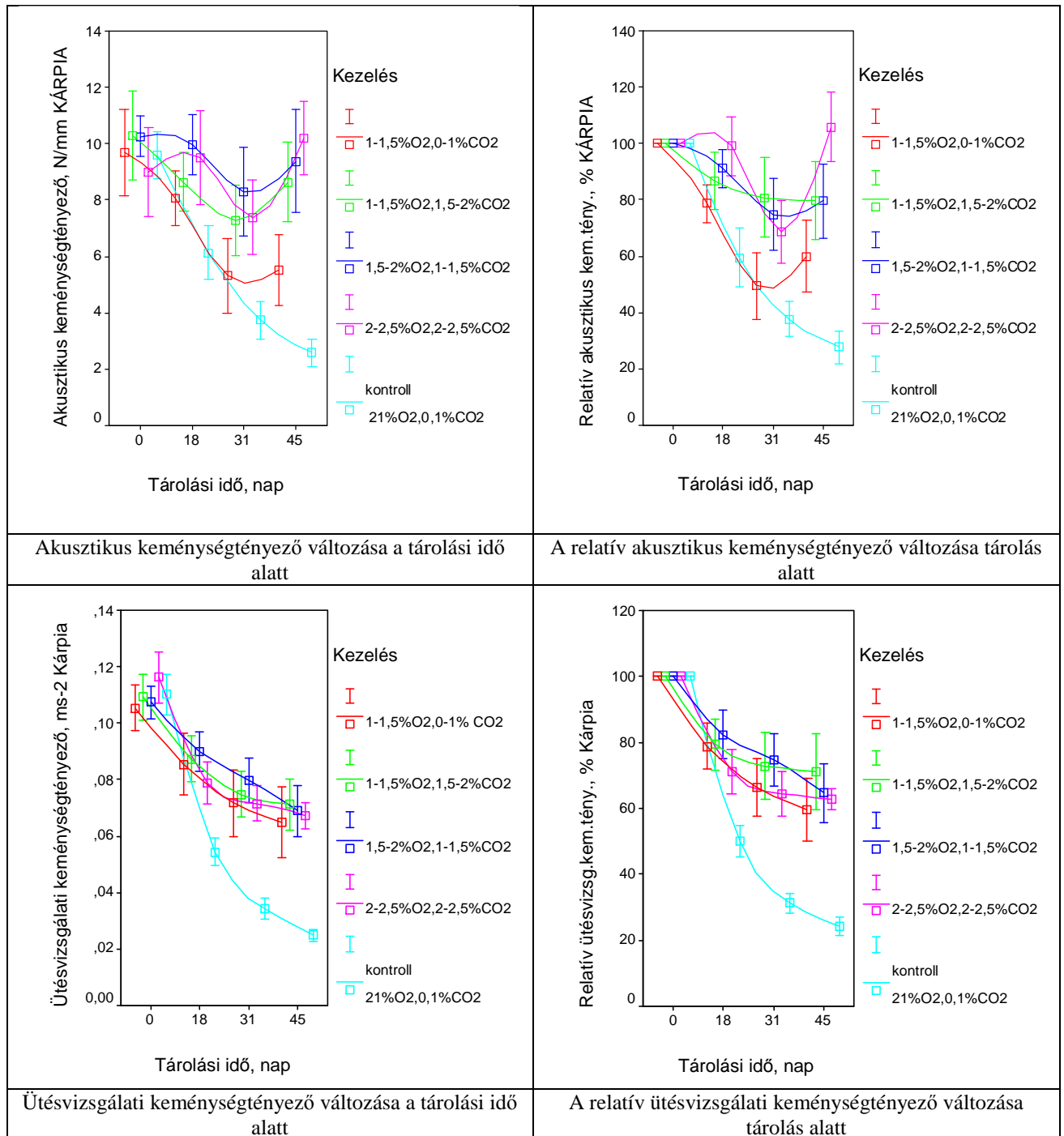
Hó



Mind az ütésvizsgálati, mind az akusztikus módszerrel mérve már a második mérési naptól kezdve 95 %-os szignifikancia szinten különbség volt tapasztalható a kezelt és a kontroll minták keménysége között. A kontroll minták a kísérlet 45 napja alatt kb. 70 %-ot, míg a kezelt minták csak kb. 20-40 %-ot veszítettek keménységükből. A különböző kezelések között az ütésvizsgálati módszerrel mérve nem volt szignifikáns különbség. Az akusztikus módszerrel szignifikáns eltérés volt kimutatható a kezelt minták közül az 1-1,5 % O₂ + 0-1 % CO₂ légtérben és a 2-2,5 % O₂ és 2-2,5 % CO₂ légtérben tárolt paprikák között. Az 1-1,5 % O₂

+ 0-1 % CO₂ légtérben tárolt minták bizonyultak a legkeményebbnek, míg a 2-2,5 % O₂ és 2-2,5 % CO₂ légtérben tárolt paprikák a legpuhábbnak.

Kárpia



A Kárpia fajta esetében ütészvizsgálati módszerrel mérve szignifikáns különbség volt tapasztalható a kontroll és a kezelt minták keménysége között. A kontroll minták kb. 75-80 %-ot veszítettek keménységükből. A kezelt minták között szignifikáns eltérés nem volt kimutatható, mind a négy kezelt csoport kb. 30-40 %-ot veszített keménységéből a 45 napos kísérlet alatt.

Akusztikus módszerrel vizsgálva a kontroll minták és a kezelték között - a 2-2,5 % O₂ és 2-2,5 % CO₂ légtérben tároltak kivételével - már a második mérési időpontban (18. napon) szignifikáns különbség volt tapasztalható. A 2-2,5 % O₂ és 2-2,5 % CO₂ légtérben tárolt paprikák esetében ez a különbség csak a 31. naptól észlelhető.

Enzimes és kémiai természetű változások a tárolás alatt

H6

Minták		Száraz- anyag (%)	pH	POD aktivitás (E/g)	Acetaldehid (mg/100g)	Etil-alkohol (mg/100g)
Betárolás: 2006.09.13.		5,49	5,9	3789	0,0	0,0
1.mintavétel 2006.10.02.	Kontroll	6,43	5,8	11350	0,0	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	5,83	5,6	5313	0,4	0,0
	1,0-1,5/1,5-2,0	5,47	5,6	10340	0,3	0,0
	1,5-2,0/1,0-1,5	5,35	5,8	5460	0,4	0,0
	2,0-2,5/2,0-2,5	5,03	5,8	5997	0,3	0,0
2.mintavétel 2006.10.16.	Kontroll	6,47	5,7	3470	0,0	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	6,07	5,6	2772	0,7	0,0
	1,0-1,5/1,5-2,0	5,57	5,5	3533	0,5	0,0
	1,5-2,0/1,0-1,5	5,55	5,5	2942	0,3	0,0
	2,0-2,5/2,0-2,5	5,38	5,5	1767	0,4	0,0
3.mintavétel (kitárolás) 2006.10.30.	Kontroll	6,67	5,5	1595	0,3	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	5,99	5,5	2330	0,5	0,8
	1,0-1,5/1,5-2,0	5,49	5,4	1822	0,3	0,4
	1,5-2,0/1,0-1,5	5,29	5,6	1400	0,2	0,0
	2,0-2,5/2,0-2,5	5,40	5,5	1388	0,4	0,0

