



Élelmiszertudományi Kar

Doktori értekezés

**Kajszi szabályozott légterű
tárolástechnológiájának fejlesztése**

**Készítette:
Hitka Géza**

**Témavezető:
Dr. Balla Csaba, Egyetemi docens**

**Készült a Budapesti Corvinus Egyetem,
Élelmiszertudományi Karának
Árukezelési és Áruforgalmazási Tanszékén**

**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

A Budapesti Corvinus Egyetem Élettudományi Területi Doktori Tanácsának 2011. június 7-i határozatában a nyilvános vita lefolytatására az alábbi bíráló Bizottságot jelölte ki:

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG:

Elnöke:

Fekete András, DSc

Tagjai:

Biacs Péter, DSc

Cserhalmi Zsuzsa, PhD

Solymosi Katalin, PhD

Opponensek:

Kállay Tamás, CSc

Soltész Miklós, DSc

Titkár:

Juhász Réka, PhD

Tartalomjegyzék

Rövidítések	3
1. Bevezetés	5
2. Irodalmi áttekintés	7
2. 1. A kajszi eredete	7
2. 2. Kajszitermesztés és értékesítés a világon és Magyarországon	8
2. 3. A kajszi beltartalmi értékei, feldolgozása	10
2. 4. A kajszi gyümölcsfejlődése és érése	11
2. 4. 1. A kajszi légzése.....	13
2. 4. 2. Kajszi állományváltozása az érés során.....	13
2. 4. 3. Kajszi jellemző cukor-, sav- és fehérjetartalma	15
2. 4. 4. Kajszi színeződése.....	16
2. 5. A szüret időpontjának meghatározása	17
2. 6. A kajszi hűtve tárolása.....	18
2. 7. Szabályozott légterű tárolás	19
2. 7. 1. A szabályozott légterű tárolás kialakulásának története	19
2. 7. 2. A szabályozott légterű alkalmazásának biokémiai háttere	20
2. 7. 3. A kajszi szabályozott légterű tárolása.....	21
2. 8. Az aerob és anaerob légzés viszonya	23
2. 8. 1. Anaerob anyagcsere a növényekben	23
2. 8. 2. Pasteur-effektus	24
2. 8. 3. Anaerob légzés folyamata a szabályozott légterű tárolás során	25
2. 9. A kajszi aromaanyagai	27
2. 10. A klorofill fluoreszcencia jelensége.....	30
2. 10. 1. Az oxigénkoncentráció hatása a klorofill fluoreszcenciára	32
3. Szakirodalmi eredmények összefoglalása, célkitűzések	35
4. Anyag és módszer	37
4. 1. Nyersanyagok – vizsgált kajszifajták és jellemzőik	37
4. 1. 1. 'Ceglédi bíborkajszi'	37
4. 1. 2.'Gönci magyar' kajszi	38
4. 1. 3. 'Pannónia'	38
4. 2. Roncsolás-mentes vizsgálati módszerek az érettség meghatározására	39
4. 2. 1. Szín mérés.....	39
4. 2. 2. Precíziós állomány mérés	40
4. 2. 3. Akusztikus és impakt állományvizsgálat	40
4. 2. 4. Közeleli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazása	41
4. 3. Kajszi légzéskinetikájának elemzése.	42
4. 3. 1. Vizsgálati módszer a légzés hőmérsékletfüggésének megállapítására	43
4. 3. 2. Vizsgálati módszer a légzés oxigénkoncentráció függésének megállapítására.....	44
4. 4. Klorofill fluoreszcencia mérés módszere.....	45
4. 4. 1. Fotoszintetikus aktivitás vizsgálata, kezdeti mérések.....	45
4. 4. 2. Alsó oxigénküszöb értékének meghatározása	46
4. 5. Gázkromatográfiás mérések módszertana	47
4. 5. 1. Előkísérletek az SPME mintavételezési technika alkalmazhatóságára.	47
4. 5. 1. 1. SPME szálak telítési kinetikájának vizsgálata.....	48
4. 5. 1. 2. Az áramlási sebesség hatása az adszorpciós tulajdonágra	48
4. 5. 1. 3. Kísérletek a mérések kvantitatív váételére	48
4. 5. 1. 4. Ismételtetés megállapítása	48
4. 5. 1. 5. Előkísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására.....	48
4. 5. 2. Kísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására.....	49
4. 5. 3. Tömegspektrometria alkalmazása romlási folyamatok vizsgálatára.....	50
4. 5. 3. 1. Mikrobiológiai vizsgálatok	50
4. 5. 3. 2. Tömegspektrometriás vizsgálatok.....	51

4. 6. Tárolhatósági vizsgálatok	52
4. 6. 1. A növelt CO ₂ alkalmazásának hatása kajszi tárolása során.	52
4. 6. 1. 1. Tömegveszteség meghatározása	53
4. 6. 1. 2. Légzésintenzitás mérése	53
4. 6. 1. 3. Húskeménység mérés	53
4. 6. 1. 4. Érzékszervi minősítés, profilanalitikus vizsgálattal	53
4. 6. 1. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálatok	54
4. 6. 2. Az alacsony O ₂ szint alkalmazásának hatása kajszi tárolás során	54
5. Eredmények	55
5. 1. Az érettség meghatározása roncsolás-mentes vizsgálati módszerekkel.....	55
5. 1. 1. Színmérési eredményei	55
5. 1. 2. Precíziós állománymérés eredményei	57
5. 1. 3. Az akusztikus és impakt állományvizsgálat eredményei.....	58
5. 1. 4. Érettség meghatározása roncsolás-mentes vizsgálatok kombinálásával	59
5. 1. 5. Közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazásának eredményei	60
5. 2. Kajszi légzéskinetikájának elemzése	64
5. 2. 1. Kajszi légzésének hőmérsékletfüggése	64
5. 2. 2. Kajszi légzésének függése a környezeti oxigén koncentrációjától	67
5. 3. Klorofill fluoreszcencia mérés módszere.....	68
5. 3. 1. Fotoszintetikus aktivitás vizsgálata, kezdeti mérések.....	68
5. 3. 2. Alsó oxigénküszöb értékének meghatározása	70
5. 4. Gázkromatográfiás mérések	74
5. 4. 1. Előkísérletek az SPME mintavételezési technika alkalmazhatóságára.	74
5. 4. 1. 1. SPME szálak telítési kinetikájának vizsgálata.....	74
5. 4. 1. 2. Az áramlási sebesség hatása az adszorpciós tulajdonágra	75
5. 4. 1. 3. Kísérletek a mérések kvantitatív tételére	75
5. 4. 1. 4. Ismételhetőség megállapítása.....	75
5. 4. 1. 5. Előkísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására	76
5. 4. 2. Kísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására.	76
5. 4. 3. Tömegspektrometria alkalmazása romlási folyamatok vizsgálatára.....	81
5. 4. 3. 1. Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei.....	81
5. 4. 3. 2. Tömegspektrometriás vizsgálatok eredményei	83
5. 5. Tárolhatósági vizsgálatok	86
5. 5. 1. A növelt CO ₂ alkalmazásának hatása kajszi tárolása során.	86
5. 5. 1. 1. Tömegveszteség mérési eredményei – 1. vizsgálati év	86
5. 5. 1. 2. Légzésintenzitás mérési eredményei - 1. vizsgálati év	87
5. 5. 1. 3. Húskeménység mérési eredményei - 1. vizsgálati év.....	87
5. 5. 1. 4. Érzékszervi minősítés eredményei - 1. vizsgálati év	88
5. 5. 1. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálat eredményei - 1. vizsgálati év	89
5. 5. 1. 6. A növelt CO ₂ hatása a kajszi tárolhatóságára	90
5. 5. 2. Az alacsony O ₂ szint alkalmazásának hatása kajszi tárolása során	91
5. 5. 2. 1. Tömegveszteség mérési eredményei – 2. vizsgálati év	91
5. 5. 2. 2. Légzésintenzitás mérési eredményei – 2. vizsgálati év.....	92
5. 5. 2. 3. Húskeménység mérési eredményei – 2. vizsgálati év	93
5. 5. 2. 4. Érzékszervi minősítés eredményei – 2. vizsgálati év.....	93
5. 5. 2. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálat eredményei - 2. vizsgálati év	94
5. 5. 2. 6. Az alacsony O ₂ koncentráció hatása a kajszi tárolhatóságára	95
5. 6. Új tudományos eredmények.....	96
6. Következtetések és javaslatok.....	97
7. Összefoglalás	99
8. Summary	101
9. Irodalomjegyzék	103

Rövidítések

A	PSI végső elektron akceptora
a*	CIELAB: +a*: vörös színezet, -a*: zöld színezet
AA	Acetaldehid
ADH	Alkohol dehidrogenáz
ATP	Adenozin-5'-trifoszfát
b*	CIELAB: +b*: sárga színezet, -b*: kék színezet
CA	Szabályozott légtér (ang.: Controlled Atmosphere)
CAS	Vegyí anyagok azonosító száma (ang.: Chemical Abstracts Service)
CDA	Kanonikus diszkriminancia analízis (ang.: Canonical Discriminant Analysis)
CIE	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Commission Internationale de
CIELAB	CIE által kidolgozott szabványosított szintér
CoA	Koenzim-A
cyt	Citokróm
DEFT	Közvetlen epifluoreszcens szűrési eljárás (ang.: Direct Epifluorescence Filter)
DRBC	Diklorán-bengálrózsa-kloramfenikol tápagar (ang.: Dichloran Rose Bengal)
ETOH	Etanol
F₀	Alap fluoreszcencia
fd	Ferredoxin
FID	lángionizációs detektor (ang.: Flame Ionization Detector)
FIP	Fermentációt indukáló pont (ang.: Fermentation Induction Point)
F_m	Maximális fluoreszcencia
F_v	Változó fluoreszcencia (F _m -F ₀)
F_α	PFM technikával előállított minimum fluoreszcens paraméter
GC	Gázkromatográf (ang.: Gas Chromatograph)
GC-MS	Gázkromatográf tömegspektrométerrel (ang.: Mass Spectrometry, MS)
GC-O	Gázkromatográf olfaktométerrel
IR	Infra vörös (ang.: Infra-Red)
KF	Klorofill fluoreszcencia
L*	CIELAB, világossági tényező
LDH	Laktáz-dehidrogenáz
LHC	Fénygyűjtő klorofill-fehérje komplexek (ang.: Light Harvesting Complex)
Li	Légzésintenzitás
LOL	Alsó oxigénküszöb érték (ang.: Lower Oxygen Limit)
NAD⁺	Nikotinamid-adenin-dinukleotid
NADH	NAD ⁺ redukált alakja
NADP⁺	Nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfát
NADPH	NADP ⁺ redukált alakja
NDH	NAD(P)H-plasztokinon-oxidoreduktáz nevezetű enzim
NIR	Közeli infravörös spektroszkópia (ang.: Near-Infrared Spectroscopy)
OEC	Oxigén kibocsátó komplex (ang.: Oxygen Evolving Complex)

P680	PS II reakció központja
P700	PS I reakció központja
PAM	Amplitúdó moduláció (ang.: Pulse-amplitude modulation)
PC	Plastocianin
PCR	Polimeráz-lánreakció (ang.: Polymerase Chain Reaction)
PDC	Piruvát-dekarboxiláz enzim
PDMS-DVB	Polidimetilsiloxán-Divinilbenzén kopolimer
PFM	Rezgés moduláció (ang.: Pulse-frequency modulation)
PQ	Plastokinon
PSI	Egyes fotokémiai rendszer (ang.: Photosystem I.)
PSII	Kettes fotokémiai rendszer (ang.: Photosystem II.)
PyS	Piroszőlősav ()
Q	Végső elektron akceptor a PSII-ben
Q_A	A redukált PSII elsődleges kinon akceptora
SPME	Szilárd fázisú mikroextrakció (ang.: Solid Phase Microextraction)
SzL	Szabályozott légtér
tf%	Térfogat százalék
ULO	Ultra alacsony oxigénszint (ang.: Ultra Low Oxygen)
WSC	Vízbontó komplex (ang.: Water Splitting Complex)

1. Bevezetés

Magyarország az európai kajszibarack-termesztés őshazájának, az évszázados termelői és nemesítői munka eredményeként a kajszibarack harmadik géncentrumának tekinthető. Innen származtatják Európa legértékesebb fajtakörei közül a Magyar kajszibarackot és a Rózsa barackot. Feltételezhetően a Kárpát-medence az egyik közbülső állomása volt a kajszibarack Közép-Ázsiától Nyugat-Európa felé vezető terjeszkedési útvonalának. Az itt kialakult és az éghajlathoz alkalmazkodott populáció megőrizte különlegességét, sajátos formáját, miközben gazdagodott ízvilága, mely egyedülállóvá teszi a régió gyümölcssei között. A termelés volumenét tekintve az utóbbi három évtizedben jelentős ingadozások mellett Magyarország a világ első 15 legnagyobb termelő országa között foglalt helyet. A magyar termeszítők rendelkezésére álló fajták választéka viszont csak lassan bővült. A termelés fénykorában, a 60-as, 70-es években, Magyarországon átlagosan 90.000 tonna kajszibarack termelt, mely jelentős exportalapot biztosított (Nyújtó, Surányi, 1981). Az elmúlt évek országos termésszintje azonban csak 30-35.000 tonna volt. A csökkenés elsődleges oka a termőterületek drámai változása és a termelői kedv lankadása volt, amit a gyakori fagykárak és a nyomukban fellépő termés-alternancia is erősített. Mivel a téli és tavaszi fagykárak a legtöbb ültetvényt sújtják, így csak minden második, harmadik évben van rajtuk kielégítő mennyiségű termés. A kihagyó évek utáni rekordtermések viszont biztos piaci háttér nélkül szinte eladhatatlanok. Mindehhez hozzájárul még az a tény is, hogy a gyümölcsök ilyen csúcsterméskor méretükben jellemzően elaprózódnak (Szabó, 2002).

A kajszibarack szezonális növény. A jelenlegi fajta-szortiment mintegy négy-öt hétig teszi lehetővé a frissfogyasztást. Az egy főre jutó éves fogyasztás országos átlaga 3-3,5 kg körül alakul. Frissfogyasztásra nagyméretű, minimálisan 40 mm átmérőjű, tetszetős küllemű, vörös fedőszínnel borított, fényes, sötétsárga héjú és narancssárga hújú, bőlevű fajtákat igényel a piac. A feldolgozóipar dzsem és ivólé készítéséhez a kiváló beltartalommal rendelkező, sötétebb hússzínű fajtákat keresi. Befőttnek a középnagy, keményhúsú, magvaváló, fedőszín nélküli gyümölcsök a legalkalmasabbak. Szeszipari felhasználásra a nagy cukortartalmú, aromában gazdag gyümölcsök kerülnek. A minőség külső jegyei közül a legfontosabbak: a méret, az alak, az alapszín, a megfelelő színeződés, a hibáktól mentesség, és a tiszta felület. A minőség belső jegyei közt említést érdemel: az íz, az aroma, a lédúság, a szárazanyag tartalom, a húskeménység és a héjvastagság. Az az egyes tulajdonságok között azonban sajnos negatív korreláció van, így például egy fajon belüli méretesebb gyümölcs húskeménysége jellemzően kisebb. Mindehhez társul az, hogy a külső és belső tulajdonságok évente nagy változékonyságot mutatnak, amiben az alkalmazott termesztéstechnológia hatása is jelentős szerepet játszik (Pénzes és Szalay, 2003).

Mindezek ellenére a kajszit a hazai gyümölcsstermesztés újra felfedezhető sikernövénye lehet, ha a minőséget újra meghatározzuk és kidolgozzuk a termesztés, tárolás, feldolgozás és értékesítés egymásra épülő rendszerét. Ehhez elengedhetetlen egy széles körű összefogás a kertészeti, élelmiszertudományi és kereskedelmi diszciplínák kutatói, valamint az ágazatok résztvevői között. Új gondolatokra, a legjobb termőtípusokon létesített, minden szempontból megtervezett és szakszerűen gondozott ültetvényekre, a legmodernebb szüreti és tárolástechnológiákra valamint összehangolt értékesítési gyakorlatra van szükség ahhoz, hogy kihasználhassuk hazánk adottságait és piacképes áruval jelenhessünk meg Európa gyümölcs piacán. A lehetőség adott, de ahhoz, hogy ismét sikernövényként tekintsünk a magyar kajszira nélkülözhetetlen az országos összefogás és a szakmai ismeretekre alapozott megvalósíthatósági tervek kidolgozása.

Jelen munkában a fentebb vázolt komplex fejlesztési koncepció egy szegmensével, a kajszit szüret utáni állapotának vizsgálatával valamint a hűtve tárolás lehetőségeivel kívánok foglalkozni. Célul tűztem ki a termék jó minőségének hosszabb megőrzését és ezáltal értékesítési idejének (szezonzárának) meghosszabbítását. Ez a köztes lépés hatással van mind a friss fogyasztásra mind pedig az ipari feldolgozásra szánt kajszit kínálatra és egyben megköveteli a szüret előtti folyamatok precíz kézbentartását is.

A kajszit érési időszaka lehetővé teszi, hogy az elsősorban almatárolásra kialakított úgynevezett szabályozott légterű tárolók adta kapacitásokat kihasználjuk és ezzel az értékesítési szezont megnöveljük. Az eddigi hazai gyakorlat nélkülözötte ezen tárolók alkalmazását más gyümölcsfajokra, pedig a gazdaságossági szempontokat mérlegelve érdemes lehet ezen tárolóegységek kihasználása. Ennek legfőbb oka, hogy a kajszit szüreti és értékesítési időszakában az előző szezonban betárolt almák zöme már értékesítésre került, míg a hosszú idejű tárolásra alkalmas fajták csak jóval a kajszit követően válnak tárolásra éretté. Ezen modern és napjainkban egyre elterjedtebb szabályozott légterű hűtőtárolók segítségével képesek lehetünk a kiváló magyar kajszit minőségének megőrzésére, a korábbi gyakorlathoz képest hosszabb időn keresztül is. A szabályozott légterű tárolástechnológia alkalmazása azonban igen nagy körültekintést és odafigyelést igényel, hiszen egy rosszul megválasztott légtérösszetétel vagy hőmérséklet beállítással a betárolt gyümölcsünk teljes értékvesztése is bekövetkezhet. Munkám célja tehát a legelterjedtebb hazai kajszifajták optimális tárolási körülményeinek pontos meghatározása volt.

2. Irodalmi áttekintés

2. 1. A kajszii eredete

A kajszii a *Rosaceae* család, *Prunoideae* alcsalád *Prunus* L. nemzetségébe tartozik. A legtöbb termesztett kajszifajtát a *Prunus armeniaca* L. faj adja. Vavilov (1926b) a kajszii származási központjaként Kína északi, észak-keleti hegységeit jelölte meg. A vad kajsziformákban gazdag Tien-san, valamint Dzsungária hegységei másodlagos géncentrumnak tekinthetők (Mehlenbacher et al., 1991). A kajszifajták négy különböző földrajzi csoportba sorolhatók: ázsiai, kaukázusi, európai és a dzsungár-altáji (Kosztina, 1970), melyeket később a kínai (ide tartoznak a *P. mandshurica* és *P. sibirica* fajtái) és a kelet-kínai (pl. a *P. ansu* fajták) csoportokkal egészítették ki (Bailey és Hough, 1975). Az Európában, Észak-Amerikában, Dél-Afrikában és Ausztráliában termesztett fajták túlnyomó része egyaránt az európai csoportba sorolható. Ez a csoport számít a termesztési szempontból jelentős négy csoport közül a legfiatalabbnak és a legkevésbé változékonynak (Mehlenbacher et al., 1991).

A kajszit Kínában legalább ötezer éve termesztik. Terjedésében, más földrészekre történt eljuttatásában nagy szerepet játszott a nomád népek országútja, a Selyemút, amely Csangantól indult és Bizáncig, később Velencéig, sőt Lyonig tartott (Boulnois, 1972). A nemzetség legtöbb faja tehát ázsiai eredetű és természetes elterjedési területük azon területekre összpontosítódik, ahol a legutóbbi jégkorszakban jégmentes területek maradtak. A fajok természetes elterjedési területei jelzik a kajszii ökológiai igényeit. Ennek megfelelően a kajszitermesztés az északi és a déli féltekén is a 30. és a 48. szélességi fokok közötti területen alakult ki.

A kajszii tehát a mérsékelt égövi, kontinentális klímájú hegyvidékekről származik. Fény-és melegigényes, vízigénye mérsékelt. Az évi középhőmérséklet optimális értéke 10-13°C között van. A júliusi középhőmérséklet meg kell, hogy haladja a 18°C-t, de ahhoz, hogy kialakuljon igazi íze, zamata és színe, 21°C szükséges. A tenyészidőszak hőmérsékleti összegének 3000°C-nak kell lenni, míg az évi fényigénynek 1900 órának. Jó szárazságtűrő, egyedül a csapadék egyenetlen eloszlása okozhat gondot. Fagyérzékenysége nagymértékű, a környezeti tényezők közül termésbiztonságát elsősorban az alacsony hőmérséklet veszélyezteti. A kajszii talajigénye nagymértékben függ az alanytól, de általában szereti a közép-kötött, mélyrétegű, semleges vagy kissé lúgos, meleg, levegős talajokat (Nyújtó, Surányi, 1981).