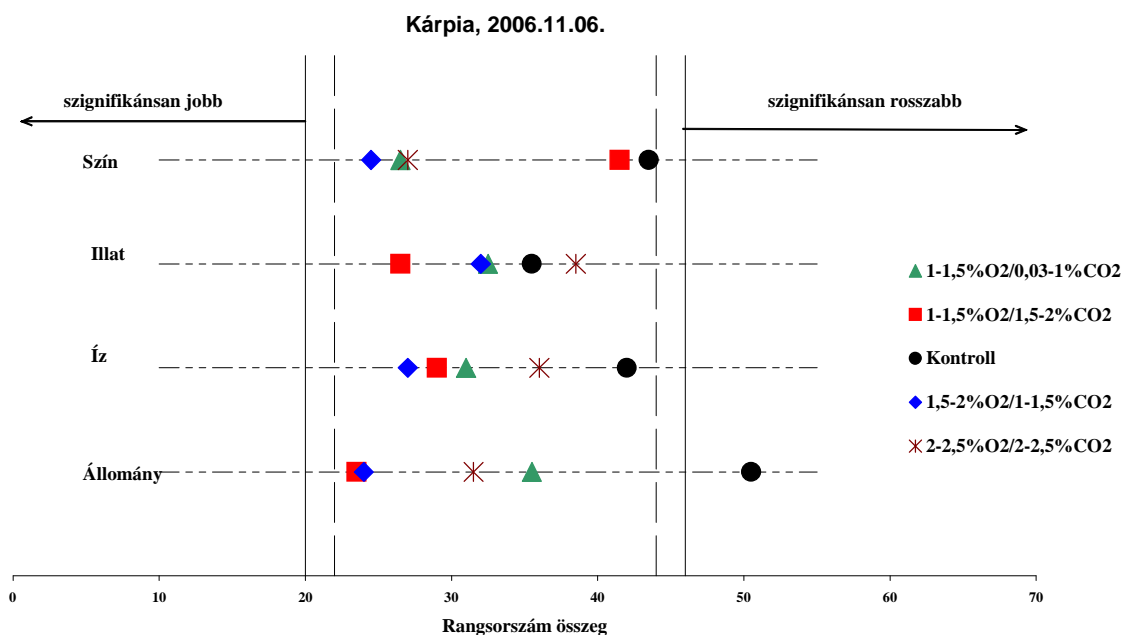
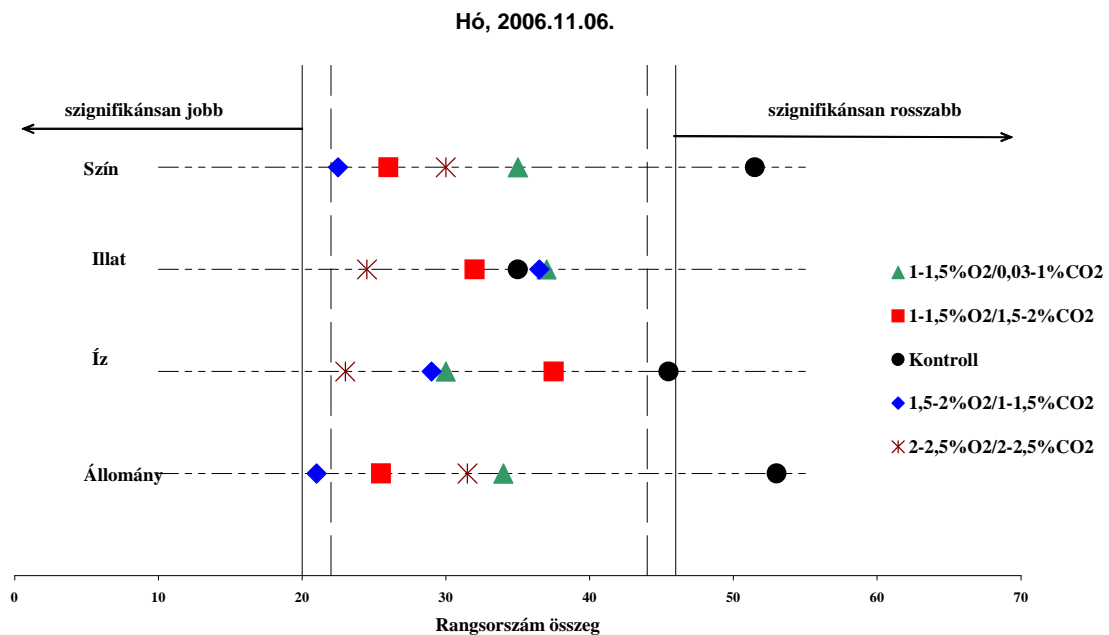
Kárpia

Minták		Száraz- anyag (%)	pH	POD aktivitás (E/g)	Acetaldehid (mg/100g)	Etil-alkohol (mg/100g)
Betárolás: 2006.09.13.		9,63	4,9	5751	0,0	0,0
1.mintavétel 2006.10.02.	Kontroll	11,57	4,6	13143	0,0	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	10,43	4,8	6690	4,4	0,0
	1,0-1,5/1,5-2,0	9,96	4,9	11052	0,3	0,0
	1,5-2,0/1,0-1,5	9,34	4,9	6738	0,3	0,0
	2,0-2,5/2,0-2,5	9,78	5,0	9110	0,5	0,0
2.mintavétel 2006.10.16.	Kontroll	11,17	4,7	4350	0,0	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	10,88	5,1	4640	8,4	0,0
	1,0-1,5/1,5-2,0	11,48	4,8	5615	8,0	0,0
	1,5-2,0/1,0-1,5	10,64	4,7	2315	3,9	0,0
	2,0-2,5/2,0-2,5	9,69	4,8	2067	5,8	0,0
3.mintavétel (kitárolás) 2006.10.30.	Kontroll	11,34	4,8	1587	0,2	0,0
	1,0-1,5/0,03-1,0	10,98	4,7	1725	2,4	2,3
	1,0-1,5/1,5-2,0	10,99	4,9	2733	0,2	1,1
	1,5-2,0/1,0-1,5	10,64	5,0	1577	0,2	0,8
	2,0-2,5/2,0-2,5	10,58	5,0	2350	0,2	0,2

Megjegyzés: az összes szárazanyag-tartalom az apadási veszteségek miatt adott esetben magasabb, mint a betároláskor mért érték. A paprikafajták beltartalmi változásai rendkívüli jelleget nem mutatnak. A számunkra legfontosabb jelenség az acetaldehid és az etil-alkohol

keletkezése, előfordulási gyakoriságában, mennyiségében önmagában és az érzékszervi bírálatok alapján (lásd később) nem utal káros légzési jelenségekre. Az enzimaktivitás a tárolás kezdeti időszakában tapasztaltakkal szemben a tárolási időszak végére alaposan visszaesik. A pH adatok tanulmányozásából kitűnik, hogy az öregedési és romlási folyamatok miatt számottevő elmozdulás nincs.