2. 2. Kajszi termesztés és értékesítés a világon és Magyarországon

Az 1970-es évektől jelentősen nőtt a kajszi termésmennyisége, ezzel együtt megfigyelhető volt egy jelentős átrendeződés a különböző országok között. A változás oka lehetett ökológiai (pl. dél-német és felső-ausztriai területek, Duna-Tisza köze, Dél-Anglia), növény-egészségügyi, politikai és mindezek kombinációi (spanyol, Kelet-közép-európai termelés visszaesése). Az elmúlt évtizedekben a mediterrán területeken jelentősen nőtt a kajszi termesztés. Napjainkban Törökországban természetesen a legnagyobb mennyiségben kajszit, több mint fél-millió tonnát évente (695.000 tonna, 2009-ben). Ennek a mennyiségnek a legnagyobb része azonban aszalvány, a frisspiacon a teljes termelt mennyiség 2%-a jelenik meg. A világkereskedelem szempontjából a legjelentősebb kajszi termelő országok (FAOSTAT, 2011): Olaszország (233.000 tonna, 2009-ben), Franciaország (190.000 tonna, 2009-ben), Spanyolország (97.000 tonna, 2009-ben), Görögország (77.00 tonna, 2009-ben).

1950-től napjainkig szemlélve a magyarországi termésmennyiségek alakulását szembevetve az évenkénti nagyfokú termésmennyiség-ingadozás és az 1975-től bekövetkezett jelentős visszaesés. Az 1960-as években 120 ezer tonna feletti rekordtermések is előfordultak. 1975 után a kiemelkedő termésű éveket nem egy, hanem 3-4 rosszabb év követte. Az egyenletes mennyiségű és jó minőségű termék a piacok hosszú távú megtartásában játszik szerepet. Napjainkban a 40 ezer tonnás termésmennyiség már jónak számít. A termesztéssel foglalkozó szakemberek véleménye szerint reális célként az 50 ezer tonnás hazai kajszi termesztés tűzhető ki. Magyarország kajszi termelése még napjainkban is ingadozó (1. táblázat). Ezt az ingadozást csillapítani lehet még jobb termőhely és fajtaválasztással, valamint fejlett technológiák alkalmazásával. A termesztés fejlesztésének alapja azonban a stabil belső piac. A zöldség-gyümölcs szektor versenyképességének növelése és a külpiacon történő értékesítés feltételeinek javítása a belföldi piac kiszámíthatóságának és biztonságának elemi feltétele. Versenyképes kereslet csak ott alakul ki, ahol a belföldi fogyasztók kereslete biztos felvevőpiacot jelent, emellett a fogyasztói igények növekedése ösztönzőleg hat a termékek minőségének javítására.

Hazánkban az összes kajszi termés kb. 60%-a kerül kereskedelmi forgalomba, ebből rosszabb években 5%, jobb években 10%-ot exportálunk. Fő exportpiacunk Ausztria, majd leszakadva jön Németország és Olaszország. A magyar kajszi fajták előnye, hogy a spanyol, marokkói, olasz kajszi korábbi érésének köszönhetően a piacokon megjelenhetnek a későbbi érésű magyar fajták. Mindezek ellenére itt is egyre nagyobb a verseny a környező országokkal (elsősorban Romániával, 32.000 tonna termés, 2009-ben), ezáltal a termelőknek és az értékesítőknek össze kell fogniuk, hogy minél jobb eredményeket érjenek el. Az összefogás elmaradásával az értékesítés megszervezése nehezkessé válik, ezáltal előfordulhat, hogy a

termelő nem tudja eladni megfelelő időben a termését, így a kajszi rövid tárolhatósági idejéből fakadóan már csak egy alacsonyabb minőségi osztályba sorolt gyümölcsöt tud értékesíteni. Az Európai Unióba történő belépés folyamán az értékesítési lehetőségeink kibővültek, azonban ezeken a piacokon csak a szigorú minőségügyi követelmények betartásával lehetünk sikeresek.

1. táblázat: Kajszi hazai termesztése és felhasználása, 2006-2009 (forrás: KSH)

Megnevezés	2006	2007	2008	2009
A termelés jellemzői:				
Összes gyümölcsösterület [hektár]	5 995	6 098	6 133	5 410
Betakarított összes termés [tonna]	40 281	21 734	26 761	33 457
Felvásárlási átlagár [Ft/kg]	70,5	103,2	100	74
Termelői-piaci átlagár [Ft/kg]	223,8	361,2	373,3	282,0
Bruttó termelési érték [millió Ft]				
folyó áron	3 145	3 336	2 945	3 587
összehasonlító (előző évi) áron	4 922	1 725	4 152	3 581
Termelői mérleg [tonna]				
Betakarított összes termés	40 281	21 734	26 761	33 457
Vásárlás és egyéb forrás	28	156	1	0
Forrás összesen [tonna]	40 309	21 890	26 762	33 457
Értékesítés összesen [tonna]				
	33 035	18 125	21 494	24 236
Ebből:				
Felvásárlónak, feldolgozónak	7 652	4 118	6 335	8 947
Piacon	4 312	3 154	1 482	3 307
Közvetlen export	750	785	1 250	1 560
Üzemen belüli feldolgozás és felhasználás	4 469	1 965	3 321	3 646
<i>//// Ebből szeszipari célra ////</i>	(4 036)	(1 644)	(1 651)	(3 391)
Fogyasztás saját termelésből	2 654	2 090	2 216	5 399
Tárolási veszteség	139	110	31	177
Készletváltozás	12	-400	-300	-1
Külkereskedelem				
Behozatal				
[tonna]	567	449	285	1 601
[millió Ft]	105	127	85	373
Kivitel				
[tonna]	3 229	1 218	2 676	4 578
[millió Ft]	589	254	625	1 016

A KSH adatai alapján jelenleg a friss fogyasztás kb. 20-25%, a házi feldolgozás 20-30%, az ipari (nagybani) feldolgozás 30-40%, míg az export 5-10% arányú.

2. 3. A kajszi beltartalmi értékei, feldolgozása

A kajszi beltartalmi értékei, finom illat-, íz- és aromaanyagai révén fontos csonthéjas gyümölcs. A legújabb táplálkozási szemléletmódot is jól kielégíti a mérsékelt energiatartalma és magas élelmirost-tartalma révén. A kajszi húsa karotinban igen gazdag, emellett sok C-vitamint, B₁- és B₂-vitamint, valamint hasznos ásványi anyagokat is tartalmaz (2. táblázat). Magas a kálium-, kalcium-, foszfor- és magnéziumtartalma. A mikroelemek közül a vas és a szelén emelhető ki. A fajták között nagy különbségek figyelhetők meg a makro- és mikroelem-tartalom terén. A kajszi kellemes íze az egyszerű és összetett cukroknak, valamint a harmonikus arányban jelen lévő szerves savaknak és az aromaanyagoknak köszönhető.

2. táblázat: A kajszi fontosabb összetevői 100 gramm gyümölcsre vetítve (Forrás: USDA, 2010)

Elemi összetevők		Vitaminok		Ásványi anyagok	
Víz	86,35 g	C vitamin	10 mg	Ca	13 mg
Energia	48 kcal	B2 - Riboflavin	0,04 mg	Fe	0,39 mg
Energia	201 kJ	B3 - Niacin	0,6 mg	Mg	10 mg
Fehérje	1,4 g	B5 - Pantoténsav	0,24 mg	P	23 mg
Összes lipid (zsír)	0,39 g	B6 - Piridoxin	0,054 mg	K	259 mg
Összes cukor	9,24 g	B9 - Folsav	9 µg	Na	1 mg
Szacharóz	5,87 g	Béta-Karotin	1094 µg	Zn	0,2 mg
Glükóz	2,37 g	A vitamin	1926 IU	Cu	0,078 mg
Fruktóz	0,94 g	E vitamin	0,89 mg	Mn	0,077 mg
Maltóz	0,06 g	K vitamin	3,3 µg	Se	0,1 µg

USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23 (2010)

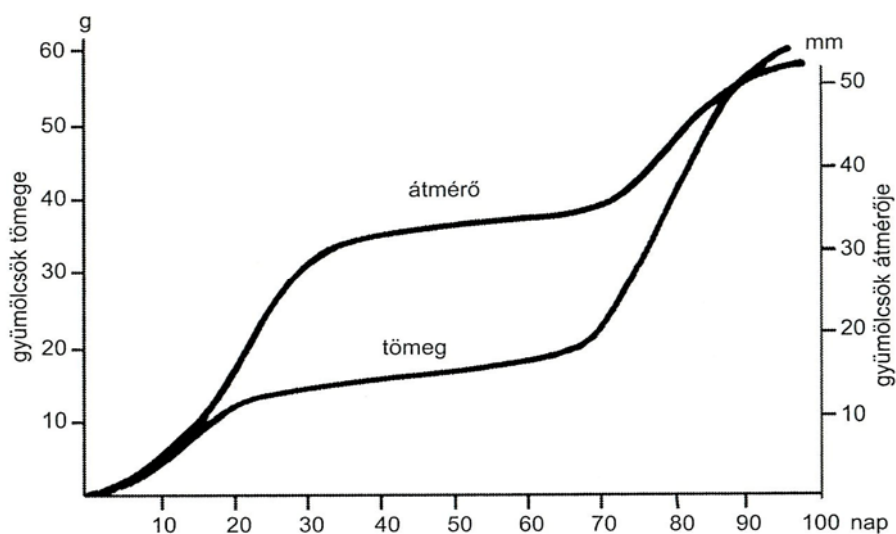
Fogyasztási ideje rövid, ami különféle feldolgozási módszerekkel meghosszabbítható. A termesztési és hasznosítási tapasztalatok alapján gyümölcsének felhasználási arányai megváltoztak az elmúlt évtizedben.

Az európai piacokon a fogyasztók jó minőségű, gazdag választékú árut igényelnek. A kajszi legnagyobb része szupermarketekben talál gazdára és ott a fogyasztók elsősorban a küllem alapján döntenek el, hogy milyen fajtájú, eredetű gyümölcsöt vásárolnak. Frissfogyasztásra szánt kajszinál előtérbe kerül a nagyméretű, tetszetős küllemű, szép vörös fedőszínnel borított, fényes sötét sárga héjú, és narancssárga húsú gyümölcs. Ami a méretét illeti, a legtöbb helyen már csak a 40mm-nél nagyobb gyümölcsöt lehet eladni. A külső jellemzők mellett természetesen fontosak a belső jellemzők is: bő levűnek és jóízűnek kell lennie. A konyhai feldolgozás során elsősorban a lekvár és a dzsem készítése a legfontosabb, a befőtt majdnem teljesen kiment a divatból. Jelentős mind a háztáji, mind az üzemi méretű pálinkafőzés, a párlata nagyon keresett.

Ipari feldolgozásra szánt kajszi esetében előtérbe kerülnek a belső jellemzők: íz, bő levűség kérdése. Itt a küllem háttérbe szorul, a gyümölcs felületén kisebb hibák, ütődések előfordulhatnak, azonban elmondható, hogy az ipari feldolgozásra szánt kajszi sem lehetnek gyenge minőségűek. Az ipari feldolgozás során lekvár, kisebb tételekben ivólé készül a kajsziból. Magyarországon a kajszi aszalvány készítésének nincs jelentősége, egyrészt megfelelő fajták hiányában, másrészt a termesztett fajták magas polifenol tartalma miatt. A marokkói, kaliforniai, szír és török aszalványokkal egyébként is nehéz lenne versenyezni. Az utóbbi években egyre nagyobb mennyiséget dolgoz fel a mélyhűtőipar. Korábban az édes magvú kajszi magbelének felhasználása is cél volt, ma már nem az. (Surányi, 2003).

2. 4. A kajszi gyümölcsfejlődése és érése

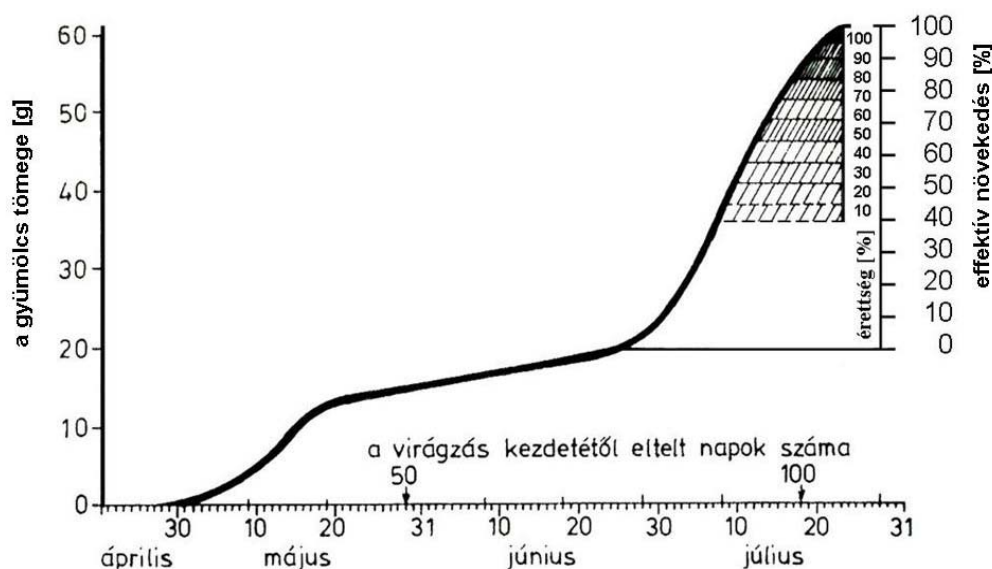
A kajszi jellemző, hogy nem egyszerre érnek a fán a gyümölcsei. Az érés mindig a korona külső részén kezdődik, a korona belső, leárnyékolt részén az érés akár két héttel is később következhet be. A kajszi növekedésének üteme egy kettős szigmoid görbével írható le (1. ábra), mely három szakaszra osztható. A kezdeti intenzív növekedés után a gyümölcs tömegének gyarapodása lelassul, majd újból felgyorsul (Ghorpade et al., 1995).



1. ábra: A kajszi gyümölcseinek növekedési üteme (Ghorpade et al., 1995)

Az első szakaszban a gyümölcsök sejtosztódással növekednek. A második, ún. lassú szakasz a csonthéjkeményedés időszaka, amikor a növény energiájának jelentős részét a csonthéjak megszilárdítására fordítja és a gyümölcskezdeményben a növekedést serkentő hormonok mennyisége lecsökken. A gyümölcsfejlődés harmadik szakaszában ismét felgyorsul a növekedés üteme. Ebben a szakaszban a gyarapodás elérheti a teljes tömeg kétharmad részét is. A kajszi fogyasztható részének, a mezokarpiumnak a növekedése mint mennyiségi változás

mellett ebben a szakaszban játszódik le az érés folyamata, ami egy sor élettani és biokémiai folyamat által előidézett mennyiségi változás. A bekövetkező érés azonban inkább fejlődés jellegű, nem jelölhető ki jól definiálható határvonal a maturáció és érés között, hiszen a csonthéjasok érése a gyümölcs növekedésének alapvető része. Általánosságban elmondható, hogy amikor a harmadik szakasz teljes tömeggyarapodásához viszonyított gyarapodása eléri a 30-40%-ot akkor indul meg az érés (2. ábra). Abdel-Gawad és munkatársai (1974) szerint a kajszi érési folyamatai az auxintartalom alapján körülbelül egy héttel korábban jelezhetők.

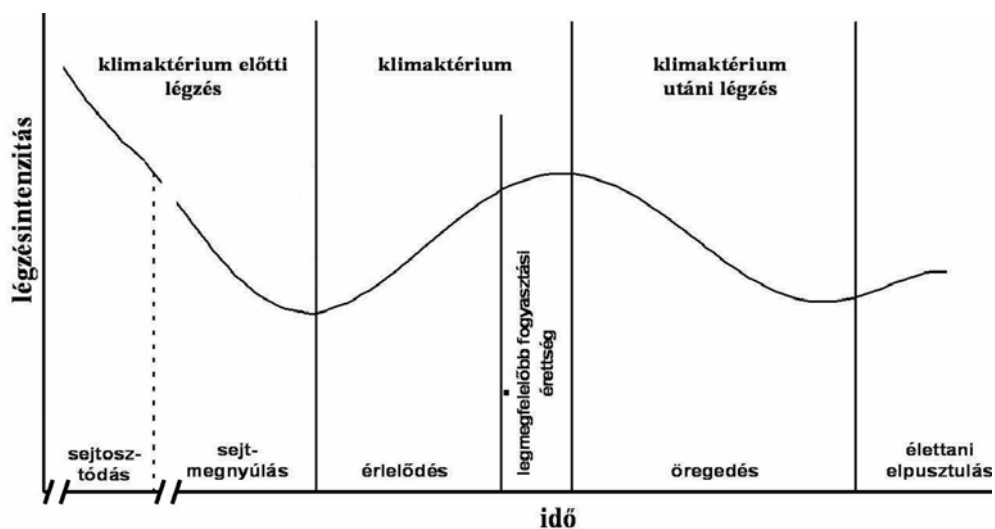


2. ábra: A kajszi érésmenetének és tömegnövekedésének kapcsolata (Nyújtó, Surányi, 1981)

Az érési folyamatot általánosan kísérő jelenség a klimakterikus légzés megindulása, a raktározott tartaléktápanyagok hidrolízise, a termeshús puhulása (Haraszty, 1979). A hidrolízis révén csökken a keményítő, a pektinanyagok, a különböző savak mennyisége, és a légzésintenzitás mértékétől függően kialakul a gyümölcs jellegzetes cukortartalma és jellemző íz- és aromaanyaga. A gyakorlatban a kajszi érési fokát százalékban szokták megadni, a teljes érettséget 100%-nak véve. A 70-75%-ban érett kajszi héja majdnem sima, halvány, citromsárga, napos oldalán enyhén narancssárga. A szárüregtől a bibepontig futó barázdája halványzöld, és a gyümölcsöt két félre osztja. Húsa halványsárga, a termésbarázdánál még zöld. A 80-85%-ban érett kajszi héjának színe az árnyékos oldalon halványsárga, a napos oldalon narancssárga, a termésbarázdá mentén sárgászöld. Húsa narancssárga. A 90-95%-ban érett kajszi héja az árnyékos oldalon fénylő narancssárga, a napos oldalon többé-kevésbé halványpiros árnyalatú, a termésbarázdánál sárga, a húsa sötétsárga. A teljesen beérett kajsziarack héja majdnem sima, fénylő narancssárga, napos oldalán többé-kevésbé piros, a fajtától függően. Bibepontja jellemzően sötét sárgásbarna, húsa sötétsárga, alig rostos, olvadó, bőlevű, édes, kellemes illatú és zamatú.

2. 4. 1. A kajszi légzése

A kajszi nem tipikusan utóérő, de ki mértékben utóérési képességekkel rendelkezik. Ennek megfelelően légzésintenzitásának változása klimaktérikus jelleget mutat (3. ábra).



3. ábra: A klimaktérikus légzés jellemző szakaszai (Biale, 1981 nyomán)

A fiatal terméskezdemény intenzíven lélegzik, majd légzésintenzitása folyamatosan csökken a preklimaktérikus minimumig. Ez után hirtelen megnő a légzésintenzitása, majd egy pont után újra lecsökken. Ezt a pontot nevezzük klimaktérikus maximumnak és a minimumtól a klimaktérikus csúcsig vezető szakaszban játszódik le az érés folyamata. A klimaktérikus jellegű légzésváltozás a fáról leszedett gyümölcs esetében is lejátszódik, feltéve, hogy a preklimaktérikus minimum után szüretelték. Ugyanis ez előtt a pont előtt a gyümölcsök nem képesek az utóérésre. Az etiléntermelés a gyümölcsben, az úgynevezett preklimakterikus szakaszban még minimális, majd az érési szakaszban kezd el jelentősen nőni addig, amíg el nem éri a klimakterikus maximumot, vagyis az érettség állapotát. Túlértség illetve a hanyatlás szakaszában az etiléntermelés ismét csökken (Biale, Young, 1981). Megfelelő időpontban szüretelve, a kajszi gyümölcs képes energiát felszabadítani az utóérési folyamatok lejátszódásához. Az utóérés sebessége a tárolás körülményeitől azonban nagymértékben függ.

2. 4. 2. Kajszi állományváltozása az érés során

Az érési folyamatoknak egy része lebontó, más része felépítő. Az érés során válik a gyümölcs fokozatosan fogyasztásra alkalmassá. Az érési folyamat teljes mértékben lezajlik a fán, de megfelelő érettség elérése után a kajszi utóérő, vagyis a gyümölcshús utóérése a szüret után is folytatódik. A lebontó folyamatok közül elsőként a gyümölcs puhulását emelném ki. A gyümölcs

húsának puhulása miatt nő a hús sérülési hajlama és ez befolyásolja szedési idejét és szállíthatóságát. Nagyobb távolságra történő szállítása teljesen beérett formában sérülés nélkül sajnos nem lehetséges. A gyümölcshús puhulása döntően a pektin átalakulásának, a sejtfal szerkezeti változásának tulajdonítható. A sejtfal rugalmasságát és az állományt meghatározó pektin mennyisége 0,5-1,3% a szárazanyag százalékában kifejezve (Hámori és V. Burgetti, 1990). Az érési folyamatban a pektinbontó enzimek (a pektin-metilészteráz és a poligalakturonáz) aktivitása növekszik, mely növekedés a klimakterikus légzésemelkedéssel egyidejűleg lép fel. Femenia és munkatársai (1998) különböző érettségi állapotú kajszik vizsgálata során megállapították, hogy az érés során a poliszacharidok jelentős része vízdoldhatóvá válik és az érési folyamat előrehaladtával a pektinláncok keresztkötései meggyengülnek. Az állományjellemző abszolút értékét azonban számos – az érettségi állapottól független – egyéb tényező is befolyásolja, mint például a tápanyag-ellátottság (a túlzott nitrogén-ellátottság csökkenti a gyümölcs keménységét), a fajta, a csapadékmennyiség vagy a gyümölcs koronán belüli elhelyezkedése. Az érettségi állapot és a keménység (mint fizikai paraméter) kapcsolata lehetőséget teremt az érettség, mint minőségi paraméter meghatározására. A tárolás, szállítás, feldolgozás sikerét, eredményességét befolyásoló minőség meghatározását más gyümölcsökhöz (alma, körte) hasonlóan a kajszik esetében is végezhetjük állományérés alapján. Leggyakoribb keménységmérési eljárás a penetrométer használata (Magness-Taylor-penetrométer), ahol a keménység a gyümölcs húsának ellenállása a merőlegesen benyomott mérőfejre szemben. Ez esetben az állományt az erő-deformáció kapcsolat jellemzi. A terméshús roncsolódása esetén (destruktív állományérés) az állomány jellemzője a roncsolási határfeszültség, ahol a termés húsába hatoló mérőfejre ható erőt mérjük, amely csökkenő mértékű az érés előrehaladtával. A roncsolás-mentes vizsgálat esetén (nondestruktív állományérés) egy roncsolást nem okozó deformáció létrehozásához szükséges erőt határozzunk meg. Fekete és munkatársai (1997) a 'Gönci magyar kajszik' érésmentének vizsgálata során elektronikus penetrométerrel meghatározták a rugalmassági tényezőt, videokamerás látómező elemzéssel a különböző érettségű kajsziegyedek piros-zöld színjellemzőit és matematikailag leírható összefüggést találtak az érettségi állapot, az állomány és a színeződés között. Diszkriminancia-analízis alkalmazásával, a kajsziegyedek objektív, nondestruktív módon meghatározott állomány jellemzői és színjellemzői ismeretében az adatok alkalmasak voltak érettségi kategóriák elkülönítésére. Ugyanakkor megállapították, hogy az akusztikus elven működő állományérés kajszik esetében nem ad értékelhető eredményt. Muha és munkatársai (2005) 9 érettségi csoportot alakítottak ki és vizsgálták az egyes csoportok akusztikus állományjellemzőjét, impakt keménységtényezőjét és színét. Az általuk alkotott model 74,5% biztonsággal volt képes a kajszikat a megfelelő érettségi osztályba sorolni.

2. 4. 3. Kajszi jellemző cukor-, sav- és fehérjetartalma

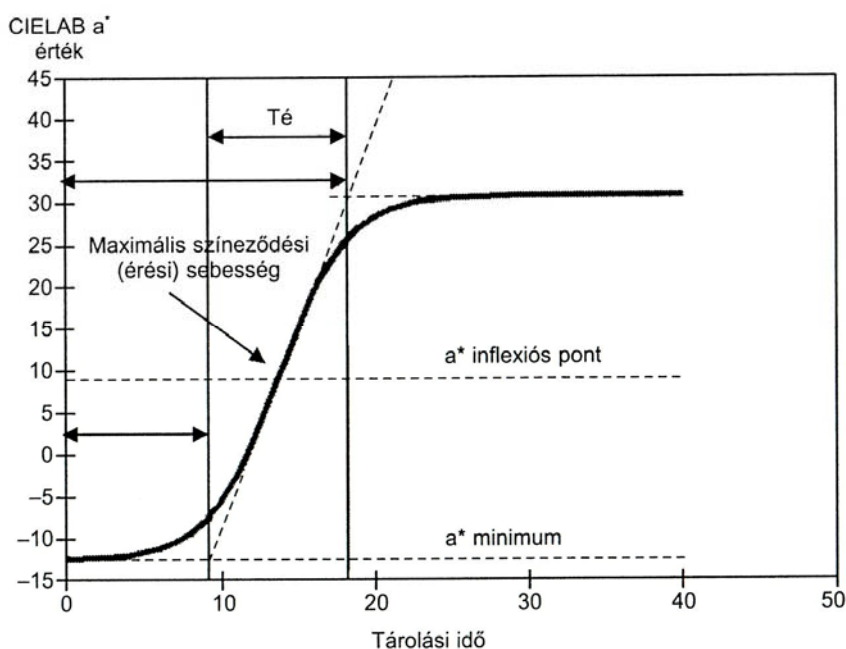
A gyümölcshús keményítő tartalma az érés során különböző cukrokká alakul át. A legfontosabbak ezek közül a szacharóz, a fruktóz, a glükóz és a xilóz, de kisebb mennyiségben más egyszerű és összetett cukrok is előfordulnak (Anet, Reynold, 1956). A szakirodalmakban közzétett cukortartalom átlagos értéke 6,05%, 1,57-11,85% szélső értékekkel (Ghorpade et al., 1995). Gurrieri és munkatársai (2001) 51 kajszifajtán végzett kutatási eredményeit vizsgálva kiderül, hogy a kajszi cukortartalmát döntő mértékben a szacharóz adja (2,7-12,9% a friss tömeg százalékában), míg a fruktóz (0,1-3,4%) és a glükóz (0,1-3,4) aránya jóval kisebb. Az általuk vizsgált fajták esetén a szacharóz / összes cukor arány 43% és 91% között változott. Ez vízben oldható szárazanyag tartalomra vetítve 8,7% és 22,4% Brix° értéket jelent. Bassi és kutatócsapata (1995) megállapította, hogy míg a kajszifajtákban fellelhető cukrok mennyisége évről évre változhat, addig az egyes cukrok egymáshoz viszonyított aránya a vizsgált fajtákon belül változatlan.

A fajtára jellemző harmonikus íz kialakulásának alapja a cukrok és a savak megfelelő aránya a gyümölcshúsban, mely a Magyarországon termelt gyümölcsökre rendkívül jellemző, így azok ízvilágát egyedivé teszi a világon. Az érés másik fontos lebontó folyamatoként ezért a savtartalom fokozatos csökkenését emelem ki. Az összbenyomás szempontjából nem kedvező, ha a savtartalom teljesen lebomlik a gyümölcsben, mert a savak adják meg az édes ízérzet ellensúlyát a szájban. A szerves savak közül a kajsziiban leginkább a citromsav, az almasav, a borostyánkősav és a galakturonsav fordul elő (Anet és Reynolds, 1955 ; Tang és Jennings, 1967). Gurrieri és munkatársai (2001) 51 kajszifajta savösszetételének vizsgálata során arra a következtetésre jutottak, hogy 14 fajtánál nem a citromsav, hanem az almasav dominál. Munkájukban felhívták a figyelmet az organoleptikus vizsgálatok fontosságára, mellyel nagyon jól kiegészíthetők a sav- illetve cukortartalomra vonatkozó műszeres mérések eredményei.

A kajszi fehérjetartalma kb. 1% a frisstömegre számolva. Sharaf et al. (1989) szerint kajszi érésének előrehaladtával mind az oldható, mind az oldhatatlan fehérjetartalom növekszik. Az érett gyümölcs húsának relatív magas az α -amino-borostyánkősav, az α -amino-borostyánkősav-amid, α -amino-propionsav tartalma és relatív alacsony a glutamin-, a szerin-, a prolin-, a valin- és a leucintartalma (Whiting, 1971).

2. 4. 4. Kajszi színeződése

A kajszira jellemző színvilág kialakulása mögött is biokémiai folyamatok rejtőznek. Az érés során a gyümölcs folyamatosan elveszíti zöld színét, mely a klorofill lebomlásának következménye. Ezzel párhuzamosan különböző színanyagok alakulnak ki. A sárga színt elsősorban a zsírolható karotinoidok, a pirosat pedig a vízoldható antocianidok adják. A karotin termelődéséhez nyári hőmérséklet, az antocián kialakulásához pedig sok fény szükséges. Bár a fajták színeződése eltérő, annak változása alkalmas az érés menet meghatározására. A gyümölcsérés során az egyik legmeghatározóbb folyamat a klorofill lebomlása. A kajszi érés során sok aciklikus karotinoid képződik, de önmagában a gyümölcshús kevés β -karotint tartalmaz. A kajszi karotinoid tartalma döntően a gyümölcs alapszínét határozza meg és ennek kifejlődése az érési folyamatot is jól jellemzi. Az alapszín változásának nyomon követésére alkalmasak a színskálák, de a CIELAB a^* érték változása a színinger térben a zöld ($-a^*$) és piros ($+a^*$) színátmenetet jelezve alkalmas a klorofill lebomlásának és a karotin bioszintézisének egyidejű leírására. Mind a színskálák, mind pedig a CIELAB a^* értékekkel az érettségi állapot megállapítható és a kajszi színeződése leírható. Balla és munkatársai (1997) a karotinoidok bioszintézisére alapozott gyümölcsszíneződés kinetikai leírására alkalmazott logisztikus modellt dolgoztak ki, mely alkalmas a kajszi színeződésének kinetikai elemzésére is. A modell szerint a zöld szín eltűnését és a piros szín megjelenését leíró CIELAB a^* színösszetevő időbeni változásának sebessége egy logisztikus modellel jól jellemezhető, a kezdeti szakasz után folyamatosan gyorsul, majd egy inflexiós pont után fokozatosan lassuló folyamat (4. ábra).



4. ábra: A színeződés szigmoid modellje (Balla et al., 1997)

A függvény paramétereinek ismeretében a gyümölcs érési folyamatának elméleti kezdeti ideje, az érési folyamat ideje, és a teljes beérési idő számíthatóvá válik. Gönci magyar kajsziszíneződésének vizsgálatai során megállapították, hogy a színeződés intenzív szakasza a logisztikus modell helyett egy egyenessel helyettesíthető a színeződés kezdete és a fogyasztási érettség elérése közötti időszakban.

2. 5. A szüret időpontjának meghatározása

A szüret a termesztéstechnológia egyik legkényesebb pontja. A megfelelő időpont kiválasztása, az előre szervezettség, a kellő körütekintés a szedés és a szállítás során, az eszközök és a munkaerő rendelkezésre állása mind-mind kulcsfontosságú kérdések, melyek befolyásolják a munka sikerességét és az áru minőségét.

A kajsziszíneződés – mint említettem - fán beérő gyümölcs, amely kismértékű utóérő képességgel is rendelkezik. A legjobb és legharmonikusabb íz a fán való érés során érhetjük el, azonban az üzemi körülmények között termesztett kajsziszíneződés esetén a teljes érettséget nem várhatjuk meg, mert akkor már a gyümölcs erősen hullik és nem szállítható. Az érettségi fokozatok meghatározása elsősorban a szín (főként az alapszín) alapján történik és segítséget nyújt hozzá a húskeménység mérése is. Friss fogyasztásra, szedésre akkor érett a kajsziszíneződés, ha alapszíne az árnyékos oldalon sárgulni kezd és a gyümölcs általában világossárga. Ilyenkor a gyümölcs könnyen leválik és már nem kőkemény tapintatú, ha az ujjak nyomásának nem is enged. Befőtt készítésre, tárolásra és távoli piacra való szállításra szánt gyümölcsök napos oldala világos narancssárga, árnyékos oldala halványsárga, barázdája zöldessárga és húsa rugalmasan szilárd. Asztali gyümölcsnek a teljesen színesedett de nem puha gyümölcsök alkalmasak. Dzsem, ivólé és pálinka készítéshez a teljesen beérett, puha gyümölcsök alkalmasak. A teljes érettség állapotáról beszélünk, amikor megszínesedett, csúcsán és alapján már könnyebb nyomásra is besüppednek az ujjaink.

A kajsziszíneződés elhúzódó, ezért több menetben kell szüretelni. Egy fajta érési ideje általában 10-15 napig tart, de száraz, meleg időben ettől rövidebb, hűvös időjárás esetén hosszabb a szüreti időszak. Két-három naponkénti szedéssel lehet a teljes termést asztali minőségben leszüretelni. Gyakran előfordul, hogy 2-3 színű szedéssel leszedik a friss piacra szánt mennyiséget, majd a fennmaradt részt, mikor megérett, konzervipari vagy szeszipari célra lerázzák. A kajsziszíneződés könnyen romlik ezért nem közömbös, hogy milyen a szedéskori hőmérséklete. A leszedett gyümölcsöt 6-8 órán belül fedett, szellős, lehetőleg hűvös helyre kell szállítani, ahol a gyümölcsök válogatása és osztályozása is elvégezhető, a piaci követelményeknek megfelelően. A szedést követően 8-10 órán belül el kell kezdeni a hűtést. (Pénzes és Szalay, 2003)

2. 6. A kajszi hűtve tárolása

A kajszi hűtőkezelését gyors érése, tárolását a fogyasztás és a feldolgozás szezonjának megnyújtása indokolja. Tárolására napjainkban inkább az átmeneti tárolás mintsem a hosszú idejű tárolás jellemző. A tárolásra szánt tételek érettségi állapota a tárolhatóság fontos tényezője és figyelemmel kell lennünk arra, hogy a kajszi utóérő, érési folyamata az alkalmazott hűtőkezeléstől függően késleltetetten bár, de tovább folyik. Az eddigieket összefoglalva kijelenthetjük, hogy a tárolásra szánt gyümölcs érettsége el kell hogy érje a 80-85%-os szintet, mely állapotban a gyümölcs húsa a fajtára jellemzően kialakult, a termés alapszíne pedig zöldből a sárga illetve a narancsszín irányába fordult. CIELAB a^* színjellemzővel mérve az alapszint ez a 8-13-as értéknek megfelelő állapotot fejez ki. Ha a betárolás idején a kajszi nem elég érett (csak 70-75% érettségű), akkor a tárolás során ugyan alig romlik, de rendkívül sokat veszít tömegéből (15-20% 1 hónap alatt), amely tömegvesztés a gyümölcs ráncosodásában nyilvánul meg (Sass, 1986). További gondot jelent, hogy a koraéretten szedett gyümölcs utóérése a tárolás során lassú, de leginkább be sem következik, még utóérlelés hatására sem, mely által nem képes elérni a fogyasztási érettségére jellemző íz- és aromaanyagait.

A kajszi igényli a gyors lehűtést. A tárolási hőmérsékletet célszerű a szedést követően mielőbb elérni. Ha technológiailag lehetséges, javasolt a gyorselőhűtő alkalmazása, ahol a hűtési folyamatot az intenzív légmozgás is segíti. Gyorselőhűtő alkalmazásának előnye különösen az exportra történő előkészítés illetve a szállítás előtti lehűtés esetén érvényesül.

A kajszi nem hidegérzékeny gyümölcs, tárolási hőmérsékletének megválasztásakor a kriozkópos hőmérséklethez közeli $-0,5^{\circ}\text{C}$ javasolt. Magasabb hőmérsékleten az apadási és romlási veszteségek növekedésével kell számolni valamint jelentős aromavesztés és kedvezőtlen állományváltozás is bekövetkezhet (Ghorpade et al., 1995). A kajszi gyümölcsének bőrszövege nem tartalmaz felületi viaszréteget, vízgőzáteresztő tulajdonsága, vízleadása magas, a tárolási veszteségek mértékét a tárolótér relatív páratartalma jelentősen befolyásolja.

A kajszi tárolása során magas (93-95%) relatív páratartalom alkalmazása javasolt. Kialakításához és fenntartásához elengedhetetlen műszaki feltétel a jól tervezett és méretezett hűtőbattéria alkalmazása. A megfelelően nagy méretű elpárologtatóval megvalósítható, hogy a levegő nedvességtartalma ne fagyjon ki a hűtőfelületre, rontva ezzel a hűtés hatását és csökkentve a tér nedvességtartalmát. A tárolás során az átlagos hőmérséklet különbség a tárolótér levegője és a hűtőbattéria felületi hőmérséklete között ne haladja meg a $4-5^{\circ}\text{C}$ -ot (0°C -os tárolásnál ez $-4, -5^{\circ}\text{C}$ -os elpárolgási hőmérsékletet jelent). A másik fontos tényező a páratartalom kialakítása szempontjából, hogy a battéria felületi hőmérséklete kellően finoman szabályozott, a nagy hőmérséklet ingadozásoktól mentes legyen.

2. 7. Szabályozott légterű tárolás

A hűtés tartósító hatását azzal éri el, hogy a légzést és a romlást okozó elváltozások jelentős részét számottevő mértékben lelassítja. Hátránya viszont, hogy a legtöbb esetben csak rövid ideig biztosítható a gyümölcs eltartása. Igényes gyümölcsforgalmazást, exportot korszerű hűtőtárolás nélkül nem lehet megvalósítani, ezért szükségessé vált egy fejlettebb technológia, mely segítségével a tárolás időtartama meghosszabbítható. Ez a technológia a szabályozott légterű tárolás lett. Mint ismeretes a hőmérséklet és a páratartalom mellett a tároló atmoszféra összetételének is döntő hatása van növényi eredetű élelmiszereknek eltarthatóságára. A környezeti levegő 21 térfogat% O₂-t, minimális mennyiségű kb. 0,03 térfogat% CO₂-ot, és némi nemes gázt is tartalmaz. Ha környezeti levegőtől eltérően, oxigénben szegény légtérösszetételt biztosítunk a tárolóban és esetleg növeljük a CO₂ tartalmat, szabályozott légterű (SzL) tárolásról beszélünk. Az angol nyelvű elnevezés: controlled atmosphere, rövidítve CA tárolás, és ezt a jelölést használja az angolszász irodalom is. Jelenleg ez a legkorszerűbb eljárás növényi eredetű anyagok tárolásánál.

2. 7. 1. A szabályozott légterű tárolás kialakulásának története

A szabályozott légtér felfedezése egy francia kutató, Jacques Etienne Berard nevéhez köthető. 1821-ben egy publikációjában arról számolt be, hogy a gyümölcsök tárolhatósági ideje oxigénben szegény térben növekedett. Az első rögzített kísérletet Benjamin Nyce végezte az amerikai Ohióban 1865-ben, hogy szabadalmat szerezzen az eljárásra és meg hozza a termelők kedvét az alkalmazásra. 25 évvel később a kutatócsapat a módosított légterű gyümölcsszállítást próbálta alkalmazni Kaliforniában, melyre a szabadalmat meg is kapták, azonban a sok előre láthatatlan romlási folyamat és az addig nem tisztázott tudományos magyarázatok miatt a módszer elterjedése sikertelen maradt (Thompson, 1998).

A tárolási idő megnyújtásának, a küllemi és beltartalmi tulajdonságok jobb megőrzésének reményével hajtva a XX. század elején azonban újabb intenzív kutatások kezdődtek. E területen kiemelkedő munkát végeztek Kidd és West 1925-1939 között Angliában. Megfigyelték, hogy zárt térben a légzés intenzitása lecsökken. Kísérleteik elején a normáltól eltérő légtér légzésintenzitás csökkentő hatását hűtés nélkül vizsgálták, s tárolási kísérleteik nem jártak eredménnyel. Később alma hűtőtárolása során O₂-ben csökkentett, CO₂-ban pedig növelt térben a normál összetételű légtérben történt tároláshoz képest kedvezőbb eredményeket értek el. Bebizonyosodott, hogy a légzési sebességre a hőmérsékletnek döntő hatása van, vagyis a szabályozott légtér csak hűtéssel kombinálva eredményes. Ezt követően Kidd és West intenzív

kutatómunkájukkal összefüggéseket állapítottak meg a légzési aktivitás és a tárolási idő között. Vizsgálták a légzési hányadost és annak változását a tárolás során, a klimakterikus légzést, a hőmérsékletet, a gázösszetételt, a terméken belüli CO₂ koncentráció és a légzés kapcsolatát. Úttörő munkájukkal új, a hűtőtárolást kiegészítő eljárásnak, a szabályozott légterű tárolásnak teremtették meg az alapjait és indítottak el egy kutatási folyamatot (Burg, 2004).

A szabályozott légterű tárolástechnológia felfedezése gyökeresen megváltoztatta a zöldség- és gyümölcsstermesztés valamint értékesítés addig alkalmazott módszereit, lehetőséget teremtett az egyes kertészeti termékek szezonjának megnövelésére, sőt egyes termékek szezonon átívelő tárolási lehetőségét is megteremtette, növelve ezzel az ellátás biztonságát.

2. 7. 2. A szabályozott légterű alkalmazásának biokémiai háttere

A szabályozott légterű tárolási kísérletek zöme az alma és körte tárolási technológiájának kidolgozását célozta, de számos más gyümölccsel és zöldséggel történtek vizsgálatok. A kísérletek során döntő szerepet kaptak a légzési, a beltartalmi vizsgálatok és a környezet számos hatásának megfigyelése. A normáltól eltérő légösszetétel és a légzési folyamat közötti kapcsolat megközelíthető a szubsztrát koncentráció és a reakciósebesség közötti kapcsolat tanulmányozásával. Kémiai reakciók esetén az egymással reagáló anyagok koncentrációja meghatározza a reakciósebességét, mely megállapítás a reakciósorokra is érvényes. Visszaható reakciók esetén hasonló, de ellentétes irányú hatást fejt ki a keletkezett anyagok koncentrációja is. A légzési folyamatban tehát az alacsony O₂ és a magas CO₂ tartalom a koncentrációknak megfelelően módosítja a légzést, de a szerves kémiai reakciók kinetikai elméletéhez hasonló érvényű és pontosságú megállapításokat a légzés enzimes reakcióinak bonyolult kinetikája miatt nem lehet tenni (Sáray, 2002).