Érzékszervi bírálat



A pontozásos jellegű érzékszervi bírálat 10 fővel, a kitérő követően az un. polcállóságra vonatkozó 5 napos időtartamot is figyelembe véve az ilyenkor szokásos körülmények között történt. Látható, hogy a szignifikánsan rosszabb rovatban a kontroll paprika állományézete

illetve a Hó fajtánál a színérzet szerepel. Ez minden más eredményünkkel egyező. A bírálók bizonyítható módon nem éreztek a tárolás végén különösebb illat vagy íz torzulást. A kisebb eltérések nem szignifikánsak. Ugyanakkor az is igaz, hogy az ULO tárolt paprika minták a szignifikánsan jobb minősítést sem kapták meg. Az egyéb vizsgálatokkal együtt végső tapasztalatunk az, hogy a Hó és a Kárpia paprika íz- illetve illatanyagát a 45-50 napos ULO tárolás „megterheli”; kiüresedés, jellegtelenedés tapasztalható, tehát a friss állapotra jellemző kedvező érzékszervi tulajdonságok lassú eltűnése jellemző.

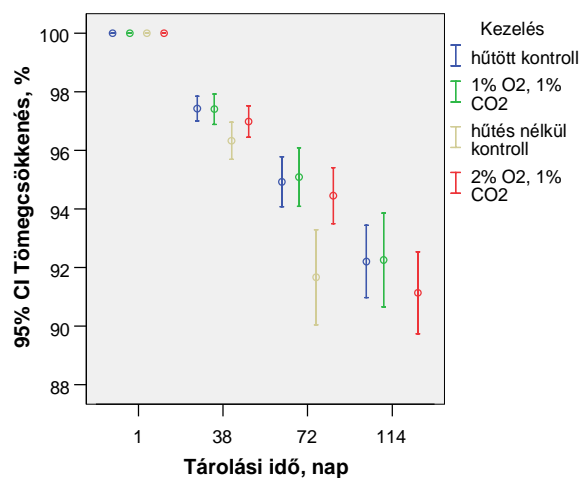
Vöröshagyma

Korábban említettük, hogy a vöröshagyma tárolása kombinációs jellegű volt. A szeptember közepén gépi úton felszedett terméket közel 4 hónapon át külső levegővel szellőztetett tárolóházban helyezték el. Ezt követően a kifogástalan minőségű vöröshagyma ULO feltételek közé került. Tárolási megfigyeléseink ilyen módon 110-180 napra vonatkoznak. A kitérőt mindíg május közepére ütemeztük. Kísérleteink középpontjában a termék kora tavaszi életciklusának megfigyelése állt, különös tekintettel a kihajtási hajlam gátolhatóságára és a minőségi és mennyiségi veszteségek mérsékelhetőségére.

Piacképeség és ezzel összefüggő megfigyelések

A vöröshagyma kísérletek egyik legjelentősebb eredménye, hogy az ULO kezeléseknél, összehasonlítva a normál légtérösszetételben tartott hagyma mintákkal, a hosszú tárolás végén, április, május hónapokban a kihajtási hajlam igen erősen gátolt, előfordulási gyakorisága nem volt több, mint 5 %. Normál légtérösszetételben, a kontroll hagymáknál május hónapban a kihajtás 30-35 %-os gyakoriságú. Az előbbi eredmény néhány német illetve olasz kutatóhelynek az 1990-es években publikált megállapításaival némileg ütközik, de ez a folyamat esetünkben mind a három évben tipikusan azonos volt.

A kontroll (hűtött) hagyma minta közepes mértékben puhult el, némileg összeesett, más egyedek fellazultak és 5-10 %-os mértékben penészgomba fertőzés is előfordult. Légzési aktivitása kitérőtároláskor (az ezt követő 24 órán belül) 20 °C-on 18-22 ml CO₂/kg*óra, a piacképeség pedig átlagosan 45-50 %-os volt. A mesterséges hűtést nem kapott kontroll hagyma március végén (az általunk beállított kísérletben kb. 12 hetes tárolás után) piacképtelenné vált.



A különböző körülmények között hűtve tárolt vöröshagyma minták légzési és transzspirációs veszteségét láthatjuk a fenti ábrán.

Különbség a kezelt minták tömegcsökkenése között csak a 72. tárolási naptól volt megfigyelhető. A hűtés nélkül tárolt kontroll minták szignifikánsan többet veszítettek tömegükből, mint a többi csoport mintái.

Az ULO kezelést jelentő 1 tf. % és 2 tf. % O₂ (mellette 1 % CO₂) valamennyi hagyma kísérletünkben alkalmasnak bizonyult a vöröshagyma komplex minőségvédelmére. Némi különbséggel a 2 % oxigén-tartalmú tároláshoz képest, az optimális kezelés: az 1 % O₂ és 1 % CO₂ + N₂ gázösszetétel. Az ilyen körülmények között hűtve tárolt hagyma május közepén 85-88 %-ban piacképes. Ez várakozáson felüli jó eredmény. Ennél a tételnél kihajtás, állomány-puhulás, általános öregedés és felületi penészesedés 1-2 %-ban fordul elő. A hagymát kitérőléskor (24 órán belül vizsgálva) 10-15 ml CO₂ termelés jellemzi 1 kg-ra és 1 órára vonatkoztatva.

Tárolás közbeni változások vizsgálata NIR technikával

A Makói bronz hagymák vizsgálatra szánt tömegéből elkülönítettünk (kiválasztottunk) 15 darabot, melyeket méret, alak és minőség szempontjából közel azonosnak ítéltünk. A tisztítás, a külső elszáradt, lehámozható barna levelek eltávolítása után a 15 hagymát három részre osztottuk. Az első 5 darabot normál légtérben, míg a másik 5-5 db-ot 1% illetve 2% oxigén tartalom mellett tároltuk.