A tárolótér O₂ tartalmának csökkentése a légzési lánc végén hatva (végoxidációk) az egész légzési folyamat sebességét meghatározza. Ez a magyarázata, hogy számos kutató az oxigén szint elsődleges szerepéről ír, a CO₂ tartalom hatásához viszonyítva. A tárolótér oxigéntartalmának csökkentése 21 és 10 térfogat% közötti értékre a légzési aktivitást szinte érintetlenül hagyja. Gyümölcs és zöldségfélék tárolásánál a légzésaktivitás radikális csökkentése 5-6 tf% oxigéntartalomnál kezdődik el. Az optimális beállítás a légzés gátlásán túl a termékminőséget veszélyeztető enzimaktivitás fékezhetőségén is múlik.

A növelt CO₂ tartalom hatásának biokémiai alapjai nem teljesen ismertek. Feltételezhető, hogy mint az egyensúlyi reakciók végterméke hat vissza a légzésre, a szövetek élettani tevékenységére. Fokozott töménysége a tömeghatás törvényei szerint a dekarboxilálási reakcióknál hat, gátolva a dekarboxiláz enzimek működését. A széndioxid- koncentráció a

légzőközpont (mitokondrium) közelében a legmagasabb, innen a parciális nyomáskülönbség elve szerint a gáz (sejtnedvben nem oldott hányada) a sejtközötti járatokon keresztül a gázcserenyílások felé diffundál, majd a levegőbe jut. A folyamat gyorsasága a sejtközötti járatok és a külső környezet gázkoncentráció különbségétől függ. A kiegyenlítőedés, a közel egyensúlyi helyzet csak hosszabb tárolás után következik be. A túlzottan nagy (fajtól, fajtától függően változó) CO₂ koncentráció a sejtekben, illetve a szövetekben különböző élettani elváltozásokat okozhat (Sáray, 2002).

2. 7. 3. A kajszi szabályozott légterű tárolása

A szabályozott légtér kedvező hatása a kajszi tárolásakor is megmutatkozik. Claypool és munkatársai 1966-ban közölt cikkükben arról számoltak be, hogy a 'Royal' kajszi 0°C-on 2,5 és 3,5 tf% CO₂ és 2 tf% O₂ tartalmú térben tárolva, majd befőttnék elkészítve jobb minőséget eredményezett, mint a normál légtérben 1,1°C-on tárolt mintákból készült befőttnék. Claypool és Pangborn (1972) vizsgálataik alapján megállapították, hogy a szabályozott légterű tárolás során az oxigénszint szerepe sokkal nagyobb, mint a CO₂-é. 'Blenheim' kajszi-fajtával végzett méréseik során 2,5-3,5 tf%-nál nagyobb CO₂-tartalmú térben illat- és aromaszegényedést tapasztaltak. Wankier és kutatócsapata (1970) is hasonló eredményekre jutott 5 tf% oxigén és 2,5 tf% CO₂ tartalmú térben hűtve tárolt 'Moorpark' kajszi esetén. Gerhart és munkatársai (1941) az érési folyamat elmaradását és húsbarnulást tapasztaltak szintén 'Moorpark' kajszi esetén 7°C-os hőmérséklet és magas (5, 10, 15 tf%-os) CO₂-tartalom mellett, amely húsbarnulási tünetek 8-10 napos tárolás után mutatkoztak meg, míg az első 5 napban nem voltak minőségromlásra utaló jelek.

2 tf% O₂ és 5 tf% CO₂ mellett 1,1 °C hőmérsékleten 'Patterson' és 'Tilton' fajták esetén az állomány jó megőrzését tapasztalták és a megmaradó alacsony pH miatt az alternária és a monília sem okozott olyan mértékű romlást mint a normál légtérben történő tároláskor (Brecht et al., 1982).

Az érési folyamatban a kajszi etiléntermelése 10-100 ml/kgóra (Kader et al., 1985). A szabályozott légtér alkalmazásával a kajszi etiléntermelése jelentősen visszaszorítható. Pretel és munkatársainak (1999) vizsgálatai szerint mind a nagy CO₂ tartalom (20 tf%), mind a kis O₂ tartalom visszaszorítja a kajszi etiléntermelését. A szabályozott légtérben tárolt kajszi egységben minden esetben kisebb koncentrációban találtak aminociklopropán-1-karboxilsavat (ACC), amely az etiléntermelés köztes vegyülete. Ugyanakkor megállapították, hogy az 1 tf% O₂, tartalmú légtérben az etilalkohol képződése már 1 hetes tárolás után kimutatható, jelezve az anaerob fermentáció kialakulását. A szabályozott légterű tárolási

technológiával egyre terjedő ULO (ultra alacsony oxigéntartalom) tárolási forma előnyét kajszii tárolásakor nem bizonyították, sőt Pretel és munkatársainak eredményeihez hasonló eredményről adtak számot Folchi és munkatársai 1995-ben. Kis oxigéntartalmú légtérben (0,3 tf% O₂) etilalkohol- és acetaldehid-képződést tapasztaltak és a tárolás 5. napján 6°C-on, valamint a 12. napján 0°C-on a gyümölcsbőr színének barnulását figyelték meg.

A nagy CO₂ koncentrációjú előkezelés hatását Chambroy és munkatársai (1991) vizsgálták. Kutatásukban félérett és érett 'Rouge de Roussillon' és 'Camino' fajtákat kezeltek 10-30 tf% CO₂ tartalomban 24, 48 és 72 órán át a betárolás előtt. A tárolást ezt követően normál és szabályozott légterű (5 tf% O₂ és 5 tf% CO₂) tárolóban folytatták. Vizsgálataik során a következőket állapították meg: A 20 tf% CO₂ alkalmazása 24 és 48 órán át eredményes volt a gyümölcsök hús keménységét tekintve. Ugyancsak eredményesnek vélték az előkezelést a *Monilia* faj okozta romlási folyamatok visszaszorításában. A normál légtérben tárolt egyedek légzésintenzitásánál jól látható volt a hagyományos klimaktérikus légzési csúcs, melyet a 20 tf%-os CO₂ előkezelés alkalmazása késleltetett, míg a szabályozott légterű tárolás teljesen meggátolt. A legjobbnak a 24-48 órán át tartó 20 tf%-os CO₂ előkezelést találták. A magasabb koncentráció és a hosszabb tartózkodási idő fermentatív folyamatokat eredményezett. Megállapították, hogy a széndioxidos előkezelés kedvező hatása a tárolás előrehaladtával fokozatosan csökken és a tárolóból kikerülő gyümölcsnél 24 órán belül sajnos el is tűnik.

Burg és munkatársai (1966) a kisnyomású tárolás kedvező hatásáról számolnak be. 102 Hgmm (134 mBar) abszolút nyomás mellett, amely légköri nyomásra vetítve 2,8 tf%-os oxigénszintnek megfelelő, a kajszii tárolási ideje kétszerese volt a kontrollként használt hűtőtároltéhoz képest. A tárolás során a megfelelő oxigénszintet kis mennyiségű levegő beadagolásával biztosították. A kis nyomás okozta oxigénszegény légtér, valamint az állandó átszellőztetés által null szinten tartott etilénkoncentráció az utóérés késleltetését, kisebb cukor- és savtartalom-csökkenést és hosszabb tárolási időt eredményezett (Burg et al., 1965).

Összefoglalva az eredményeket megállapíthatjuk, hogy a szabályozott légtér hatása a kajszii savtartalmának megőrzésében és az etiléntermelés visszaszorításában is kedvező szerepet játszik. Claypool és Pangborn (1972) mérési eredményei alapján kijelentethetjük, hogy az oxigénszint kismértékű csökkentése 2-3 tf% oxigéntartalom mellett hatásosabb, mint a CO₂-szint 10 tf%-ra való növelése. A túlzottan alacsony oxigénszint (1 tf% alatt) anaerob légzéshez (Pretel et al., 1999., Folchi et al., 1995), míg a magas (5 tf% felett) CO₂ szint fokozott húsbaruláshoz vezet (Gerhart et al., 1941). Az irodalmi adatok alapján optimális tárolási feltételnek tehát a 0°C hőmérsékletet, 90-95% relatív páratartalom, 2-3 tf% CO₂ és 2-3 tf% O₂ koncentráció javasolható (Kader et al., 1985; Hardenburg et al., 1990; Sáray, 2002). Eltarthatósági idő a normál légtérben 14-21 nap (Welby és McGregor, 1997), szabályozott légtérben 21-35 nap (Sáray, 2002).

2. 8. Az aerob és anaerob légzés viszonya

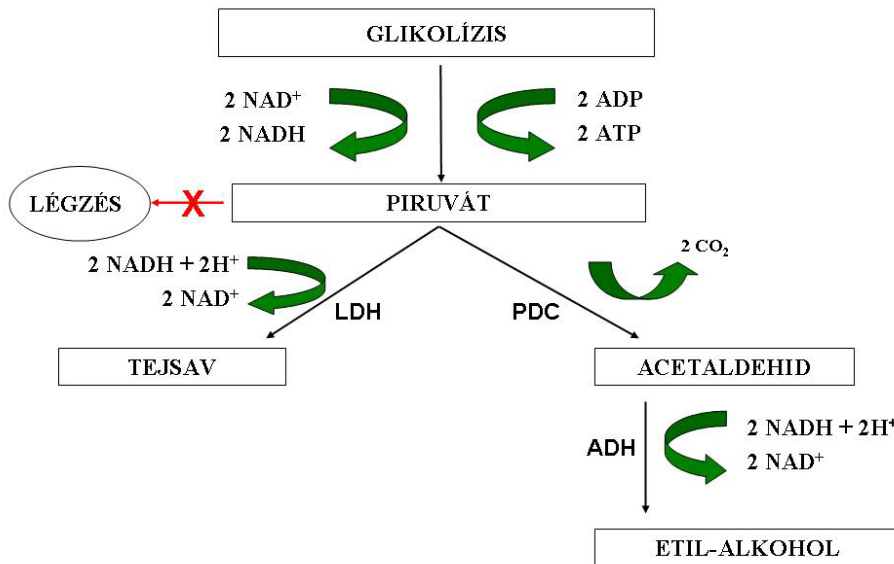
A növényi légzésnek két útja ismert: az aerob és az anaerob légzés. A két légzési forma egymáshoz való viszonya elsősorban a szövetekben uralkodó oxigéntenziótól függ. Anaerob (oxigénszegény) körülmények között a piroszőlősav (PyS) alkoholra vagy tejsavra bomlik. Ha az oxigén koncentrációját fokozatosan növeljük, egyre több lehetőség adódik a Krebs-ciklusban megvalósuló oxidációs folyamatokra. Végül az oxigén tenziója eléri azt a szintet, amelynél gyakorlatilag az összes PyS oxidatívén bomlik el. Ezt az O_2 tenziót extinkciós pontnak nevezzük, amelynek értéke különböző, általában 2 tf% alatti (Blackman, 1928). Ezen elágazásnál a reakció útját a résztvevő enzimeknek a közös szubsztrátumhoz, vagyis a PyS-hoz való vonzódási különbsége (szubsztrát affinitása) is befolyásolja. Normális ütemű PyS-képződés esetén erőteljesebb aerob légzés és kis mértékű erjedés folyik egymás mellett, tehát acetaldehid és koenzim-A (CoA) is képződik párhuzamosan (Szalai, 2006).

2. 8. 1. Anaerob anyagcsere a növényekben

A növényi sejtek képesek a szénhidrátok anaerob lebontására (5. ábra). Az O_2 -hiányos növényi szövetekben nemcsak etanolt és tejsavat, hanem a legkülönbözőbb (esetenként nem glikolitikus) utakon keletkező, sokféle vegyületet mutattak ki. Ezért az "anaerob anyagcsere" kifejezést használják e folyamatok általános megnevezésére (Láng, 1998).

Ezekben a következő, általánosítható szabályok figyelhetők meg:

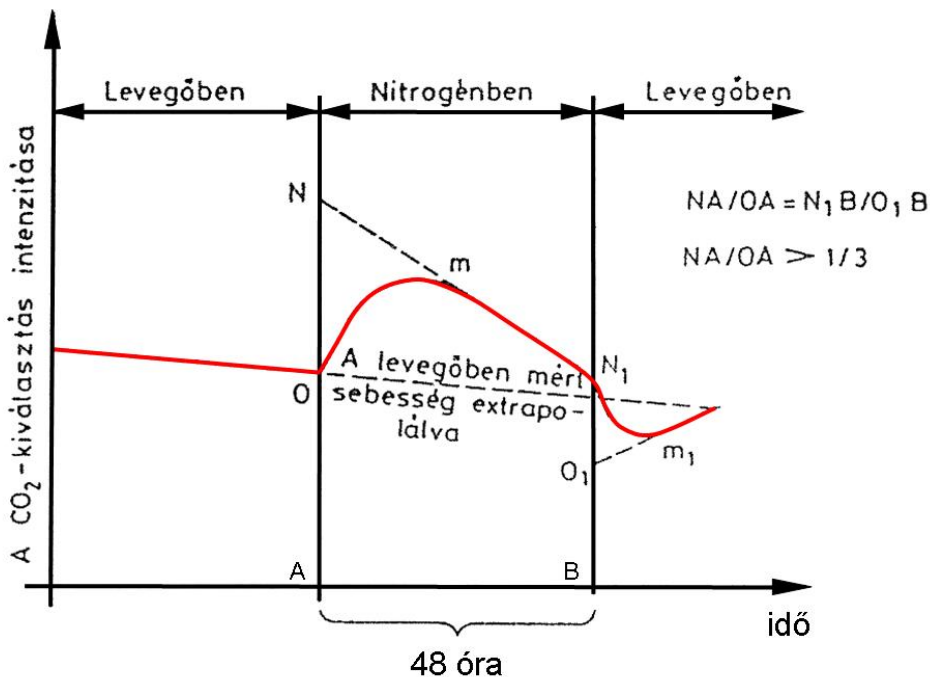
1. A reakciósorozatot általában hexózfoszfátból kiinduló oxidációs lépések nyitják, amelynek során NAD^+ redukálódik. (Például a glikolízis folyamatában is ez történik.)
2. Az 1. reakciósorozatban keletkezett oxidált termék a továbbiakban redukálódik, miközben az 1. reakciósorozatban redukálódott NADH visszaoxidálódik. (Például a piroszőlősav-tejsav átalakulás is ilyen reakció.)
3. A 2. reakcióban termelt termék a vakuólumba szállítódik, így végtermékkelvonás révén a 2. reakció nem gátolt.
4. A 2. reakciósorozatban visszaoxidált NAD^+ ismét felhasználódik az anaerob bontást nyitó hexózfoszfát, vagy annak bomlás terméke oxidációjában, az 1. reakciósorban.



5. ábra: Az anaerob légzés anyagsertermékei (Cossins, 1978 nyomán)

2. 8. 2. Pasteur-effektus

Az oxigén mennyisége nemcsak az erjedés és az aerob légzés viszonyát szabályozza, hanem hatással van a szénhidrátbomlás sebességére is. Azt a jelenséget, mely szerint a szénhidrátbomlás sebessége O₂ jelenlétében csökken, felfedezője után Pasteur-effektusnak nevezzük, ami azt jelenti, hogy adott esetben aerob körülmények között kevesebb szénhidrát bomlik el, mint anaerob viszonyok között, azaz az oxigén jelenlétének "szénhidrátmegőrző" hatása van. A Pasteur-effektus működését az 6. ábra szemlélteti.



6. ábra: Gyümölcsök CO₂ kiválasztása levegőben és nitrogén légtérben (Szalai, 2006)

Az anaerob és aerob CO₂ kiválasztás viszonya oly módon határozható meg, hogy a görbe egyenes szakaszait visszafelé a légtérváltozás időpontjáig meghosszabbítjuk, vagyis extrapoláljuk A, illetve B időre. A kiválasztott CO₂ viszonyát a NA/OA és N₁B/O₁B viszonya fejezi ki (6. ábra grafikonjának pontjai alapján). Ha a nitrogén atmoszférában mért CO₂ a levegő légtérben mért CO₂-képződéssel elosztva nagyobb értéket ad, mint 1/3 (NA/OA > 1/3), akkor a Pasteur-effekfus működik. A NA/OA arányon alapuló meghatározásnak alapelve az, hogy nitrogén légtérben 1 molekula hexózból 2 CO₂, levegő légtérben 6 CO₂ képződik. Ennek megfelelően, ha nincs Pasteur-effektus, akkor a hexózelbomlás sebessége mindkét légtérben azonos, vagyis a NA/OA értéke 1/3 kell legyen. Viszont amikor a NA/OA-arány értéke 1/3-nál nagyobb, az úgy magyarázható, hogy O₂ jelenlétében a CO₂ termelés kisebb a vártnál. A CO₂-gátlás O₂ jelenlétében oly mértékű is lehet, hogy a NA/OA-érték nagyobb lesz az egységénél. Ebben az esetben a kísérleti görbe olyan, mintha a nitrogén atmoszféra serkentené a szénhidrátelbomlást és ezzel a CO₂-produkciót. A valóságban Pasteur-effektussal állunk szemben, azaz a szénhidrátelbomlás sebességének O₂ jelenlétében való csökkenésével.

Bár az erjedés és az oxidatív légzés viszonyát az oxigéntenzió erősen befolyásolja, hatása nem kizárólagos. Bizonyos körülmények között magas oxigéntenzió mellett is folyik erjedés. Például az igen élénken lélegző merisztéma szövetekben a légzés mellett jelentős az erjedés is. A légzési lánc szétkapcsolásával is fokozódik az erjedés, mert a keletkező PyS-at a Krebs-ciklus nem képes teljes egészében eloxidálni (Szalai, 2006).

2. 8. 3. Anaerob légzés folyamata a szabályozott légterű tárolás során

Az alacsony O₂ és/vagy a magasabb CO₂ szint hatása a kertészeti termékek tárolása során régóta ismert és jól dokumentált eljárás, melynek kiemelkedő hatása van az érésment lassítására, a fiziológiai és mikrobiológiai elváltozások csökkentésére, sőt egyes esetekben a teljes visszaszorítására (Laties, 1995). Azonban érdemes kiemelni, hogy a túlzottan alacsony oxigén illetve a kiemelkedően magas széndioxid szint alkalmazása a szabályozott légterű tárolás során egyes esetekben a termék károsodásához vezethet. Ilyen anaerob környezet kialakulhat a szabályozott illetve a módosított légtérben való tároláskor illetve egyes viaszbevonatok alkalmazása során is (Pesis, 2005). A gyümölcsök érése során valamint a betakarítást követően számos anaerob anyagcseretermék alakul ki a gyümölcsben. Aerob körülmények esetén mérsékelten, míg anaerob tárolás során fokozottabban termelődik acetaldehid és etanol. A fenti molekulák képződése az érés során természetesen lejátszódó folyamat. Számos természetes aromakomponens kialakulásának prekursorai, mennyiségük párhuzamosan nő az érés folyamán, sőt a legtöbb gyümölcsnél koncentrációjuk jelzi a szüret időpontját (Knee és Hatfield, 1981). Az

acetaldehid a polifenolok fő polimerizálója. A túlérett gyümölcsökben a mitokondrium aktivitásának csökkenése miatt ugyanis a sejt nem tud elegendő energiát termelni, így átvált anaerob légzésbe. (Pesis, 2005).

Azt az oxigénszintet melynél a fermentációs folyamatok elindulnak illetve az etanol mennyisége növekedni kezd extinkciós pontnak (Blackman, 1928), Pasteur pontnak (Fidler and North, 1971) vagy szakmai körökben alsó oxigénküszöb értéknek (Lower Oxygen Limit - LOL) (Beaudry, 1993), esetenként fermentációt indukáló pontnak (Fermentation Induction Point - FIP) (Petracek et al., 2002) szokás nevezni. Dolgozatomban a továbbiakban az alsó oxigénküszöb elnevezést fogom használni a téma bővebb kifejtésekor.