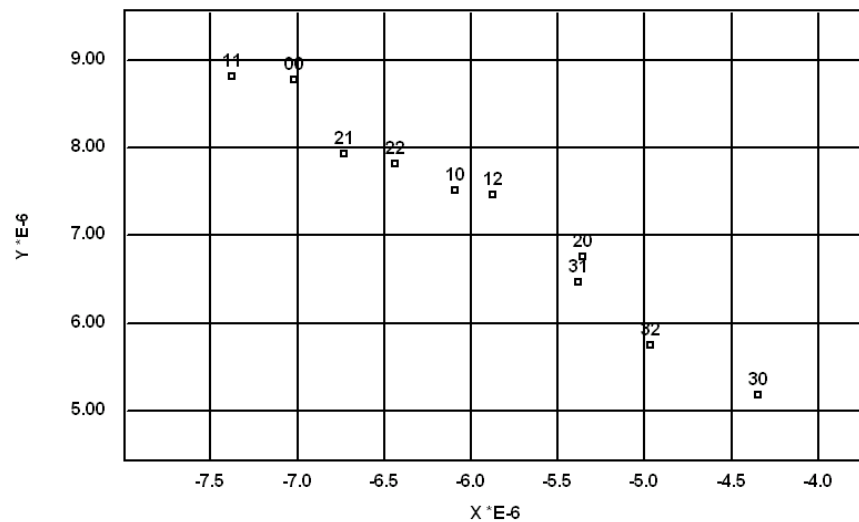
A 15 db hagyma minta spektrumait először közvetlenül a betárolás előtt, majd tárolás közben, végül a kitérőléskor mértük és adathordozón rögzítettük. A méréseket az 1000-2500 nm-es hullámhossz-tartományban végeztük, a spektrum-adatokat 2 nm-es lépésközzel rögzítettük. A méréseket a PMC gyártmányú SPECTRALYZER 10-25 típusú műszeren végeztük, reflexiós üzemmódban. A hagymákat a méréshez egy pormérés céljaira szolgáló mintatartó küvetta helyezett 30 mm nyílás-átmérőjű betétre (blendére) tettük, tengelyére merőlegesen világítottuk meg és a hagymáról visszavert sugarat a fénysugár irányához képest 45°-os szög alatt mértük (detektáltuk). A hagymákat egyedileg megjelöltük. Minden hagymán három mérést végeztünk a hagyma tengelye körüli 120°-os elfordítással; a hagymán a három mérés helyét is megjelöltük. A hagymák előtt fehér ETALON standardot mértünk viszonyítási alapként. A eredményeként a log(1/R) spektrumok kerültek rögzítésre. A mérési jegyzőkönyv tartalmazza a hagymák és a spektrumok jelölési rendszerét, melyből a 15 hagyma közül bármelyik hagyma, a három pozíció bármelyikének, bármelyik mérési időpontban mért spektruma azonosítható a spektrumok fájl nevei alapján. A mérési jegyzőkönyv a műszer és a terem hőmérsékleti adatait is tartalmazza. A műszer (a detektorok) hőmérséklete 22 °C és 22,9 °C között, míg a terem hőmérséklete a mérések során 22 °C és 26,5 °C között változott.

A mérések értékelésére – miután kvalitatív jellegű értékelésről van szó – a PQS (Polár Qualification System) módszert használtuk. Az értékeléshez az egy hagymán három pozícióban mért log(1/R) spektrumokat átlagoltuk; így az összesen 171 db spektrumot 57 db spektrumra redukáltuk. A log(1/R) spektrumokat simítottuk (5 pont) és második deriváltjukat (7 pont) képeztük. Ezen spektrumokkal hullámhossz-tartomány optimalizálást végeztünk, majd az azonos tárolási körülmények között kezelt 5 db hagyma, hagymánként átlagolt spektrumait átlagoltuk, és megjelenítettük a három különböző tárolásban részesült hagymák, négy különböző időpontban meghatározott minőségpontjait.

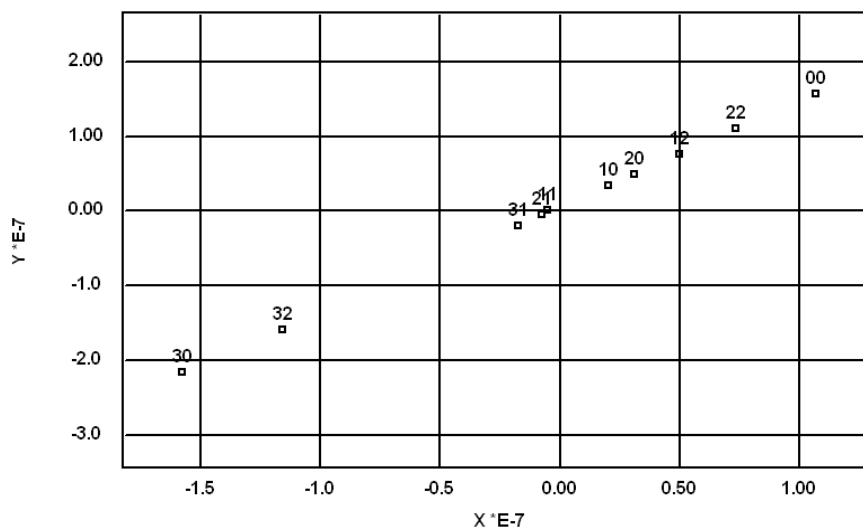
A hagyma minták 1130-1836 nm-es, 1512-1532 nm-es valamint 1020-1360 nm hullámhossz-tartományban mért spektrumaiból meghatározott minőségpontjai láthatók a következő három ábrán. A mintákat két számjeggyel jellemeztük; az első szám a mérés időpontjára, a második a tárolás módjára utal. (00: a tárolás előtti mérések minőségpontja; 10, 20, 30 a normál térben tárolt minták (kontroll minták) minőségpontjai a betárolás utáni három időpontban mérve; 11, 21, 31 az 1%-os oxigén, míg 12, 22, 32, a 2%-os oxigén-tartalom mellett tárolt minták minőségpontjai a betárolás utáni három időpontban.

Az ábrákból látható, hogy a NIR technika segítségével a hagymákban a tárolás folyamán bekövetkező változások (kémiai, biológiai és fizikai jellegű módosulások és azok kölcsönhatásai, együttesen) nyomon követhetőek. A különböző hullámhossz-tartományok felhasználásával meghatározott „minőségpontok”-ból egyértelműen megállapítható, hogy a legkisebb változás az 1%-os oxigén adagolás mellett tapasztalható, míg a legnagyobb változást a normál légtérben tárolt hagyma mintáknál tapasztaltuk.

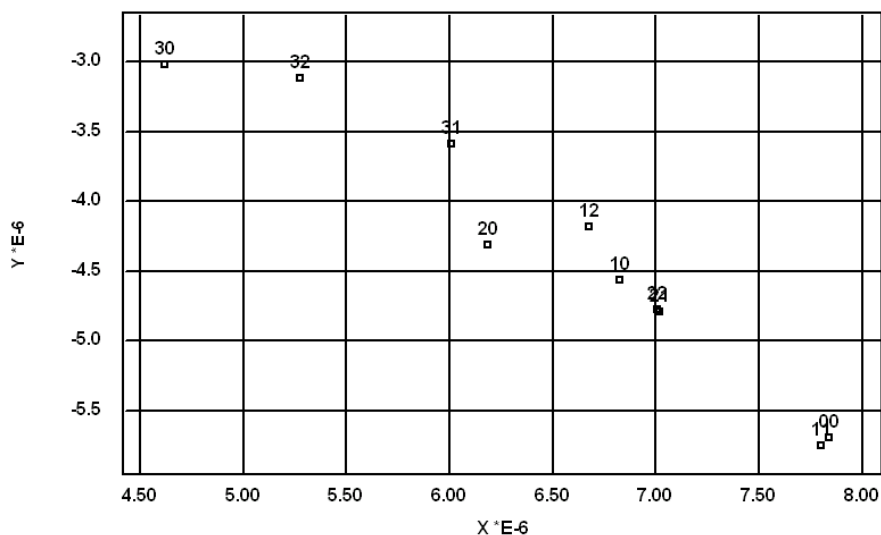
A spektrumokból az is nyilvánvaló, hogy a rövidebb hullámhossz-tartományt célszerű előnyben részesíteni, mert a hosszabb hullámhossz-tartományban a spektrumok zajosabbak és a sugárzás kis behatolási mélysége miatt, főleg a felületről adnak információt.