Kertészeti termékek tárolása során ha a légköri O_2 koncentráció az alsó oxigénküszöb értéke alá csökken az anaerob légzés következtében a növényi szövetekben acetaldehid és etilalkohol halmozódik fel, mely kellemetlen és idegen illatú és ízű anyagcseretermékek kifejlődésével jár (Fidler and North, 1971), sőt a legtöbb esetben a termék teljes értékvesztése is bekövetkezik (Banks et al., 1993). Ahogy az 5. ábrán is megfigyelhető az acetaldehid a gyümölcsben a piruvát-dekarboxiláz (PDC, EC 4.1.1.1) enzim közreműködésével jön létre, melyből alkohol dehidrogenáz enzim (ADH, EC 1.1.1.1) segítségével keletkezik etilalkohol (Cossins, 1978). A betárolt gyümölcsök is folytatják az etanol és acetaldehid termelést, főleg genetikai tulajdonságok és a tárolási körülményektől függően. Az egyes gyümölcs és zöldségfajok valamint fajták anaerob környezetben történő tárolásra való érzékenysége különböző, azonban kijelenthető, hogy minden kertészeti termék érzékeny az anaerob légzés anyagcseretermékeire és nem tolerálja a túl alacsony oxigénszinten való tárolást. Az acetaldehid (AA) és etanol (ETOH) felhalmozódásának kinetikáját és a piruvát dekarboxiláz illetve alkohol dehidrogenáz (ADH) működését Burdon és munkatársai (2007) vizsgálták éretlen 'Hass' avokádó gyümölcshúsában. Munkájukban megállapították, hogy a 0,5 tf%-nál alacsonyabb oxigénszint az AA és ETOH gyors felhalmozódását eredményezte. Az AA és ETOH felhalmozódásának mintája egy hiperbolikus modell segítségével vált jellemezhetővé. Megfigyelték, hogy a gyümölcs szövetében, a 20 tf%-nál magasabb CO_2 szint hatására, az AA koncentrációja megemelkedett, de az etanolé nem. Az AA felhalmozódás görbéjének felfutása magas CO_2 szinten hasonlított, az alacsony O_2 szinten mérthez, mindamellett hogy az AA szintje magasabb CO_2 koncentrációnál magasabb értéket ért el. Ugyancsak megfigyelték, hogy az AA és ETOH koncentrációja exponenciális módon esett vissza az alapszintre, amikor az O_2 koncentrációt a kevesebb, mint 0.5 tf%-ról 2 tf% fölé emelték.

A tárolótér levegőjében lévő etilalkohol szintje tehát jelezheti számunkra a növényi szövetek megváltozott állapotát (Veltman et al., 2003) és így meghatározhatóvá válhat a biztonságos oxigén szint a szabályozott légterű tárolás során. Ez az elképzelés az előre definiált

és alkalmazásra javasolt O₂/CO₂ koncentrációk helyett a gyümölcs által meghatározott és tolerált légtérösszetevők alkalmazása felé nyit lehetőséget. Ezt az elképzelést, mely folyamatosan alkalmazkodik a betárolt termék állapotához szokás dinamikus szabályozásnak is nevezni (Saltveit, 1997). A dinamikus elven működő szabályozás során a tárolóterem oxigén szintje addig csökken, míg a termék valamilyen módon nem jelzi megváltozott anyagcseréjét, így a tárolás során alkalmazott oxigénszint mindig a gyümölcs által jelzett szint felett lehet (Burdon et. al., 2007). A dinamikus elven működő szabályozás a 21. század új tárolástechnológiai irányvonala lehet, ha képesek leszünk kifejleszteni azokat a módszereket melyekkel biztonságosan megvalósíthatóvá válik a működés. A gyümölcs aktuális állapotához alkalmazkodó légtérösszetétel szabályozás tovább növelheti kertészeti termékeink tárolhatósági idejét, növelve ezzel a hazai zöldség-gyümölcs ellátás biztonságát és az importtal szembeni ellenálló képességét.

2. 9. A kajszii aromaanyagai

Az érési folyamat kísérője a kajszigyümölcs jellegzetes aromaanyagainak kialakulása. Az aromakomponensek száma jelentős. Tang és Jenning (1967) fő aromakomponensként a Mircént, Cimolt, Terpinént, transz-2-hexanolt, 2-metil-butánsavat, Ecetsavat, Linolalkoholt és azok oxidált formáit különítették el a kajszii gyümölcséből, amelyek egyike sem okoz önmagában a kajszira emlékeztető aromaérzetet. Későbbi vizsgálataik során a felsoroltakon kívül Benzilalkoholt, Kapronsavat, α -oktalaktont is azonosítottak a könnyen illó komponensek között. Tóth és munkatársai (1989a, 1989b) a különböző kajszifajták aromakomponenseit és azok változását vizsgálták az érettségi állapot függvényében. 'Magyar kajszii', 'Ceglédi óriás', 'Bergeron' és más fajtákkal végzett vizsgálataik során megállapították, hogy a mintegy 30 fő illatkomponens az egyes fajtákban megtalálható, mennyiségük azonban fajtánként eltérő. A 'Bergeron' és a 'Magyar kajszii' fajtákról megállapították, hogy az érés során az illatkomponensek mennyisége lényegesen nem, az arányuk azonban jelentősen változik. Az érés előrehaladtával a „zöld” komponensek nevezhető Hexanal, transz-2 hexanal, Hexanol, cisz-3-hexen-1-ol és transz-3-hexen-1-ol mennyisége élesen csökken, míg az Etil-és Butilalkohol, valamint a savak és észterek aránya jelentősen megnő. Véleményük szerint az érettségi állapotot a transz-2-hexanal mennyiségével jellemezni lehet.

Majoros és munkatársai (2004) mérései során 'Ceglédi bíborkajszit', belőle készült pálinkát és egy mesterséges aromákkal előállított barackízű szeszesitalt vizsgáltak. Céljuk a sárgabarack eredet bizonyítására alkalmas vegyületek megtalálása volt. A lehetőség szerinti legnagyobb számú komponens azonosításával megkeresték azokat az anyagokat, amelyek mind a

gyümölcsben, mind a pálinkában előfordulnak. Bizonyító jelenlétű komponenseknek csak a terpéneket, terpén származékokat, bizonyos kondenzált gyűrűs vegyületeket, valamint a laktonok némelyikét tekintették. Az azonosítási törekvések eredménye a gyümölcsben 66, a pálinkában pedig 31 elsődlegesnek tekinthető komponens volt. Közülük mindkét mintában megtalálható volt 14, amelyek az elúció sorrendjében rendre a következők voltak: 2,7-dimetil-1,3,7-Octatrién; cis-Linaloloxid; 1,2,3,4-tetrahidro-1,1,6-trimetil-Naftalén; transz-Linaloloxid; Benzaldehid; (+,-)-(2R,5R)-2,10,10-Trimetil-6-metilidén-1-oxaspiro(4.5)dec-7-én, Linalol; 1-4-Terpineol; alfa-Terpineol; 1,2-dihidro-1,1,6-trimetil-Naftalén; Nerol; Nerolidol; 5-hexildihidro-2(3H)-Furanon; 5-heptildihidro-2(3H)-Furanon. Megállapították, hogy, az első 12 vegyület majdnem minden növényi mintában megtalálható, így jelenlétük a barackeredet szempontjából nem perdöntő. Az utolsó két lakton jelentkezése ritka és detektálásuk a valódi kajszi származás bizonyítékául szolgál. Ez a két komponens a baracklekvárban is érzékelhető finom kajszi jelleg hordozója (Belitz-Grosch-Schieberle, 2004).

Guillot és munkatársai (2006) különböző sárgabarackfajtákat jellemeztek aromakomponenseik szerint. A mintavételhez szilárdfázisú mikroextrakciót (SPME) használtak, majd a mintát gázkromatográfba (GC) juttatva az analízist tömegspektrométerrel (GC-MS), lángionizációs detektorral (FID), valamint olfaktométerrel (GC-O) végezték el. A vizsgálat során hat kajszifajtát választottak ki érési idő alapján: 'Orangered' és 'Iranien' koránérő; 'Goldrich' szezon közepén érő; 'Hargrand', 'Rouge du Roussillon' és 'A 4025' (hibrid) későnérő fajtákat. Korábbi tanulmányok alapján megállapították, hogy a sárgabarack ízében kulcsszerepet játszik a β -jonon, a Linalol, a Benzaldehid, a 2-fenil-etanol, a γ -dekalakton és a Hexil-acetát. A hat vizsgált kajszifajtánál a gázkromatográf után kapcsolt lángionizációs detektor (FID) által adott jelek összesítéséből létrejövő intenzitás alapján megállapították, hogy nincs korreláció az aromaintenzitás és a fajta eltérő szüreti időpontja között. GC-MS készüléket használva a hat kajszifajta vizsgálata során több mint 200 illékony komponens mutattak ki, azonban ezek közül mindössze 23 volt jelen mind a hat mintában. A 'Hargrand' és a 'Rouge du Roussillon' fajta tartalmazta a legtöbb aromakomponenset. Hexil-acetátban a 'Hargrand' fajta volt a leggazdagabb, míg a 'Rouge du Roussillon' tartalmazott legnagyobb mennyiségben Etil-acetátot és P-cimént. A 'Goldrich' fajtában található a legtöbb E-hexén-2-al, valamint az a leggazdagabb Limonénben és γ -dekalaktonban. A meghatározott 23 komponens közül GC-O készülék használatával 10 komponens sikerült azonosítani. Ezek közül néhányat már korábban közöltek, mint a barack ízvilágához hozzájáruló anyagot. Megállapították, hogy a Limonén, a β -ciklocitrál, 6-metil-5-heptén-2-on és a Menton nagymértékben hozzájárul a barack aromájához. A Limonén és a β -ciklocitrál adja a gyümölcsös, különösen a citrusos jelleget a sárgabaracknak, a 6-metil-5-heptén-2-on a felelőse a virágos jellegnek, míg a Mentonnak köszönhető a kajszi friss jellege. Ezekben

kívül fontos szerepet játszik a kajszi aromájának kialakításában az Etil-acetát, a Hexil-acetát, a γ -decalakton, a Linalol, a β -jonon és az E-hexén-2-al.

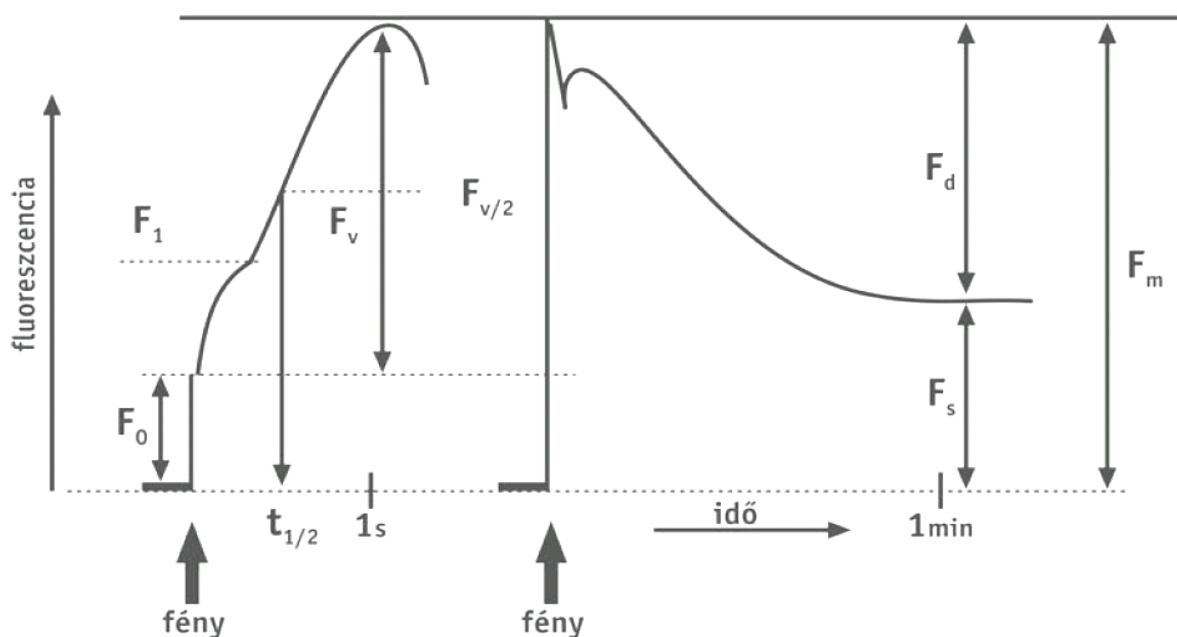
Háger-Veres (2005) publikációjában az aromagyártás oldaláról közelíti meg a témát. Az általa vizsgált és azonosított komponensek alapján (3. táblázat) az alábbi megállapításokat teszi. A kajsziakra a terpén szénhidrogének rendkívül változatos jelenléte jellemző. Érzékszervileg kimutatható az aroma-rokonság a terpéntartalmú gyümölcsök között, például a kajszi és a mangó között. A terpén alkoholok oxidjainak jelenléte sem elhanyagolható, melyeket fémes illattal jellemez. A rózsa alkoholok (Linalol, Geraniol, Nerol stb.) és oxidjaik széles köre szintén jellemző, melyek szépen belesimulnak a terpén szénhidrogének illatjellegébe, sőt ezekre szinergensen, illatkiemelőként hatnak. Az észterek gazdagsága ugyancsak jellemző, mely leginkább a finom, árnyalt, testes gyümölcsös jelleg hordozója, az etil-észterek nagy változatosságának köszönhető a gyümölcsös-illatos jelleg. A heteroatomokat tartalmazó, valamint a jázminra jellemző minor komponensek valamint a gamma és delta laktonok, és a szerves savak nagy változatossága ugyancsak kiemelendő, melyek nélkül nincs valódi kajszi aroma.

3. táblázat: A kajsziára jellemző aromakomponensek (Háger-Veres, 2005)

Alkoholok:	Aldehidok:	Laktonok:
1-propanol 2-metil-1-propanol 1-butanol 3-metil-1-butanol 1-pentanol 1-hexanol transz-2-hexen-1-ol cisz-3-hexen-1-ol 2-etil-1-hexanol 1-heptanol 1-octanol 1-nonanol 1-decanol Citronellol Geraniol Nerol Linalol Farnesol Benzilalkohol 2-feniletanol α -terpineol 4-terpineol	Acetadehid Pentanal Hexanal transz-2-hexenal Citrál Benzaldehid 4-hidroxibenzaldehid 4-metoxibenzaldehid	γ -butirolakton γ -hexalakton γ -octalakton δ -octalakton γ -nonalaktón γ -decalakton δ -decalakton γ -undecalakton γ -dodecalakton Dihidro-Aktinidiolid
	Észterek: izopentil acetát hexil acetát etil propionát etil 2-hidroxipropionát etil pentanoát etil hexanoát etil octanoát etil nonanoát etil decanoát etil dodecanoát etil tetradecanoát etil pentadecanoát etil hexadecanoát dietyl malát	Furán vegyületek: cisz-linalol oxid transz-linalol oxid Furfural transz-rózsa oxid transz-nerol oxid
		Szénhidrogének: β -mircén γ -terpinén Terpinolén Limonén β -pinén Camfén p-cimén
Ketonok: Aceton 6-metil-5-hepten-2-on 3-nonen-2-on β -damaszkenon β -jonon		Savak: Ecetsav 2-metil-vajsav

2. 10. A klorofill fluoreszcencia jelensége

Megfigyelések szerint a sötétben tartott növények fluoreszcenciája megvilágítás hatására időben változó intenzitást mutat (Lichtentaler és Rinderle, 1988). Az indukciós görbe alakulásából következtethetünk a fotoszintetikus elektrontranszport lánc működésére (7. ábra).



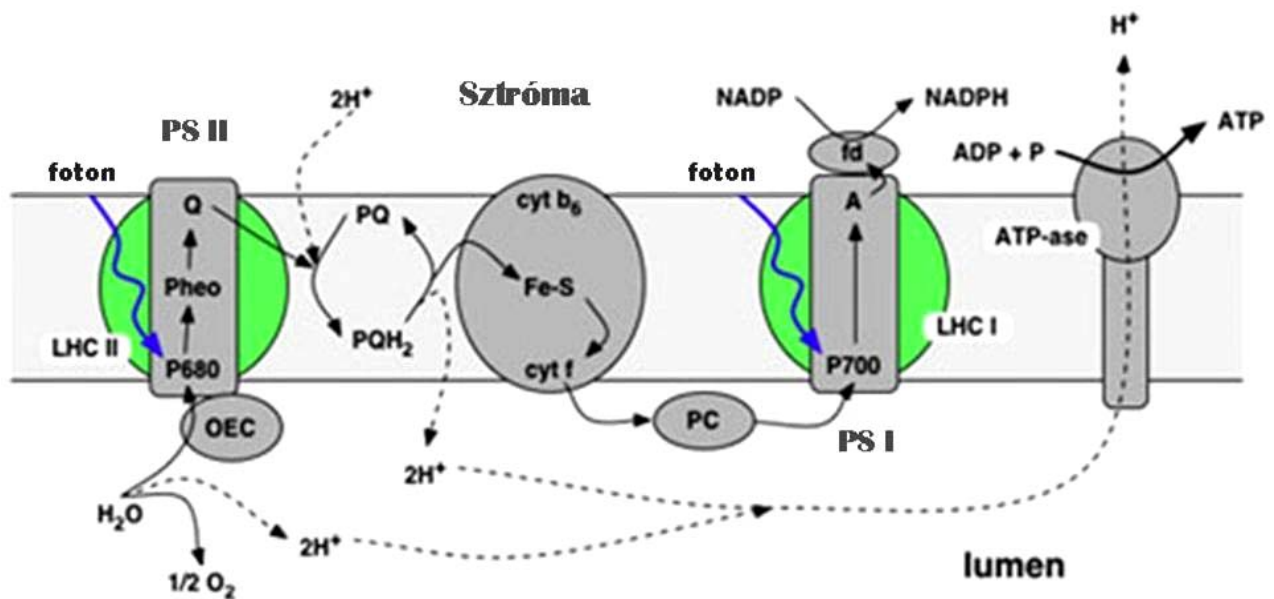
7. ábra: Rövid és hosszú idejű fluoreszcencia indukció kinetikája
(Bolhár-Nordenkamp és Öquist, 1993).

Ennek élettani háttere, hogy a fotoszintézis során az egészséges növényi részekben a fotoszintetikusan aktív fényt a fénygyűjtő klorofill-fehérje komplexek (LHC) pigmentjei adszorbeálják és továbbítják az I-es és a II-es reakciócentrum (PSI, PSII) felé. Ott történik az elektrontranszfer vagyis az akceptor molekulák jelenlétében lejátszódó töltésváltozás. Az abszorbeált energia egy része elvész a rendszerből és fluoreszcencia formájában jelenik meg. Ez a növények alapfluoreszcenciája (F_0), mely független a kémiai folyamatoktól.

A sötétadaptált növényeknél a megvilágítás kezdetén az elektrontranszport lánc minden tagja oxidált állapotban van. A megvilágítás hatására igen rövid idő alatt ($<1 \mu s$) megjelenik az alapfluoreszcencia. Ahogy az elektrontranszport lánc komponensei fokozatosan bekapcsolódnak a folyamatba és redukálódnak, úgy nő a fluoreszcencia értéke is, hiszen minél több redukált komponens van, annál kevesebb foton energiáját tudja a rendszer hasznosítani. A fluoreszcencia ezért egy lassabb folyamatban először egy I értéket ér el (F_i), ami a PSII redukált elsődleges kinon akceptorának, a Q_A -nak a mennyiségével arányos, majd egy telítési maximumhoz érkezik (F_m), mely a PSII elektrontranszportlánc összes komponensének redukált állapotát tükrözi. Ez az

a pont, amikor már nem következhet be újabb töltésszétválasztási lépés, ezért a PSII által elnyelt teljes fényenergia fluoreszcencia formájában jelenik meg. Ilyenkor az összes Q_A redukált állapotban van. Az idő múlásával a fluoreszcencia az F_m érték alá kezd csökkenni (F_d), mert a Calvin-ciklus működésbe lép és megkezdődik a keletkezett NADPH és ATP felhasználása, így az elektrontranszportlánc komponensei ismét oxidálódnak és lehetőség nyílik az elektrontranszport újbóli megindulására (Lichtentaler és Rinderle, 1988).

A fotoszintézis fényszakaszának folyamataiban a tilakoidmembránok ötféle szupramolekuláris fehérje együttese vesz részt: a kettes fotokémiai rendszer (ang. „photosystem II” = PS II) a hozzá kapcsolódó vízbontó komplexszel vagy oxigén kibocsátó komplexszel együtt (ang. „water-splitting complex” = WSC vagy „oxygen-evolving complex” = OEC), a citokróm b_6/f komplex, az egyes fotokémiai rendszer (ang. „photosystem I” = PS I), a kétféle fotokémiai rendszerhez kapcsolódó fénybegyűjtő pigment-protein komplex (ang. „light-harvesting complex” = LHC), valamint a kloroplasztiszban levő ATP-szintetáz (kapcsolófaktor, CF1-CFo vagy CF1Fo) komplex (8. ábra).



8. ábra: A fotokémiai reakciókat lebonyolító egységek alkotóelemei

A kétféle fotokémiai rendszer, amelyekben a fényenergia kémiai energiává alakul, és melyek közül az egyik az egymást fedő gránumtilakoid szakaszokban, a másik a sztróma-tilakoidokban működik, egymással működési szempontból sorba van kapcsolva. A tilakoidális elektrontranszport útját tekintve sorrendben a kettes fotokémiai rendszer (PS II) az első, ez vonja el az elektronokat a víztől (végső elektrondonor), miután saját energiadús elektronjait továbbadta az egyes fotokémiai rendszer felé, a citokrómkomplex közvetítésével. Az egyes fotokémiai rendszer (PS I), habár időrendi szempontból elsőként azonosították P700 reakciócentruma által

(amely a vörös tartományban az összes többi pigmentnél nagyobb hullámhossznál mutat elnyelési maximumot), sorrendben a második, mert a PS II felől pótlódik elektronhiánya, miután saját energizált elektronját átadja a NADP⁺-nak (a fényszakasz végső elektronakceptora). Hatékony fotoszintézis akkor történik, ha a kétféle fotokémiai rendszer szorosan együttműködik, és pontos szabályozó mechanizmusok biztosítják, hogy mindig egyensúlyban legyenek, vagyis összesített hatékonyságuk maximális legyen, annak ellenére, hogy a külső és belső körülmények állandóan változnak.