1130-1836 nm



1512-1532 nm

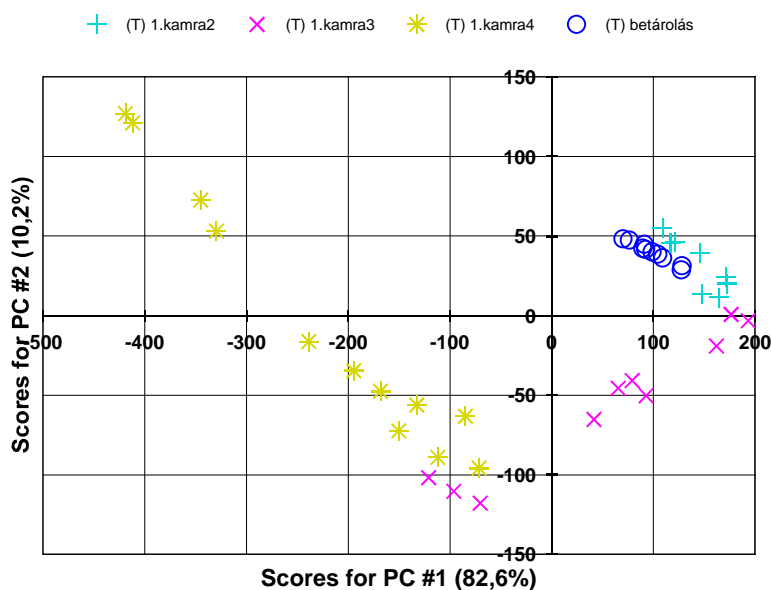


1020-1360 nm

Vizsgálatok elektronikus orral

A tárolás alatt bekövetkező változásokat első lépésben főkomponens analízissel (PCA) vizsgáltuk, amelyhez az összes kémiai érzékelő (22) jelét felhasználtuk. Az eredmények alapján mindhárom kezelés esetében hasonló tendencia mutatkozik. A szemléltetéshez az 1 % O₂ + 1 % CO₂ gázösszetételben tárolt mintákat választottuk.

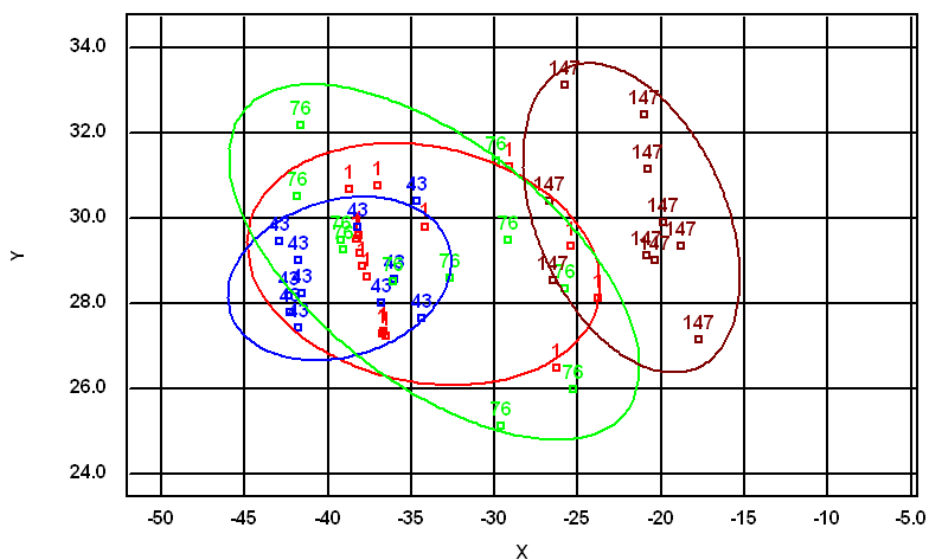
A vizsgált minták illata 43 napos tárolás során nem változott jelentősen. A hagyma-minták illatjellege kb. két és fél hónapos tárolás után kezd eltérni a frisstől. Az ábrán jól látható, hogy 76 nap elteltével az adatpontok a síkban elmozdulnak. Körülbelül öt hónap után a frisstől való eltérés egyértelművé válik, az adatpontok az eddigiekkel ellentétben egy másik sík-térfélen helyezkednek el. Az adatpontok az első két mintavételi időpontban egymáshoz közel találhatóak, ami arra utal, hogy a hagyma-egyedek közötti különbség relatíve kicsi. A későbbiekben viszont jelentős az eltérés a kezeléson belül az egyes hagymák között.



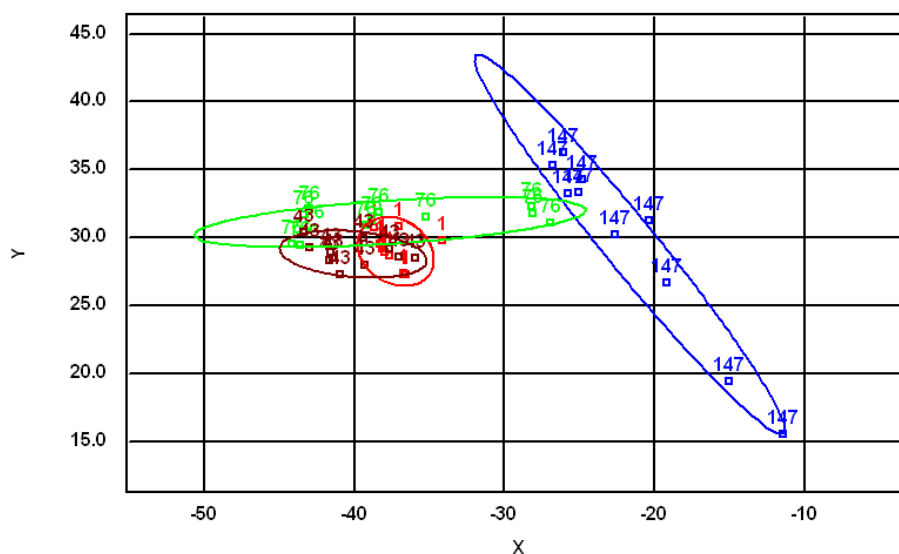
Jelmagyarázat: 1. kamra – 1 % O₂ + 1 % CO₂, betárolás- 1. nap, a mintajelölés utolsó számjegye pedig a mintavételi alkalomra utal, 2 – 43. nap, 3 – 76. nap, 4 - 147. nap.