A klorofill fluoreszcencia mértéke összefüggésben áll a növényi szövetek fotokémiai rendszerének (PSII) épségével. A fotoszintetizáló növényi szövetek klorofill molekulái által elnyelt fényenergia az ATP termelésben, a NADPH/H⁺ rendszer fenntartásában játszik szerepet, másrészt hő formájában növeli a rendszer szabadenergia állapotát. A fennmaradó energiamennyiség okozza a fluoreszcencia jenséget. A sötétben tartott növényi szövetben a PSII majdnem az összes, a fényenergia által gerjesztett elektront tovább tudja adni, és a fluoreszcencia mértéke minimális (F₀). Folyamatos megvilágítás hatására a klorofill-fluoreszcencia eléri a maximális értékét (F_m), ahol a PSII csak kis részét képes továbbítani a gerjesztett elektronoknak.

A növények fotoszintetikus működésének jellemzésére általában a változó és a maximális fluoreszcencia arányát (F_v/F_m) szokták használni. Ha az F_v/F_m értéke az ép növényen mért érték alá kezd süllyedni, akkor az a növény fotoszintetikus kapacitásának sérülésére utal, de kapcsolatban van a környezet számos tényezőjével, így a légtérösszetétellel is. A maximális (F_m) és a minimális (F₀) klorofill fluoreszcencia különbsége adja a változó, azaz az F_v értéket. Az F_v/F_m arány általánosan használt érzékeny, megbízható jelzőszám, az elektrontranszport hatékonyság mérésére. Az F_v/F_m arány maximális értéke általában 0,83-0,85 közötti. Külső, illetve belső tényezők hatására kialakuló fiziológiai változások (pld. érés, öregedés, stb.) hatására az F_v/F_m érték csökkenése mutatható ki, így a módszer alkalmas lehet stressz faktorok hatásának vizsgálatára és a tárolás során bekövetkező változások előrejelzésére (Bolhár-Nordenkampf és Öquist, 1993)

2. 10. 1. Az oxigénkoncentráció hatása a klorofill fluoreszcenciára

Van Kooten és Snel (1990) kutatásaik során elsőként vették észre, hogy az 1-2 tf%-os O₂ vagy 5 tf%-nál magasabb CO₂ koncentrációjú térben tárolt alma klorofill fluoreszcencia értékei (F_v/F_m) 1-5 napon belül a kiindulási érték alá estek. DeEll és munkatársai (1995) megállapították, hogy a klorofill fluoreszcenciás mérés technika alkalmas lehet a túl alacsony oxigénszinten való tárolás negatív hatásainak elkerülésére még a tünetek megjelenése előtt. Ugyancsak megállapították, hogy a magas CO₂ szinten való tárolás káros hatásai is előre

jelezhetőek a technika alkalmazásával. Prange és munkatársai (1997) új mérési módszert dolgoztak ki a fenti megállapításokra alapozva és arra a következtetésre jutottak, hogy a bekövetkezett változás az F_0 és az F_v értékben a gyümölcs optimális környezetbe való áthelyezését követően visszaállt a kiindulási értékre. Másik fontos megállapításuk az volt, hogy a rendelkezésre álló mérési módszerek alkalmatlanok arra, hogy objektív kutatások végezzenek, hiszen a mérőfejek nem képesek folyamatos mintavételre és csak egy kis részletét képesek vizsgálni a gyümölcsnek. Ezen okok miatt kezdtek egy új műszer fejlesztésébe. Ugyancsak ebben a cikkben két lehetséges okot is felsorolnak arra vonatkozóan, hogy minek is tulajdonítható a klorofill fluoreszcenciás jel megváltozása, vagyis az F_v/F_m érték csökkenése és az F_0 érték növekedése az anaerob légzés kapcsán: Az első lehetséges ok szerintük a kétféle fotokémiai rendszerhez is kapcsolódó fénybegyűjtő pigment-protein komplex (LHC) és a PSII reakciócenter közötti távolság növekedése a magas N_2 koncentráció következtében. Emiatt az energiaátadás lehetősége csökken és az LHC-ban elnyelt energia nagyobb valószínűséggel fluoreszcencia formájában jelenik meg, növelve az F_0 és csökkentve az F_v/F_m értékeket. A másik elméletük szerint a nitrogénes kezelés hatására a citoszolban csökken az oxigén molekulák száma, melynek következtében azok elektron akceptorként kezdenek viselkedni, emiatt az elsődleges kinon-akceptor (Q_A) részlegesen redukálttá válhatnak. A Q_A redukciója az elektronok áramlását gátolja, növelve ezzel az alap-fluoreszcenciát és csökkentve a változó fluoreszcencia értékét. DeEll és munkatársai 1999-es cikkükben az első hipotézishez hasonlót vetnek fel, vagyis a PSII reakciócenter és a fénybegyűjtő pigment-protein komplex (LHC) egymástól való eltávolodását valószínűsítik, mely az elektrontranszport rendszer működésének zavarát (alacsonyabb F_v/F_m érték) és az elnyelt energia fluoreszcencia formájában történő átalakulását váltja ki (magasabb F_0 érték).

Prange és munkatársai 2002-ben közölt cikkükben mutatták be az új mérőrendszerüket, mellyel már képesek voltak folyamatos adatrögzítésre. A különböző faktorok hatásainak kiküszöbölése érdekében a kutatócsoport igényeihez igazítva egy speciális folyamatos adatrögzítésre alkalmas monitoring rendszert (OS9-FL, Opti-Sciences Inc., USA) készítettek a Massachusetts-beli Opti-Sciences Inc. bevonásával. Az eszköz képes volt több gyümölcs párhuzamos vizsgálatára biztosítva a szabályozott O_2 és CO_2 összetételt. A tanulmány célja az volt, hogy az új rendszert használva megfigyeljék a klorofill fluoreszcenciás (KF) értékek változását az O_2 koncentráció csökkentésének függvényében. Jelen tanulmányukban különböző gyümölcsöket vizsgáltak úgymint alma, körte, banán, kiwi, mango és avokádó. A kezdeti próbálkozások azt mutatták, hogy az O_2 konc. 21 tf%-ról 3 tf%-ra csökkentése nem okozott számottevő KF értékbeli változást. Minden gyümölcs esetében egy azonos lefutási mintát követtek az étékek, ahogy az O_2 koncentrációt csökkentették, az F_0 értékben növekedés, az F_v/F_m értékben csökkenés volt

tapasztalható. Az O_2 szint növelésével a KF mutatók visszatértek az eredeti értékükre. A tanulmány eredményei rámutattak arra, hogy reverzibilis változás észlelhető az F_0 és az F_v/F_m értékeknel O_2 csökkenés hatására, ami megerősítette Prange és munkatársainak (1997) korábbi észrevételeit. Az eddigi eredményeket felhasználva a kanadai Satlantic vállalat a 2000-es évek elején egy új mérőműszert tervezett melynek a HarvestWatch (Satlantic Inc., USA) nevet adták (HarvestWatch, 2007). A mérőműszer egy új mérési elvet alkalmazott, mely a rezgés frekvencia modulációs (PFM) elvén működött szemben az addig alkalmazott amplitúdó modulációs (PAM) elvvel. Wright és munkatársai (2008) kutatásukban ezzel az új rezgés modulációs technikával (PFM) előállított minimum fluoreszcens paramétert (F_a) hasonlították össze a hagyományos, rezgés amplitúdó modulációval (PAM) előállított alap fluoreszcens (F_0) értékkel. A minimum fluoreszcens értékek, melyet az almák a reverzibilis alacsony oxigén szintre adtak válaszul, mindkét paraméter esetében megkülönböztethetetlenek voltak. Mind az F_a és az F_0 értékek azonos módon követték a légtér oxigéntartalmának változását és ugyanazon helyre becsülték az alsó oxigénküszöb értéket.

3. Szakirodalmi eredmények összefoglalása, célkitűzések

Az irodalmi áttekintés első harmadában ismertettem a kajszit (*Prunus armeniaca* L.) eredetét és termesztési igényeit, majd bemutattam az értékesítés lehetőségeit a hazai és a nemzetközi piacokon, illetve kitértem a kajszit beltartalmi értékeire és feldolgozási lehetőségeire is. Az áttekintés második harmadában részletesen bemutatásra került a kajszit érésmenete, az érés során bekövetkező legfontosabb fizikai, fiziológiai és beltartalmi (biokémiai) változások. Mindezeket követte az optimális szüreti feltételek és a hűtve tárolás legfontosabb kritériumainak bemutatása, melyeket nemzetközi és hazai kutatások eredményeivel egészítettem ki. Mivel dolgozatomban elsődlegesen a kajszit tárolástechnológiájának fejlesztését tűztem ki célul, ezért egyes fejezeteket nagyobb alaposággal részleteztem. Ilyen többek között a kajszit szabályozott légterű tárolásával foglalkozó fejezet, melyhez szervesen kapcsolódik az anaerob légzés fogalmát és biokémiai hátterét, az alsó oxigénküszöb definícióját, valamint az anaerob anyagcseretermékek bemutatását ismertető alfejezet. Az irodalmi áttekintés harmadik harmadában két, újnak mondható, a szüret utáni folyamatokat vizsgáló tudományterületen még alig alkalmazott technológia bemutatására kerítettem sort, melyek gyökeresen megváltoztathatják a szabályozott légterű tárolástechnológia eddig alkalmazott módszereit és lehetőségeit. Ezek az alfejezetek a kajszit aromaanyagainak vizsgálatával és a klorofill fluoreszcenciás méréstechnológiával foglalkoztak.

Mindezek alapján megállapítható, hogy a kajszit gyümölcsök a szüret után is aktív biológiai életet élnek, lejátszódnak bennük az életműködés fenntartásához szükséges biológiai és biokémiai folyamatok. Ezen változások egy része kívánt, sokszor siettetett, pl. a mesterséges érlelésnél, ahol a cél a mielőbbi fogyasztási érettség elérése. Máskor késleltetett, célozva vele a tárolhatósági idő növelését. A friss termék szüret utáni változása nem megállítható, de egy természetes határon belül késleltethető folyamat. A tárolási technológia fejlesztésének legfőbb célja az, hogy a tárolási feltételeket oly módon és mértékben szabályozza, hogy a tárolt termékben lejátszódo folyamatok minimális szintre csökkenjenek, megőrizve ezzel a termék táplálkozási és piaci jellemzőit. A szabályozott légterű tárolási technológia a kis hőmérséklet kedvező hatása mellett technológiai elemként használja a tárolótér légösszetételének szabályozását is. A tárolt termékek biológiai sokszínűségéből adódóan a megváltoztatott légösszetétel eltérő válaszjelenségeket generál. A légösszetétel optimalizálása az eltarthatósági idő növekedését, a termék minőségi jellemzőinek megőrzését vagyis gazdasági hasznot eredményez. Ugyanakkor e módszer alkalmazásával a tárolt termék légzése a kis oxigéntartalom miatt közelíti az anaerob légzési küszöböt, és ezzel a tárolás során nő az anaerob légzés fellépésének, illetve az anaerob légzéstermékek által okozott élettani megbetegedések veszélye. A veszély

kiküszöbölésére alkalmazott eljárás a tárolótér oxigénszintjének fokozott ellenőrzése, mely védi a terméket a belső oxigénigényének növekedéséből fakadó oxigénhiány okozta anaerob állapot következményeitől, mely jelenség különösen a klimakterikus légzést mutató termékeknél növelheti a technológia alkalmazásának kockázatát.

Munkám fő célja volt a kajszai biológiai aktivitásának, a kis oxigéntartalmú tárolási környezet hatásának és kinetikájának kutatása, a szabályozott légterű tárolási technológia fejlesztése a tárolási technológia helyes paramétereinek meghatározásával, figyelembe véve a termékek biokémiai aktivitását és a káros folyamatok gátlásának lehetőségét. Kutatási munkám szervesen kapcsolódott a Kutatás-fejlesztés az Élelmiszerláncban – Regionális Egyetemi Tudásközpont program (RET 04/2006) „Szabályozott légterű tárolási technológia és csomagolási eljárások vizsgálata” nevű alprogramjához (Témavezető: Balla Csaba, 2006-2009) valamint a Jedlik Ányos program, A-2 alprogram, Versenyképes gazdaság-versenyképes ipar: „Kajszai és alma szabályozott légterű tárolási technológiájának fejlesztése” című munkaszakaszához (Balla et al., 2008).

A kajszai igen rövid tárolhatósági ideje csak abban az esetben hosszabbítható meg sikeresen, ha behatóan és részletesen ismerjük az alapanyag jellemzőit, tárolhatósági sajátosságait, valamint a tárolástechnológia lehetőségeit és korlátait. Mindezek mellett véleményem szerint a szüret utáni folyamatokat vizsgáló szakterületen új tudományos eredményeket csak abban az esetben érhetünk el, ha a már meglévő ismereteinket más diszciplínák tudásanyagával sikeresen és innovatív módon vegyítjük és az így megszületendő eredményeket a gyakorlatba is adaptáljuk. Ezek alapján az alábbi kutatási feladatokat tűztem ki a munkám megvalósításához:

1. Roncsolás-mentes vizsgálati eljárások alkalmazása kajszai érettségi állapotának meghatározására.
2. Kajszai 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 kajszai szabályozott légterű tárolása során a tárolhatósági idő növelése és a mennyiségi és minőségi veszteségek csökkentése érdekében
4. Módszerfejlesztés a szabályozott légterűben tárolt kajszai gázterében lévő - a termék minőségére utaló - komponensek detektálására.
5. Tárolási kísérletek végzése normál és szabályozott légterű tárolástechnológia alkalmazásával, célozva a légösszetétel optimalása által az eltarthatósági idő növekedését és a termék minőségi jellemzőinek megóvását.

4. Anyag és módszer

4. 1. Nyersanyagok – vizsgált kajszifajták és jellemzőik

A vizsgálatba vont nyersanyagok a Pilis-hegység kapujából, egy Pomázi kajszii ültetvényből származtak. A gyümölcsök szüretelésében személyesen is részt vettem, célozva a mintahalmaz minél nagyobb mértékű egyöntetűségét, mely a kísérleti munka legfőbb alapja. A szüretelés során törekedtünk arra, hogy a szemek kártevő-, betegség- és hibamentesek legyenek, érettségi állapotuk tárolásra érett legyen (85%-os érettség) és a minták hasonló méretekkel rendelkezzenek. A következőkben a vizsgálatba vont fajtákat mutatnám be Pénzes és Szalai (2003) valamint Brózik és Kállay (2000) nyomán.

4. 1. 1. 'Ceglédi bíborkajszii'

Származás, minősítés: Magyarországon kialakult fajtakörből Nyujtó Ferenc és munkatársai szelektálták 1953-ban Izsákon. Választék bővítő fajta.

Érés idő: Általában a 'Gönci magyar kajszii' előtt 1-2 nappal érik, de érési idejét a fa berakódottsága erősen befolyásolja. Kis gyümölcsterhelés esetén 4-5 nappal a Magyar kajszik előtt már szüretelhető, a túlterhelt fákön viszont csak néhány nappal azok után. Egy-egy gyümölcs is egyenetlenül érik, amikor a napos oldalon már puha, előfordul, hogy az árnyékos oldalon még zöld és kemény. A túlterhelt fákön ez a jelenség különösen erősen mutatkozik.



9. ábra: 'Ceglédi bíborkajszii'

Gyümölcse: Nagy méretű, 50-60g tömegű. Alakja jellegzetesen széles, kúpos, tojásdad, a csúcs felé elkeskenyedő, gyakran kiemelkedő kis kúpban, illetve bibemarádványban végződik, oldalról kissé lapított. Héjának alapszíne sötét narancssárga, amelyet a napon lévő gyümölcsökön kiterjedt bíborszínű, sötétbordó fedőszín borít (9. ábra). Húsa is sötét narancssárga, finoman rostos, bőlevű. Zamata korán kialakul, éretten nagyon édes és ízletes. Teljes érésben már nehezen szállítható. Kőmagja igen nagy, kerek, lapított, a hústól jól elválí. Magbele édes.

Tetszetős gyümölcsei elsősorban a friss piacon keresettek, de megfelelő érettségi állapotban kitűnő befőtt, ivólé, dzsem és pálinka is készíthető belőle.

4. 1. 2. 'Gönci magyar kajszi'

Származás, minősítés: A Magyar kajszi fajtakör legjobb és legelterjedtebb hazai klónja. Brózik Sándor és Korponay Gyula emelte ki a gönci termőtájban kialakult változatok közül. 1960 óta árufajta.

Érés idő: Magyarország középső részén több év átlagában július 10. és 15. között kezdenek érni a gyümölcssei, Gönc környékén 5-10 nappal későbbi az éréskezdet. Mivel ez a legelterjedtebb magyar fajta, és a szüreti szezon közepén érik, a többi fajta érési idejét ehhez viszonyítva szokás megadni.

Gyümölcse: Középnagy, 45 g körüli tömegű, csúcsa felé kissé kúposodó gömb alakú, oldalról alig lapított. Héjának alapszíne és húsa élénk narancssárga. A napon lévő gyümölcsökön élénkpiros mosott fedőszín alakul ki, sötétpiros pontozással (10. ábra). Húsa finomrostú, éretten nagyon lédús és puha. Kiváló zamata korán kialakul. Nagyon jó ízű, illatos, közepes sav- és cukortartalmú. A gyümölcsök nagy termés esetén is jó felhasználási értékűek, zamatosak és kellőképpen lédúsak maradnak. Teljes érettségben azonban már rosszul szállítható, sérülékeny. Széles tojásdad, édes belű magja a hústól többnyire jól elválk.

Minden célra kiválóan felhasználható, A feldolgozás során kitűnik illatával és zamatával, húsállományban és színben vannak nála jobb minőséget adó új fajták, például a 'Ceglédi arany'.

4. 1. 3. 'Pannónia'

Származás, minősítés: Az Érdi Kutató Állomáson Maliga Pál és Apostol János nemesítette. Egy Magyar kajszi változat és a 'Borsi-féle kései rózsza' keresztezéséből származik. 1992 óta szerepel az árufajták listáján.

Érés idő: 4-6 nappal a 'Gönci magyar kajszi' után.

Gyümölcse: Középnagy-nagy, szabályos vagy kissé nyomott gömb alakú, átlagosan 45g tömegű, átmérője 47-50mm. Felülete molyhos, világos narancs színű, a napos oldalon kárminpiros színnel lehelt (11. ábra). Húsa finoman rostos, lédús, éretten puha. Hasonlít a Magyar kajszi klónok gyümölcsére, de héja és húsa attól lényegesen világosabb színű, íze pedig savasabb. Elsősorban feldolgozásra alkalmas, amelyben kiváló zamata és világos hússzíne előnyösen érvényesül. Friss fogyasztásra sem külleme, sem szállíthatósága nem teszi igazán alkalmassá.



10. ábra: 'Gönci magyar kajszi'



11. ábra: 'Pannónia'

4. 2. Roncsolás-mentes vizsgálati módszerek az érettség meghatározására

A kajszikat vizuális megítélés (színezettség) alapján 3 érettségi fokozatba soroltam az irodalmi áttekintés 2.4-es bekezdésében taglalt csoportosítást alapul véve: 1 – éretlen (75% alatti érettség), 2 – tárolásra érett (80 - 85%-os érettség), 3 – fogyasztásra érett (95%-os érettség feletti). Az egyes érettségi osztályokban 15 - 15 gyümölcs volt. A méréseket 20°C-os hőmérsékleten végeztem (12. ábra). A vizsgálatokhoz mindig ugyanazon gyümölcsöket használtam fel az összevethetőség érdekében.



12. ábra: Az érettség vizsgálatához kialakított mintacsoportok

4. 2. 1. Színmérés

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 (13. ábra). A tristimulusos színmérő berendezések működési elve az emberi szem működését modellezi. A készülékben a minta megvilágítását egy CIE-szabványos fényforrás végzi. A berendezésben ezen kívül 3 optikai szűrő és egy fotóérzékelő található. A mérőfej kialakítása $d/0^\circ$ (diffúz megvilágítás/merőlegesen visszavert fény), rekesznyílása (a mért terület) 8 mm átmérőjű, fényforrása 'C' típusú. A mérési eredményeket a CIELAB színingertér-rendszer szabványa szerint adtam meg, amelynek koordinátái: L^* = világossági tényező, $+a^*$ vörös színezet, $-a^*$ zöld színezet, $+b^*$ sárga színezet, $-b^*$ kék színezet.



13. ábra: Minolta CR-200 készülék

4. 2. 2. Precíziós állománymérés

A Magness-Taylor féle hűskeménység-mérés, azaz a kompressziós vizsgálat számítógép vezérelt asztali precíziós penetrométerekkel is elvégezhető. A terhelőerő-deformáció jelleggörbe felvétele feladattól és terméktől függő mérőfejekkel és mérési beállításokkal történik. Az adatgyűjtést és feldolgozást is számítógép végzi. Mérési pontosságuk és méréstartományuk a kézi mérésnél nagyobb, a penetrációs sebesség szabályozható, a mért adatok megjelenítése és kiértékelése pedig szoftveresen elvégezhető.

A roncsolás-mentes állományméréseket SMS (Stable Micro Systems Ltd., GBR) TA.XTPlus készüléssel végeztem és az úgynevezett mechanikai hiszterézist mértem (14. ábra).



14. ábra: SMS készülék

A vizsgálati anyagot a roncsolási határnál jóval kisebb erővel, a rugalmas alakváltozás tartományában terheltem (F_t , N), azaz egy 35 mm-es átmérőjű nyomófejjel 1 mm/s sebességgel 7 N erő értékig nyomtam meg a mintákat. A terhelő erőhöz tartozó deformációt: D, mm-ben adtam meg. A mérési adatokat mind a terhelési, mind pedig a mérőfej visszahúzásának (tehermentesítési) szakaszában rögzítettem. Kiszámoltam a szilárdság (F/D , N/mm) értékét is, amely az egységnyi deformációhoz szükséges erőt hívatott bemutatni.

4. 2. 3. Akusztikus és impakt állományvizsgálat

Az ún. dinamikus állományvizsgálati módszereknél egyetlen rövid impulzussal, vagy gyorsan változó jelek sorozatával gerjesztjük a vizsgált terményt és az anyag reakciója alapján (hullámterjedés, rezonancia stb.) következtetünk a termény mechanikai jellemzőire. Ennek alapja, hogy a mechanikai rezgések kialakulása, terjedése – több más tényező mellett – keménységfüggő, azaz a dinamikus viselkedés információt hordoz az állományról. A vizsgálatokhoz a 15.



15. ábrán látható AFS nevű kombinált akusztikus-impakt állománymérő berendezést használtam (JT28-01-09, AWETA BV., NED). A berendezés első lépésben megméri a minta tömegét, majd egy kis kalapáccsal kissé megüti a terményt, miközben rögzíti a gerjesztett hang spektrumát. A mért paramétereiből a műszerhez kapott adatgyűjtő szoftver segítségével határoztam meg az akusztikus és az impakt keménységtényezőket.

4. 2. 4. Közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazása

A mezőgazdasági és élelmiszeripari termékek főbb komponenseinek (víz, fehérje, zsír, szénhidrát) szinte mindegyike rendelkezik abszorpciós sávokkal a 800-2500 nm-ig terjedő közeli infravörös tartományban. A NIR spektrum által rögzített abszorbancia a hidrogént tartalmazó kötéseknek tulajdonítható. A gyümölcsökben és zöldségekben érés során lejátszódó biokémiai folyamatok döntően érintik a vegyületek hidrogén kötéseit és vegyületcsoportjait, így a változások NIR módszerrel nyomon követhetőek. A minta és a közeli infravörös sugárzás kölcsönhatásán alapuló NIR technikának

számos gyakorlati előnye van a hagyományos kémiai módszerekkel szemben. A spektrális adatok egyszeri, pár percet (újabban másodpercet) igénylő mérésével egyidejűleg több fizikai, kémiai, biológiai minőségi jellemző határozható meg. A módszer roncsolásmentes, nem igényel vegyszereket, a minta-előkészítés minimális, vagy egyáltalán nem szükséges.

Vizsgálataim során 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) és MetriNIR Measurement (ver. 0.9.0.394, MetriNIR Kutató, Fejlesztő és Szolgáltató Kft., HUN) adatgyűjtő szoftver segítségével. A vizsgálandó gyümölcsöket a 16. ábrán látható módon helyeztem el a külső optikai egységen, s a mérés alatt a külső fény kizárása céljából fekete (nem reflektálódó bevonatú) fémburát helyeztem rá. A rögzített NIR spektrumokat Unscambler szoftverrel (ver. 9.1., CAMO Software Inc., USA) simítottam (Savitzky-Golay módszer: másodfokú polinom, jobbra-balra 2-2 pontos kapuval) és deriváltam (Savitzky-Golay módszer: másodfokú polinom, 2. derivált, jobbra-balra 2-2 pontos kapuval), majd a simított-derivált spektrumokat diszkriminancia analízissel (CDA) dolgoztam fel (SPSS, ver. 11.0.1., SPSS Inc., USA).



16. ábra: Metrinir 1017 PR készülék külső flexibilis optikai egységgel és mintapozicionáló állvánnyal

4. 3. Kajszi légzéskinetikájának elemzése.

Célom volt egy vizsgálati módszer és mérőrendszer összeállítása kajszi légzési mechanizmusának tanulmányozására, beleértve a légzés hőmérséklet és oxigénkoncentráció függésének vizsgálatát. A vizsgálatokat az Élelmiszertudományi Kar Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszékén épített és fejlesztett, nyílt rendszerű illetve zárt rendszerűvé alakítható, két mérőkamrás, nagy érzékenységű (0-9999ppm) infravörös CO₂-érzékelőkkel (ALMEMO 3290, Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH., GER) ellátott respirométerrel végeztem (17. ábra). A műszer a hozzáépített Iceberg nevű folyadékhűtő egység (LT61, Armfield Ltd., GBR) segítségével temperálható a kívánt hőmérsékletre. Az eljárás során a légzésintenzitás a zárt mérőedénybe helyezett ismert tömegű gyümölcs környezetében lévő gáztér CO₂-tartalmának időegységre eső változásból számítottam.



17. ábra: Mérőkör kertészeti termékek légzésintenzitásának meghatározására
Nyílt rendszerű (balra) és zárt rendszerű respirométer (jobbra)

A légzés mértékét a légzésintenzitás értékével határoztam meg, amely megmutatja, hogy adott hőmérsékleten 1 kg termék légzése során, egységnyi idő alatt mekkora mennyiségű CO₂ keletkezik [1.].

$$Li = \frac{V_{sz} \cdot \Delta CO_{2(t_2-t_1)} \cdot 10^{-6}}{m \cdot (t_2 - t_1)} \quad [1.]$$

ahol: Li = légzésintenzitás [ml CO₂/(kg·h)]
V_{sz} = mintatartó edény szabad térfogata [ml]
ΔCO_{2 (t₂-t₁)} = CO₂ koncentráció változás [ppm]
m = termék tömege [kg]
t₁ és t₂ = mérési időpont [óra]

4. 3. 1. Vizsgálati módszer a légzés hőmérsékletfüggésének megállapítására

A légzésintenzitás – hőmérséklet összefüggésre kertészeti termékeknél már a huszadik század elején alkalmaztak empirikus összefüggéseket. Gore 1911-ben exponenciális illesztést használt. Gore megfigyelése szerint, a 0°C-on mért légzés fajonként eltérő, de fajon belül állandó melynek nagyságából a biológiai aktivitásra lehet következtetni. A hőmérsékletnek a növényi anyagok élettevékenységére kifejtett hatását általánosan megfogalmazva megállapította, hogy a hőmérséklet növelésével a légzés sebessége exponenciálisan növekszik. A hőmérséklet hatásának matematikai megfogalmazásában alkalmazható az Arrhenius által 1889-ben tapasztalati úton felállított összefüggés [2.], mely szerint a légzési folyamat reakciósebességi állandójának logaritmus a lineárisan változik az abszolút hőmérséklet reciprokával.

$$\ln k = \alpha - \frac{\beta}{T} \quad [2.]$$

ahol: k = reakciósebességi (vagy kinetikai) állandó,
 α és β = a reakcióra jellemző állandók,
 T = a reakció jellemző hőmérséklete [K].

A reakciósebességi állandó hőmérsékletfüggésének hátterét a statisztikus termodinamika aktiválási energia elmélete igazolja, mely a légzési folyamatra is alkalmazható. Az elmélet szerint a hőmérséklet növelésével egyre nő azon molekulák száma – azaz koncentrációja - melyek elegendő energiához jutottak ahhoz, hogy képesek legyenek részt venni a reakcióban, vagyis a légzési folyamatban. A légzési folyamat kinetikai állandójának hőmérsékletfüggését a [3.] összefüggés adja meg, melynek lineáris formája – olyan hőmérsékleti tartományokban, melyekben az A és E^* konstansnak tekinthető - az Arrhenius egyenlet. Ennek megfelelően a [2.] összefüggés β állandója az [5.] formában írható fel és az aktiválási energia a [6.] összefüggéssel számítható.

$$k = A \cdot e^{-\frac{E^*}{R \cdot T}} \quad [3.]$$

$$\ln k = A - \frac{E^*}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad [4.]$$

$$\beta = \frac{E^*}{R} \quad [5.]$$

$$E^* = \beta \cdot R \quad [6.]$$

ahol: k = kinetikai állandó,
 E^* = aktiválási energia [J/mol],
 R = egyetemes gázállandó [8.314 J/(mol·K)],
 A = állandó,
 T = hőmérséklet [K].

Az aktiválási energia értékét a következő eljárással határoztam meg. Megmértem a vizsgált termék légzésintenzitását különböző hőmérsékleteken, és a légzésintenzitás logaritmusának értékét az abszolút hőmérséklet reciprokjának függvényében ábrázoltam, majd a pontokat egy egyenessel közelítettem. A közelítő egyenes β iránytangense (meredeksége) az [5.] összefüggéssel azonos, melyből az E^* értéke számítható.

Mivel 1 mol cukor hozama 673000 kalória energia és 6 mol szén-dioxid, így 1 mol szén-dioxidhoz ($44\text{g} = 44000\text{mg}$) társul ($673000/6$) 112166 kalória, tehát 1 mg szén-dioxid 2549 kalória energiát hoz a légzés által. A hőtermelés mértéke számítható: $Li[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})] \cdot 2549 \cdot 1000 \cdot 24 / 1000 = 61176 = 61,2$ [kcal/tonna/nap]. Mivel $Li[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})] \cdot 2 = Li[\text{ml}/(\text{kg}\cdot\text{h})]$, így az átváltás [ml/(kg·h)] és a [kcal/tonna/nap] között: $61,2 \cdot 2 = 122$. A konverziós tényező $Li[\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})]$ és $Li[\text{ml}/(\text{kg}\cdot\text{h})]$ között hőmérsékletfüggő ($1,98$ °C-on és $1,84$ °C-on), de általánosan a 2-es szorzat alkalmazása elfogadott.

A mérés menete a következő volt: 1kg tömegű kajszibarackot nyílt rendszerű respirométerbe helyeztem, majd 10 másodperces időközönként egy órán át folyamatos légáramban mértem a CO_2 koncentrációt a belépő és kilépő oldalon. A két oldal közötti koncentrációkülönbségből számíthatóvá vált a légzésintenzitás mértéke. Az alkalmazott hőmérsékletek rendre a következők voltak: 1°C ; 3°C ; 5°C ; 7°C ; 9°C ; 12°C ; 15°C ; 18°C .

4. 3. 2. Vizsgálati módszer a légzés oxigénkoncentráció függésének megállapítására

Az oxigén szint csökkentés elsődleges és legfontosabb hatása a légzési folyamatok gátlása, melynek következtében a tárolhatósági idő növekedésével számolhatunk. Azaz kellően alacsony oxigénszintet választva nagymértékben lassíthatjuk a légzés sebességét, azonban ügyelnünk kell a fermentatív folyamatok elkerülésére.

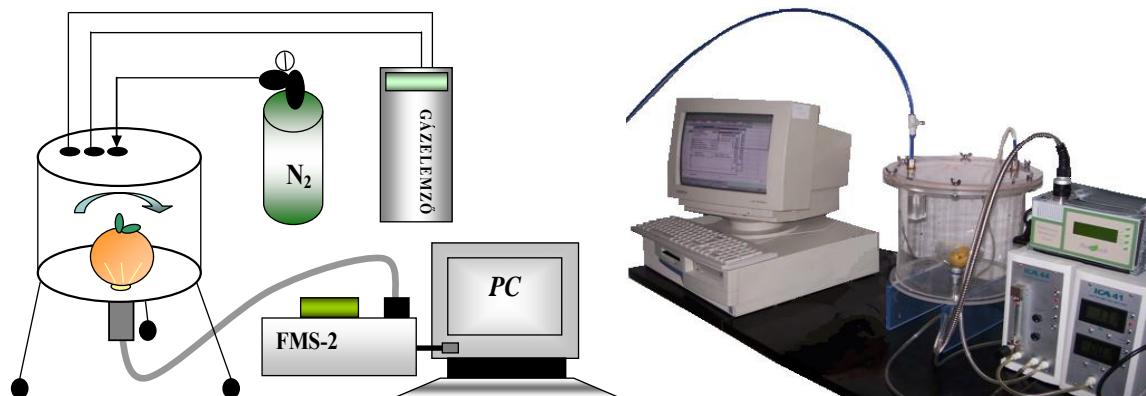
A légzésintenzitás oxigénfüggésének vizsgálatához 1-1 kg tömegű kajszibarackot zárt terű mintatartó edénybe helyeztem, majd minden mintatartó edényben beállítottam 4.5-ös tisztaságú nitrogén gázzal (99,995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN) és ICA 41 (ICA Ltd., GBR) típusú gázelemző alkalmazásával a kívánt oxigénkoncentrációt. Ezt követően a minták 2 órát tartózkodtak a beállított légtérű zárt térben, melyet egy aktív szenes szén-dioxid kimosás és újabb légtérösszetétel igazítás követett. Az inkubációt követően 10 másodperces időközönként, két órán át mértem zárt rendszerű respirométerrel a CO_2 koncentráció növekedését, majd a koncentrációnövekedésből kalkuláltam a légzésintenzitás mértékét. A vizsgálatokat 20°C -on végeztem. Az alkalmazott oxigénkoncentrációk a következők voltak: $0,1$ tf%; $0,3$ tf%; $0,6$ tf%; $0,9$ tf%; $1,2$ tf%; $1,5$ tf%; $3,0$ tf%; $6,0$ tf%; $9,0$ tf%; $12,0$ tf%; $14,0$ tf%; $17,0$ tf%; $21,1$ tf%.

4. 4. Klorofill fluoreszcencia mérés módszere

A klorofill fluoreszcencia mérés módszerének alkalmazástechnikai kutatása kajszi anaerob oxigénküszöbének meghatározására, célozva vele az alsó oxigénküszöb későbbi folyamatos monitorozásának kifejlesztését és a dinamikus szabályozás lehetőségének megteremtését.

4. 4. 1. Fotoszintetikus aktivitás vizsgálata, kezdeti mérések

Kezdeti célom volt, hogy megállapítsam, hogy a kajszi alkalmas nyersanyag-e a klorofill fluoreszcenciás mérésekhez. Korábbi kutatásokból ismert, hogy a kajszi rendelkezik klorofill tartalommal, mely az érés során lebomlik, átalakul (Pénzes és Szalay, 2003, Balla et al., 1997). Azonban fontosabb kérdés, hogy a tárolásra érett kajsziban van-e elegendő klorofill az anaerob oxigénküszöb érték meghatározásához, hiszen kajszival ilyen jellegű kísérletek még nem folytak. Ezért az első vizsgálati évben a Kertészettudományi Kar Növényélettan és Növényi Biokémia Tanszékének Plant Efficiency Analyser (PEA) nevű (FMS-2, Hansatech Ltd., GBR), hordozható, amplitúdó modulált (PAM) fluoreszcencia mérő készülékét használtam a 18. ábrán látható elrendezésben.

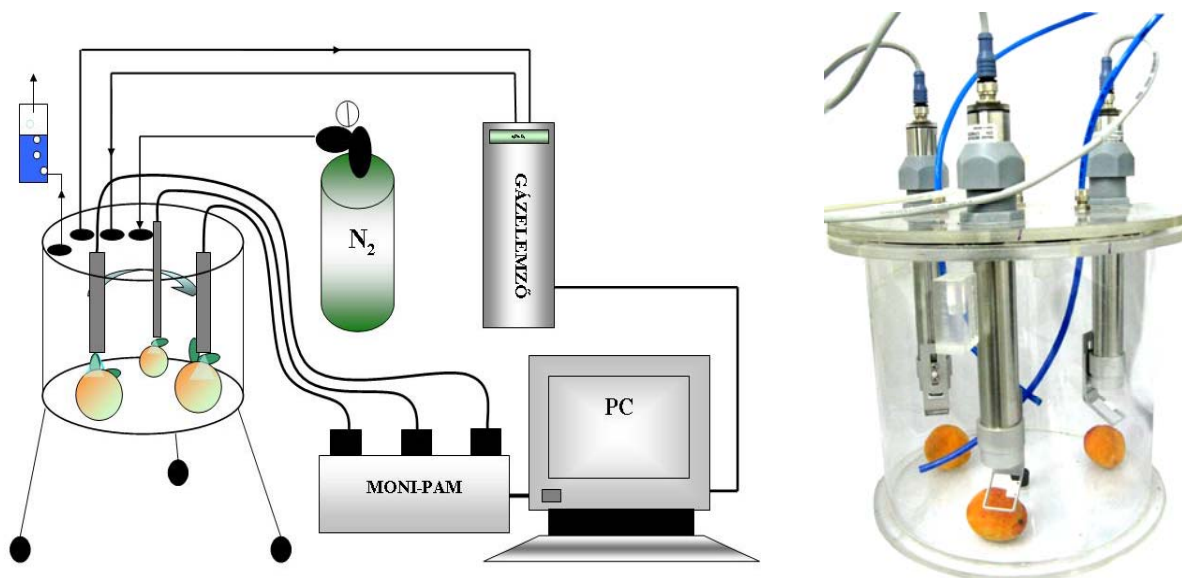


18. ábra: A klorofill fluoreszcenciás mérés kísérleti elrendezése (PEA készülékkel)

A mérések menete a következő volt: a kiválasztott ép, egészséges, tárolásra érett állapotú kajszit elhelyeztem a műszer üvegszál-optikás érzékelőjének felületére, majd az edényt légtömören zártam. Az edényzetet teljesen elsötétítettem, és a kajszi fotoszintetikus aktivitását 8 óránként fluoreszcencia indukciós mérésekkel határoztam meg 20°C-on. A műszerhez kapott PEA Analyzer nevű szoftverrel (Hansatech Ltd., GBR) állapítottam meg a különböző oxigénszintekhez tartozó F_o , F_m és F_v/F_m értékeket. Minden mérést követően megváltoztattam az edényben uralkodó oxigén tenziót, melynek beállításához ICA 41 típusú gázelemzőt (ICA Ltd., GBR) és 4.5-ös tisztaságú (99,995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN) nitrogéngázt használtam. Az alkalmazott O_2 koncentrációk a következők voltak: 21 tf%; 10 tf%; 2 tf%; 1,5 tf%; 1,2 tf%; 0,9 tf%; 0,6 tf% és 0,3 tf%.

4. 4. 2. Alsó oxigénküszöb értékének meghatározása

A kajszin folytatott vizsgálatok kedvező eredményei alapján egy új berendezés (Moni-PAM, Heinz Walz GmbH, GER.) beszerzésére került sor. A berendezés előnye, hogy egyrészt robosztus a megjelenése, másrészt folyamatos adatgyűjtésre ad lehetőséget, így akár több ezer mérési adatot produkálva lehet rögzíteni a kialakuló változás részleteit. Az új műszerhez új mérési elrendezés is tartozik, melyet a 19. ábrán mutatok be.



19. ábra: A klorofill fluoreszcenciás mérés kísérleti elrendezése (Moni-Pam berendezéssel)

A kiválasztott ép, egészséges, tárolásra érett állapotú kajszikat a műszer üvegszálóptikás érzékelője alatt 3cm-re helyeztem el, majd az edényt légtömören zártam. Minden mérést 3 mérőfejjel 3 különböző kajszin, párhuzamosan, tehát azonos légtérösszetétel változtatást alkalmazva, sötét adaptált környezetben végeztem. A mérés menete a 4. 2. 1. fejezetben ismertetetthez képest annyiban módosult, hogy a gyümölcs körüli gázkoncentrációt 4.5-ös tisztaságú nitrogéngázos (99,995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN) átöblítés alkalmazásával folyamatosan változtattam. Az ICA 41 (ICA Ltd., GBR) típusú gázelemző számítógéphez való kapcsolásával (Picolog adatgyűjtő szoftver, Pico Technology Ltd., GBR) 30 másodpercenként rögzíteni tudtam a zárt térben lévő aktuális gázösszetételt. A mérés során az oxigénkoncentrációt 21 tf%-ról 0,3 tf%-ig csökkentettem, majd azonos sebességgel visszaemeltem 21 tf%-ig. A vizsgálatok során a műszerhez kapott WinControl-3 nevű szoftver (Heinz Walz GmbH., GER) 5 perces időközönként, automatikusan rögzítette az F_o , F_m és F_v/F_m értékeket (gerjesztés 450 nm-en, mérés 645 nm-en).

4. 5. Gázkromatográfias mérések módszertana

A módszerfejlesztés célja a szabályozott légtérben tárolt kajszik gázterében lévő - a termék minőségére utaló - komponensek detektálása volt, a kis oxigénkoncentráció okozta élettani elváltozások és a mikrobiális eredetű romlási folyamatok felismerése céljából.

4. 5. 1. Előkísérletek az SPME mintavételezési technika alkalmazhatóságára.

Az első kísérleteket az Élelmiszertudományi Kar Analitikai Kémia Tanszékével közösen végeztem. A vizsgálatok célja az volt, hogy megállapítsam, az akkor még újnak számító, a szüret utáni folyamatokat vizsgáló tudományterületen addig még nem használt, szilárd fázisú mikro extrakciós eljárás (Solid Phase Microextraction - SPME, Supelco Inc, USA) gyümölcsökön való alkalmazhatóságát gázkromatográfias mérések során.