A kontroll és a kétféle ULO kezelés tárolás alatti változásaiban PCA módszerrel különbség az illatban nem mutatható ki. Feltételezhető azonban, hogy a nagyon alacsony oxigén-tartalom, esetlegesen az anaerobhoz közeli állapot eltérést okoz. A magyarázat valószínűleg az, hogy a mérésekhez apró kockára vágott hagyma sérült sejtjeiben lévő illékony komponensek igen intenzív illatot adnak. A tárolás alatt kialakult kisebb illat-eltérések a PCA értékelésnél eltűnhetnek és csak a domináns hagyma illat határozza meg a kapott eredményt. Ez utóbbi pedig az összes kezelésnél hasonlóan változik.

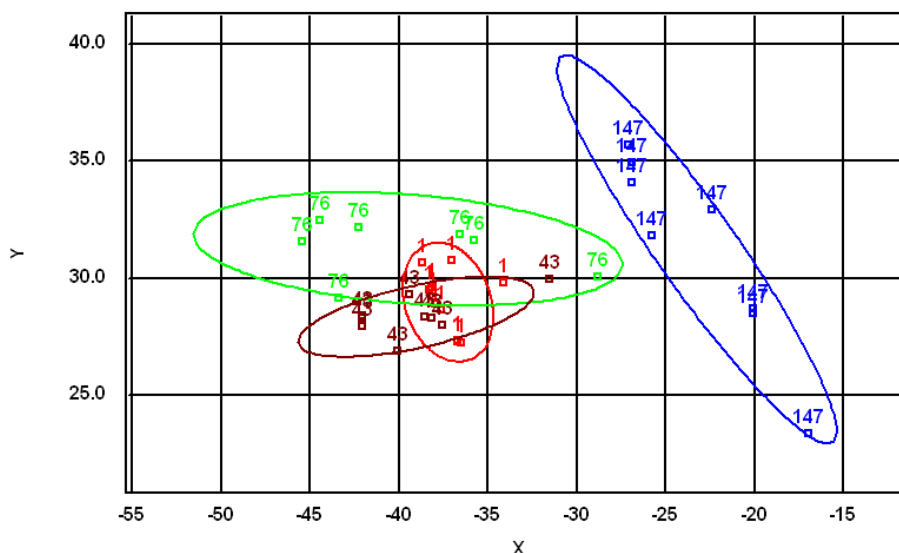
Az adatok elemzését a PQS módszerrel folytattuk. A normál légtérben tárolt minta minőségpont-ellipszisei átfedést mutatnak. 76 napig a minták között eltérés nincs. A tárolás végére, öt hónap után a minőségpontok kissé eltávolodnak az előző mintavételi időpont értékeitől, de az átfedés jelentős. A kontroll minta esetében a tárolás alatt az illatban bekövetkező változás kismértékű. A minőségpontok y koordinátái az egész tárolás alatt kb. 10 egységet fednek le (y = 25-33 között helyezkednek el a pontok).



Kontroll minták minőségpontjainak változása az idő függvényében
(a számok a tárolási napokat jelölik)



1 % O₂ + 1 % CO₂ összetételben észlelt változások a tárolás alatt

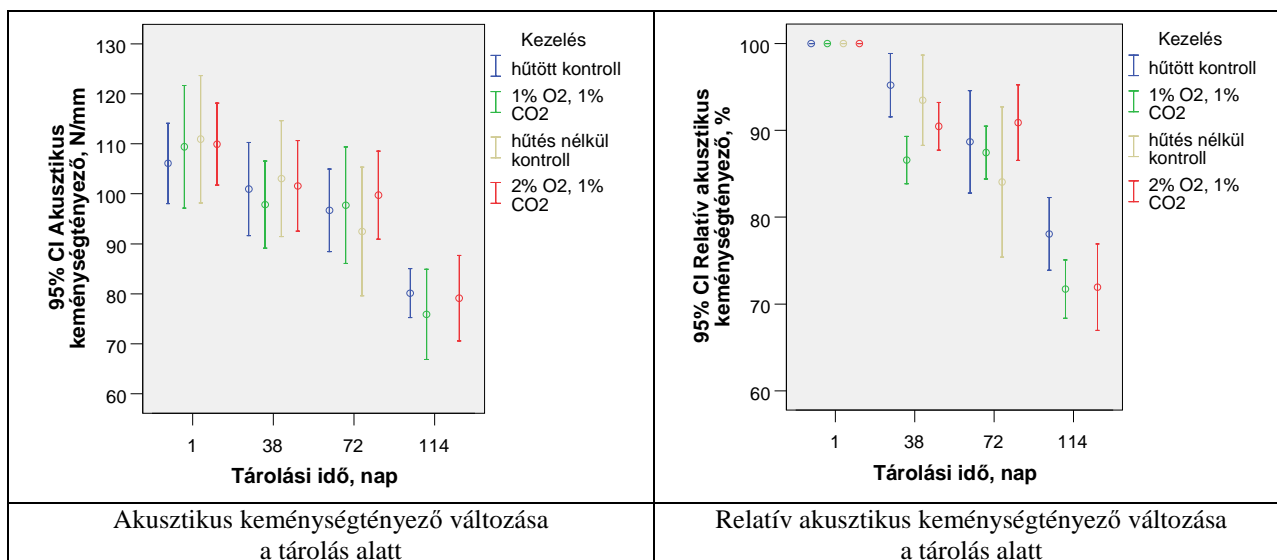


2% O₂ + 1% CO₂ gázösszetételben tárolt minta minőségpontjai

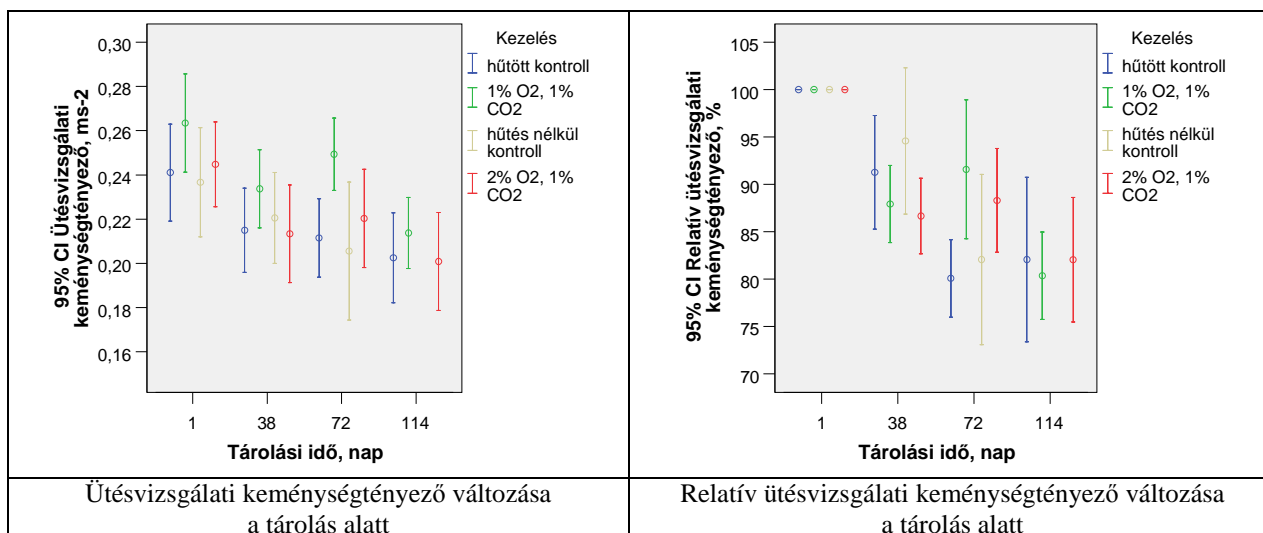
Az ULO körülmények között tárolt minták ettől részben eltérően viselkedtek. Az 1 % O₂ + 1 % CO₂ gázösszetételben tárolt hagyma illata kb. másfél hónapig alig tért el a frisstől. A minőségpontok nagymértékben átfedik egymást. Két és fél hónap után azonban a hagyma egyedek illata kezd megváltozni és a tárolás végére nagyon eltérnek egymástól (y = 15 – 36 között), valamint az azt megelőző időpontok értékeitől.

A 2% O₂ + 1% CO₂, gázösszetételben tárolt hagyma illata 76 napig csak kismértékben változik, statisztikailag nem különülnek el. Az is megállapítható, hogy az idő előrehaladtával az egyes hagymák közötti eltérés nő. Öt hónapos tárolás után a különbség jelentős, mind a kezeléson belül (y = 23-36 között), mind pedig a tárolás kezdetéhez képest.

Akusztikus állománymérés, ütésvizsgálat



Az egyes kezelések akusztikus és ütésvizsgálati módszerrel mért keménysége között a kísérlet ideje alatt szignifikáns különbség nem volt kimutatható. Az ütésvizsgálati módszerrel mérve az 1 % O₂ és 1% CO₂ összetételű légtérben tárolt hagyma szignifikánsan keményebbnek bizonyultak a kontrollhoz (hűtve) képest, azonban a többi kezeléstől nem tért el jelentősen. A korábbi csekély különbség a tárolási idő végére eltűnt.



Enzimes és kémiai természetű változások a hagyma tárolás során

Makói bronz

Minták		Száraz- anyag (%)	pH	POD aktivitás (E/g)	Acet- aldehid (mg/100g)	Etil- alkohol (mg/100g)
Betárolás		9,97	5,7	1557	0,0	0,0
36. nap	Kontroll, hűtve	9,97	5,6	1843	0,0	0,0
	Kontroll, hűtés nélkül	11,25	5,6	1983	0,0	0,0
	1% O ₂ + 1% CO ₂	10,40	5,6	1353	0,0	0,0
	2% O ₂ + 1% CO ₂	10,78	5,6	1047	0,0	0,0
70. nap	Kontroll, hűtve	11,09	5,6	1730	0,0	0,0
	Kontroll, hűtés nélkül	11,26	5,4	1680	0,0	0,0
	1% O ₂ + 1% CO ₂	11,63	5,6	1583	5,8	0,0
	2% O ₂ + 1% CO ₂	10,45	5,6	1453	3,7	0,0
Kitárolás 112. nap	Kontroll, hűtve	11,72	5,4	5803	0,0	0,0
	1% O ₂ + 1% CO ₂	11,62	5,5	997	7,4	1,9
	2% O ₂ + 1% CO ₂	10,60	5,5	783	5,2	0,6

Az összes szárazanyag-tartalom az apadási veszteségek miatt adott esetben magasabb, mint a betároláskor mért érték. A pH változás jelentéktelen. Az enzimaktivitás ciklikusan változó, a hosszú tárolási időszak végén jelentősen, bizonyíthatóan alacsonyabb. Szembetűnő a kontroll mintáknál mért viszonylag magasabb POD aktivitás. Bár az acetaldehid keletkezése a tárolási időszak utolsó 25 napjában emelkedő jellegű, alkoholos folyamat, fermentatív jellegű légzés kizárható. A vöröshagyma minták nyírófeszültségének és látszólagos viszkozitásának tárolás alatti változása zömmel monoton jellegű, új és lényeges információt nem hozott.

Érzékszervi bírálat

A vöröshagyma több hónapos eltartását követő végleges kitároláskor 11 bírálóval érzékszervi vizsgálatot végeztünk. A mellékelt pontszámokból és rangsorszám összegekből látható, hogy az alapvető érzékszervi jellemzők tekintetében szignifikáns különbséget a bírálók nem tapasztaltak. Ez alól kivétel a kontroll (hűtve) hagyma minta szignifikánsan gyengébb színérzete és az 1% O₂ + 1% CO₂ kezelésnél kapott szignifikánsan jobb színérzet. Az ultra

alacsony oxigén tartalom nem okoz a hagyma íz és illatérzetében bizonyítható, torz elváltozást, és idegenszerű anyagok keletkezése is kizárható.

Kezelések	Szín		Illat		Íz		Állomány	
	P	R	P	R	P	R	P	R
Kontroll, hűtve	6,2	30,0*	7,2	21	6,7	23	7,1	24
1% O ₂ + 1% CO ₂	8,0	14,5*	7,3	24	7,0	22	7,6	19
2% O ₂ + 1% CO ₂	7,0	21,5	7,4	21	7,0	21	7,5	23

Megjegyzés: P – pontszámátlag, R – rangsorszám összeg; rangsorszám összeg határértékei:
*P = 0,05 valószínűségi szinten 16 - 28,

Következtetések

- Vizuálisan értelmezhető mutatók, valamint az objektív módon vizsgált terméktulajdonságok és az érzékszervi megítélés tekintetében a legjobb áruminőséget a „Hó” fehér étkezési paprikánál az 1,0 – 1,5 % O₂ + 0,03 – 1,0 % CO₂ + N₂ gázösszetételben kaptuk. Eltarthatósági idő: 45-50 nap (4-5 napos utótárolás nélkül). Kiemelkedő mértékben megőrizhető a bogyók színe és állománya. Az ULO viszonyok nem növelik a termék hidegártalomra utaló hajlamát, s kedvező mértékben gátolják a légzésintenzitást. Követelmények a betárolt nyersanyaggal szemben: betakarítási időpont: szeptember közepe, érettségi állapot: közel teljes gazdasági (piaci) érettség, összes szárazanyag-tartalom: 5,8 - 6,3 %.
- „Kárpia” piros színű étkezési paprikánál közepes mértékű oxigén-érzékenység volt megfigyelhető. Az ideális gázösszetétel: 1,5 – 2,0 % O₂ + 1,0 – 1,5 % CO₂ + N₂. A tárolhatósági idő 4-5 napos polcállóság nélkül: 40-45 nap. Színe jól őrizhető, öregedési, romlási hajlama a 25 -30. nap körül jelentkezik. A bogyók felületén megfigyelhető késői ráncosodás (nem kiszáradási tünet) nehezen fékezhető. A légzési és a transzspirációs veszteség a Hó fajtához hasonlóan 4-5 %. Nyersanyag követelmények betároláskor: szedés: szeptember közepe, érettségi állapot: teljes gazdasági, piaci érettség, összes szárazanyag-tartalom 9,5 – 11,0 %.
- Mindkét paprikafajtára vonatkozóan megállapítható, hogy sem a tárolás alatt, sem a tárolás befejezésekor anaerob folyamatok okozta illat vagy íz torzulást nem tapasztaltunk. A közölt laboratóriumi adatok ezt nem is támasztják alá. Ugyanakkor az ULO viszonyok és önmagában a tárolási időtartam (45-50 nap) a paprika íz – illetve illatanyagait „megterhelik”: jellegtelenedés, „kiüresedés” tapasztalható.
- Összességében a kontroll kezeléshez (hűtött, normál gázösszetételű légtér) képest az ULO technológia – kisebb korlátai ellenére – alkalmazása feltétlenül kedvezőbb.
- A vöröshagyma (Makói bronz fajta) közismerten nagy és jól kihasználható tárolási potenciállal rendelkezik. Költségtakarékosság miatt is a CA/ULO technológiát a szedés (szeptember) és december vége között nem érdemes alkalmazni. A vöröshagyma minősége ebben az időszakban hűtött, normál légtérben is kiválóan megőrizhető. A január hónaptól alkalmazott ULO technológia április hónapig vagy májusig a termék fontos életszakaszában (öregedés, kihajtás, romlás, intenzív apadás,

stb.) jelent/het jó megoldást. Három éves kísérletünkben ez a kombináció kiválóan bevált.

- Valamennyi kutatási eredményünket figyelembe véve a legjobb áruminőséget vöröshagymánál, magas piacképesség mellett az 1,0 % O₂ + 1 % CO₂ + N₂ gázösszetételben történt tárolásnál kaptuk. A magasabb szén-dioxid koncentrációra a termék nagyon érzékeny. Az ULO viszonyok a kihajtásátlásban döntő szerepet játszanak. A szín- és állományérzet, valamint az apadási veszteség tekintetében, a kontrollhoz képest bizonyíthatóan jobb az ULO kezelés. A decemberben vagy január hónapban ULO tárolásra átadott nyersanyag legfontosabb jellemzői (Makói bronz): teljes gazdasági, piaci érettség, sérülésmentes, kemény tapintású hagyma egyedek, összes szárazanyag-tartalom: 11-13 % (egyéves kultúra).
- A hosszú tárolási idő és az ultra alacsony oxigén-koncentráció alkoholos jellegű folyamatokat nem okoz és nem katalizál. Az íz- és illatérzet nem torzul. A hagymák színe és állománya feltűnően kedvező. A tisztítási veszteség elfogadható mértékű. Az íz- illatanyagok gyors lebomlása, a jellegtelenedés folyamata – a nagyon hosszú tárolást is figyelembe véve – a paprikákkal ellentétben nem jellemző.
- Összességében a kontroll kezeléshez (hűtött, optimális légnedvesség, normál gázösszetétel) képest az ULO technológia alkalmazása a Makói bronz fajtánál egyértelműen kedvezőbb, és a gyakorlat számára ajánlott.

További megjegyzések

- A kutatási szerződésben vállalt fő feladatoktól – a 3. oldalon tett megjegyzéseinket is figyelembe véve – nem tértünk el. Elmaradt kutatási program nincs.
- A három éves kutatási ciklus során bejelentett és megadott szabadalmunk nem volt.
- A kapott eredményeket a kutató-fejlesztőmunkában, ezen belül a szaktanácsadás szintjén, továbbá Kari, tanszéki nyílt szakmai napokon és üzemi szintű mérnöktovábbképzésben használjuk, adjuk tovább. Hangsúlyt fektetünk a további, szélesebb körű tudományos publikálásra és a nemzetközi konferenciákon történő megjelenésre.
- A kutatáshoz egyéb pénzügyi forrást – annak hiányában – nem használtunk fel.

Összefoglalás

A kutatócsoport a zöldségfélék (étkezési paprika, vöröshagyma) szabályozott légterű (CA) hűtőtárolásával, annak ULO (ultra alacsony oxigén-koncentráció) változatával foglalkozott, 3 éves futamidejű kísérletben. A magyar zöldségtárolási kutatásban és gyakorlatban mindez előzmény nélküli.

Az étkezési paprika (fajta: Hó és Kárpia) érésiológiai és biokémiai tulajdonságainak figyelembevételével, Pasteur-effektus nélkül, viszonylag jó áruminőségben 40-50 napig tárolható (polcállóság: további 4-5 nap) 1,0 – 2,0 % O₂ + 0,03 - 1,5 % CO₂ + N₂ gázösszetételben. A kitárolt paprika íze, illata szegényesebb.

A vöröshagymát kombinációs eljárással tároltuk. Az első 4 hónapban külső levegővel szellőztetett (hűtött) normál légtérben, majd a további 4 hónapban ULO körülmények között (1,0 % O₂ + 1,0 % CO₂ + N₂) tartottuk. Pasteur-hatást nem tapasztaltunk, a csírázási, kihajtási hajlam 3 % alá esett, a vöröshagyma íze, illata, állománya a 8. hónapban is piacképes volt.

Kulcsszó: étkezési paprika, vöröshagyma, tárolásbiológia, ULO-technológia, minőség-megőrzés.

Summary

Our research team investigated a type of controlled atmosphere (CA) cold storage, namely the ULO (ultra low oxygen concentration) storage of vegetables (table paprika and onion) in a 3-year period. This kind of investigations are unprecedented in the research and practice of vegetable storage in Hungary.

Considering ripening biology and biochemical characteristics, table paprika (varieties Hó and Kárpia) can be stored in 1,0 – 2,0 % O₂ + 0,03 - 1,5 % CO₂ + N₂ gas composition without Pasteur-effect in a relatively good quality for 40-50 days (shelf stable for further 4-5 days). Taste and smell of paprika is plain after removing from storage.

Onion was stored by a combined method. In the first 4 months it was stored in cold normal gas atmosphere ventilated by outdoor air, then in the next 4 months under ULO conditions (1,0 % O₂ + 1,0 % CO₂ + N₂). No Pasteur effect was observed, tendency to sprout decreased below 3 %, on the basis of taste, smell and texture onions were still marketable in the 8th month.

Keywords: table paprika, onion, storage biology, ULO technology, keeping quality

Budapest, 2008. február 27.

Dr. Sáray Tamás
egyetemi tanár,
vezető kutató