Az SPME egy gyors, oldószermentes extrakciós technika, melyet először az 1990-es évek elején dolgoztak ki és alkalmaztak. Az SPME - mint azt az elnevezése is tükrözi - két dologban alapvetően különbözik a hagyományos szerves oldószeres extrakciós technikáktól. Az egyik különbség az extraháló fázis halmazállapotában keresendő. Az SPME esetében ugyanis valamilyen nagy fajlagos felületű szilárd adszorbens, vagy nagy molekulatömegű polimer „folyadék” - ami termodinamikailag valóban folyadék, de hasonlóan a kapilláris GC oszlopokhoz szilárd jellegű bevonatként jelenik meg - szolgál extraháló fázisként, és nem valamilyen hétköznapi értelemben vett folyadék, mint pl. toluol, vagy hexán. A másik alapvető különbség a hagyományos oldószeres extrakcióhoz képest az extraháló fázis térfogata, mely SPME esetében kisebb, mint 1 μ l, vagyis az extrakció valóban mikroméreteken zajlik. Az extraháló fázisként funkcionáló szorbens réteg egy néhány centiméter hosszú kvarcszál felületére van felhordva. Ez az aktív szál egy úgynevezett SPME tartóban van elrejtve (20. ábra), melynek egyrészt védelmi szerepe van, másrészt segítségével abból kitolható, illetve visszahúzható az extraháló fázist hordozó kvarcszál (Abrankó, 2006).



A kezdeti méréseket egy Carlo Erba HRGC-5300-as típusú gázkromatográfjal (Carlo Erba Strumentazione S.p.A., ITA) végeztem. A gázkromatográfiás paraméterek a következők voltak: Oszlop típusa: DB-Wax (30m x 0,32mm, SGE Analytical Science Pty Ltd.,USA) , Injektor hőmérséklet: 220°C, Detektor típusa: FID, Detektor hőmérséklet: 220°C, Vivőgáz: Nitrogén 5.5 (99,9995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN), Program: 60°C-ról 8 [°C/min]-es fűtési sebességgel 220°C-ig, N₂ – belépő nyomása: 50 kPa, Spitless mód, SPME-szál típusa: PDMS-DVB kopolimer (Supelco Inc, USA), Filmvastagság: 65 µm. Mintázási hőmérséklet: 20°C

4. 5. 1. 1. SPME szálak telítési kinetikájának vizsgálata

Azt vizsgáltam, hogy az általam alkalmazott, a 21. ábrán bemutatott elrendezés mellett mekkora minimális mintázási idő szükséges. A mérés során alkalmazott mintavételezési idő 15, 20 és 25 perc volt. A mintavételek ugyanazzal a szállal, ugyanazon mintákon történtek. A mérések előtt és között az edényzetet átszellőztettem.

4. 5. 1. 2. Az áramlási sebesség hatása az adszorpció tulajdonágra

A méréseket nyugvó levegőjű térben illetve 40, 80 és 120 ml/perc-es áramlási sebességet alkalmazva végeztem. A mintavételi idő 20 perc volt. A vizsgálatok ugyanazzal a szállal ugyanazon mintákon történtek. A mérések előtt és között az edényzetet átszellőztettem.

4. 5. 1. 3. Kísérletek a mérések kvantitatívvá tételére

A kvantitatív eredmények megadásához elengedhetetlen, a mintákhoz ismert mennyiségű belső standard adagolása. Így a gőztérből mért standard-csúcs területe kvantitatív információt adhat a mintakomponensek koncentrációját illetően. A mérés során az nC14 és az nC17 belső standard alkalmazhatóságát vizsgáltam. A mintázásokat ugyanazzal a szállal végeztem.

4. 5. 1. 4. Ismételhetőség megállapítása

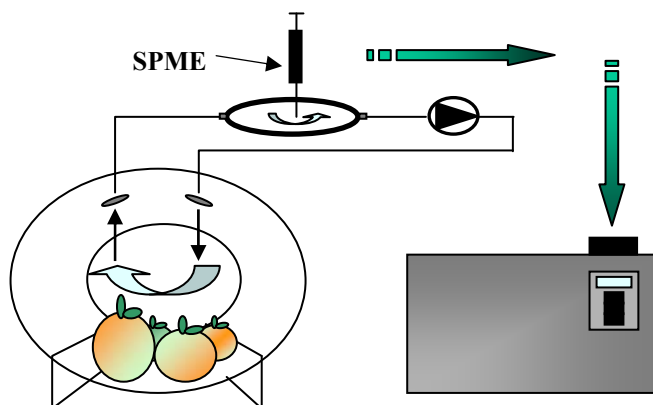
A kísérlet célja az volt, hogy megállapítsam mekkora hibát okoz az eredményekben, ha egy szállal végzek négy párhuzamos mérést, illetve ha ugyanazon jellemzők mérését négy teljesen különböző korú és előéletű szállal hajtom végre.

4. 5. 1. 5. Előkísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására

Célom az volt, hogy megvizsgáljam a különböző oxigénszinteken tartott 'Gönci magyar kajszai' aromaterképét. A tárolásra érett kajszikat 1 kg-os mennyiségben, 24 órára 0,3 tf%-os illetve 21 tf% oxigéntartalmú, szobahőmérsékletű térbe helyeztem. A mintázási idő 20 perc, az alkalmazott áramlási sebesség pedig 40 ml/óra volt.

4. 5. 2. Kísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására.

Az eredmények fejezet 5.4.2. alfejezetében bemutatott kedvező előkísérleti eredmények alapján döntöttem az SPME mintavételezési technika alkalmazása mellett kajszi alacsony oxigén szinten keletkező anaerob légzésből származó illékony vegyületeinek a detektálásához. A vegyületek elemzéséhez az Élelmiszertudományi Kar Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék által megvásárolt Perichrom 2100 típusú gázkromatográfot (Perichrom, FRA) használtam, míg a szétválasztáshoz DB-WAX (SGE Analytical Science Pty Ltd.,USA) típusú oszlopot (30m x 0,32mm) a következő GC paraméterekkel: az injektáló és detektáló port 220°C volt, a fűtési hőmérséklet 40°C-ról indult és 5°C/perces lépésközt alkalmaztam, a vivőgáz: 5.5 tisztaságú N₂ (99,9995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN) volt. Az injektálás során fél perces splitless módot, majd 2 és fél perc 40°C-on való tartózkodást állítottam be. Az SPME szálát 1 percig hagytam az injektorban. A mintavételezéshez használt SPME-szál típusa PDMS-DVB kopolimer volt (Supelco Inc, USA), melynek filmvastagsága 65µm. A mintavételt 20°C-on végeztem. A 21. ábrán az SPME szállal való mintavétel módja látható.



21. ábra: Az alsó oxigénküszöb meghatározásának kísérleti elrendezése

A légmentesen zárható edénybe minden esetben 1 kg ép, sérülésektől és hibáktól mentes kajszit helyeztem el. A zárást követően beállítottam a kívánt légtérösszetételt, melyhez ICA 41 (ICA Ltd., GBR) típusú gázelemzőt és 4.5-ös tisztaságú nitrogént (99,9995%, Messer Hungarogáz Kft., HUN) használtam. A beállított és folyamatosan ellenőrzött oxigénkoncentrációk a következők voltak: 21; 10; 2; 1,5; 1,2; 0,9 és 0,6 tf%. A mintavételezés 8 órás tartózkodást követően történt, állandó légáramban (80 liter/perc), 20 percig, majd az SPME szál ezután került az injektorba. A komponensek azonosításához egy Acetalid, Etanol, Etil-acetát tartalmú elegyet készítettem, majd azok SPME mintázása után a retenciós idejük alapján kerestem a kajszit minták kromatogramjain ezen vegyületeket. A kromatogramok elemzéséhez a WINILAB III (Perichrom, FRA) adatgyűjtő és kiértékelő programot használtam. Az adatok kiértékeléséhez ANOVA, Tukey-teszt módszerét választottam (SPSS, ver. 11.0.1., SPSS Inc, USA).

4. 5. 3. Tömegspektrometria alkalmazása romlási folyamatok vizsgálatára

A kertészeti termékek tárolása során nem egyszer előfordul, hogy a tárolótérben mikrobiológiai eredetű romlási góccok alakulnak ki. Az sem ritka, hogy a nem megfelelő tárolási paraméterek kiválasztása miatt fiziológiai elváltozások indulnak be a termékekben. A penészgombák kimutatására számos módszer áll rendelkezésre. A hagyományos eljárások, mint a mikroba kitenyésztése, mikroszkópos vizsgálattal történő meghatározása (Howard kamra, festés), illetve ezek modern, gyors változatai (petrifilm, Direct Epifluorescence Filter Technique - DEFT) széles körben alkalmazottak. Elterjedőben vannak a molekuláris (pl. PCR alapú módszerek) és a műszeres mérési technikák (NIR, elektrónikus orr) is. Az említett technikák közös hátránya, hogy a termék roncsolásával járnak együtt.

A romlási folyamatok során keletkező illékony komponensek detektálásához ezért a roncsolásmentes SPME mintavétel tömegspektrometriás (Mass Spectrometry, MS) azonosításon alapuló gázkromatográfiás vizsgálatát (SPME-GC-MS) választottam.

4. 5. 3. 1. Mikrobiológiai vizsgálatok

A módszer kifejlesztését mikrobiológiai vizsgálatok előzték meg, melyeket az Élelmiszertudományi Kar Mikrobiológiai Tanszékén végeztem. A normál légtérben és szabályozott légtérben (1,1 tf% oxigén; 5 tf% széndioxid), 1°C-on hűtve tárolt 'Gönci magyar' kajszibarackot betárolásakor, valamint 2 és 4 hét hűtőtárolás után, illetve a kitárolást követő, 3 napos „polcontartás” után 15 szem barack véletlenszerű kiválasztásával mintáztam meg. 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. Az inkubálás a mezofil aerob élőcsíraszám esetén 30°C-on 48 óráig, az élesztő- és penészs szám meghatározásakor 30°C-on 5 napig történt. A telepszámlálást követően a telepképző egységek számát a barack grammjára vonatkoztatva adtam meg.

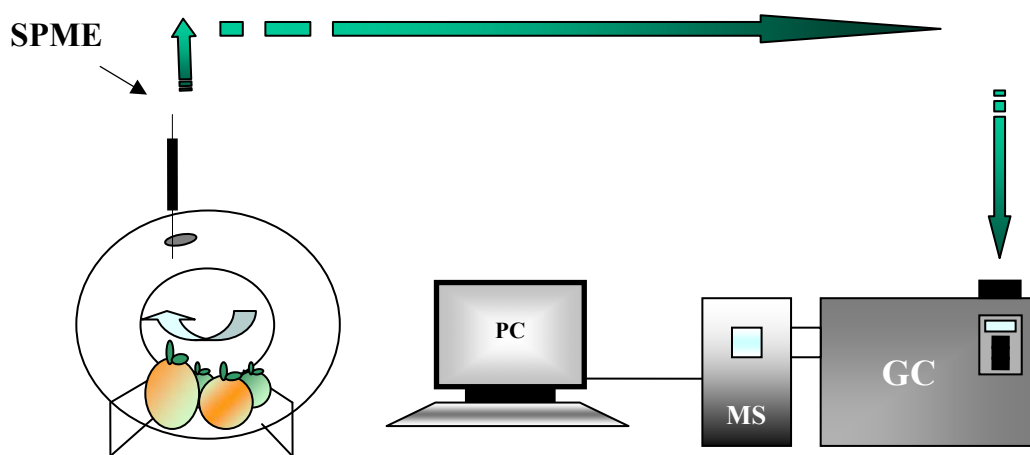
4. 5. 3. 2. Tömegspekrometriás vizsgálatok

A kajszi feletti légtérből származó vegyületek elemzéséhez PR2100 típusú (Perichrom, FRA) gázkromatográfot és Agilent 5975 B VL típusú tömegspektrométert (Agilent Technologies Inc., USA) használtam, míg a szétválasztáshoz BPX5 oszlopot (60 m x 0,25 mm, SGE Analytical Science Pty Ltd., USA) a következő GC paraméterekkel: az injektáló port 220°C volt, split áramlás: 20ml/perc, a fűtési hőmérséklet 40°C-ról indult és 10°C/perces lépésközt alkalmaztam 220°C-ig, majd ott 15 perc hőntartás következett. Az injektálás során 3 perc 40°C-on való tartózkodást állítottam be. Vivőgáznak 5.0 (99,999%) tisztaságú hélium gázt (Messer Hungarogáz Kft., HUN) használtam. A teljes mérési ciklus alatt konstans hélium nyomást (130 kPa) alkalmaztam.

Az SPME szálat 1 percig hagytam az injektorban. A mintavételezéshez használt SPME-szál típusa PDMS-DVB kopolimer volt, melynek filmvastagsága 65µm (Supelco Inc., USA).

A tömegspektrométer az alábbi beállításokkal üzemelt: transzfer line hőmérséklete 275°C, ionforrás hőmérséklete 180°C, felvételi sebesség: 4,51 scan/sec, mérési tartomány 20-330 m/z.

A mintavételt 20°C-on végeztem. A 22. ábrán az SPME szállal való mintavétel látható.



22. ábra: Az SPME mintavétel módja romlási folyamatok vizsgálatára

A légtömören zárható edénybe minden esetben 1 kg sérült, mikrobiológiailag fertőzött gyümölcsöt helyeztem el. Egy napos (24 órás) szobahőmérsékletű tartózkodást követően történt a mintavételezés 25 percig, majd az SPME szál ezután került analízálásra. A vizsgálatokat ép, sérülésmentes kajszin is elvégeztem a fent ismertetett módon. Az adatok rögzítése MSD Chemstation G1701EA (Agilent Technologies Inc., USA) adatgyűjtő rendszerrel történt, míg a tömegspektrumok kiértékeléséhez NIST 2005/2.0 verziószámú (National Institute of Standards and Technology, USA) spektrumkönyvtárat használtam

4. 6. Tárolhatósági vizsgálatok

A kajszi szabályozott légterű tárolási technológiájának paramétereit korábban empirikus kutatások pozitív eredményei alapján határozták meg. Doktori munkám során célul tűztem ki objektív módszerek fejlesztését az optimális tárolási technológia meghatározására, de ezek mellett empirikus kutatásokat is végeztem, célozva vele:

- A kajszi szabályozott légterű tárolásának optimalizálását.
- Új információk szerzését a növelt CO₂ alkalmazásáról, valamint tárolásbiológiai és fiziológiai hatásairól.
- Az alsó oxigénküszöb értékének meghatározásánál kapott eredmények tárolási kísérletekkel való igazolását és az ultra alacsony oxigén szinten (ULO) való tárolás alkalmazásának tárolásbiológiai és fiziológiai hatásait.

4. 6. 1. A növelt CO₂ alkalmazásának hatása kajszi tárolása során.

A kísérleti munkára a Budapesti Corvinus Egyetem Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék szabályozott légterű tárolóiban került sor (23. ábra). A kamrák légösszetételének szabályozását ICA 61 (ICA Ltd., GBR) rendszerrel és a hozzá tartozó programmal (Link-Software, ICA Ltd., GBR) végeztem, míg a kamrákon belüli gázösszetételt ICA 41 (ICA Ltd., GBR) műszer mérte. A vizsgálat első évében a növelt CO₂ hatását vizsgáltam. Mivel ekkor még nem ismertem a fajtákhoz tartozó alsó oxigénküszöb értékeket ezért a szakirodalomban javasolt és biztonságosnak vélt oxigénszintet alkalmaztam (4. táblázat). A mérendő egyedek kiválasztása véletlen mintavételezéssel történt, fajtánként és csoportonként 20-20 darab gyümölcsön.

4. táblázat: Alkalmazott légtérösszetételek az első évben

A)	1,5 tf% O ₂	8 tf% CO ₂
B)	1,5 tf% O ₂	5 tf% CO ₂
C)	1,5 tf% O ₂	3 tf% CO ₂
D)	1,5 tf% O ₂	1 tf% CO ₂
E)	21 tf% O ₂	0,03 tf% CO ₂



23. ábra: SzL tároló

A vizsgálatba bevont kajszikat 80-85 %-os érettségi állapotban szüreteltem és tároltam be. Az érettség mértékét az alapszín vizsgálatával állapítottam meg, az irodalmi áttekintés 2.5. fejezete alapján. A hőmérséklet a kamrákban 1°C (±0,1°C) volt, míg a relatív páratartalom 90-95% közötti szinten mozgott. A vizsgálatokat 14 naponta végeztem.

4. 6. 1. 1. Tömegvesztés meghatározása

A tömegméréshez Metripond Plus (Metripond Plus Mérlegtechnika Kft., HUN) mérleget használtam. Az adatokat gramm pontossággal olvastam le. A méréseket minden alkalommal fajtánként és csoportonként ugyanazon 20 mintán végeztem a kamranyitások alkalmával.

4. 6. 1. 2. Légzésintenzitás mérése

A légzésintenzitás-mérőkör fő része az ALMEMO 3290 nevű (Ahlborn Mess- und Regelungstechnik GmbH., GER) CO₂ gázelemző és adatgyűjtő egység, mely ppm-ben jelzi ki a vizsgált légtér CO₂ koncentrációját (17. ábra). A tárolótérből kikerülő 1kg-os mintákat két órán keresztül szobahőmérsékleten tartottam majd ezt követően történt a mérés 20°C-on. Az eredményeket [ml/(kg·h)] mértékegységben adtam meg.

4. 6. 1. 3. Húskeménység mérés

A nyomófeszültség-mérésen alapuló klasszikus állományvizsgálati módszer az ún. Magness-Taylor-féle penetrométeres keménységmérés. A húskeménység változásának mérése Effegi FT 011 típusú kézi penetrométerrel történt (Facchini Srl., ITA) (24. ábra), melyhez 6 mm-es nyomófejet használtam. Hámzó kés segítségével a kajszi két oldalán, 1 cm átmérőjű területen eltávolítottam a héjat és a műszert a terményre merőlegesen a jelölésig a gyümölcshúsba nyomtam, majd rögzítettem az értéket. Az adatokat N/cm² mértékegységre számolva adtam meg.



24. ábra: FT 011 - kézi penetrométer

4. 6. 1. 4. Érzékszervi minősítés, profilanalitikus vizsgálattal

Az érzékszervi minősítés során arra kerestem a választ, hogy a különböző tárolási körülményeknek volt-e szignifikáns hatása a vizsgálatba bevont fajták érzékszervi tulajdonságaiban. Az érzékszervi minősítést a tárolás 28. napján végeztem 12 bíráló részvételével. A vizsgált érzékszervi jellemzők a következők voltak: Alapszín (*sárgás-zöldes*); Illat (*gyenge-intenzív*); Hússzín (*barnás-sárgás*); Állomány (*puha-ropogós*); Lédúság (*nem lédús-lédús*); Édes íz (*gyenge-intenzív*); Savanyú íz (*gyenge-intenzív*); Összbenyomás (*nem kedvező-kedvező*). A kiértékelést a ProfiSense (BCE, Érzékszervi laboratórium, HUN) nevű program segítségével végeztem, mely az adatokat összegzi, statisztikailag kiértékeli, majd grafikusán ábrázolja. A minták közötti szignifikáns különbségeket 1 és 5%-os szignifikancia szinten vizsgáltam.

4. 6. 1. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálatok

A polcon-tarthatósági, vagy más néven shelf-life vizsgálat elvégzésekor arra kerestem a választ, hogy a kajszi minősége hogyan változik, ha kikerül az alacsony hőmérsékletű tárolótérből.

A vizsgálat során a kitárolt gyümölcsök 18-20°C-on és 40-50%-os relatív páratartalom tartózkodtak 6 napig. Minden alkalommal 15 db barackot vontam a vizsgálataim alá. A méréseket háromnaponta végeztem. A mérési pontokon a tömegvesztésüket és a húskeménységet vizsgáltam a 4.6.1.1 és a 4.6.1.3. fejezetben bemutatott műszerekkel.

4. 6. 2. Az alacsony O₂ szint alkalmazásának hatása kajszi tárolás során

A kísérleti munkára újfent a Budapesti Corvinus Egyetem Hűtő- és Állatitermék Technológiai Tanszék szabályozott légterű tárolóiban került sor (23. ábra). A kamrák légösszetételének szabályozását ICA 61 (ICA Ltd., GBR) rendszerrel és a hozzá tartozó programmal (Link-Software, ICA Ltd., GBR) végeztem, míg a kamrákon belüli gázösszetételt ICA 41 (ICA Ltd., GBR) műszer mérte. A vizsgálat második évében a csökkentett O₂ szint hatását vizsgáltam a tárolás során, mivel ekkora már rendelkeztem az általam meghatározott alsó oxigénküszöb értékkel. Az alkalmazott légtérösszetételeket a 5. táblázatban soroltam fel. A mérésekre, vizsgálatokra a tárolt mintákon 7 naponta került sor. A mérendő egyedek kiválasztása véletlen mintavételezéssel történt, fajtánként és vizsgált csoportonként 20-20 db. gyümölcsön. A választott szén-dioxid koncentrációkat az előző év kísérleti eredményei alapján választottam ki.

5. táblázat: Alkalmazott légtérösszetételek a második évben

A)	1,5 tf% O ₂	4 tf%	CO ₂
B)	1,2 tf% O ₂	4 tf%	CO ₂
C)	0,9 tf% O ₂	4 tf%	CO ₂
D)	21 tf% O ₂	0,03 tf%	CO ₂

A vizsgálatba bevont kajsziakat 80-85 %-os érettségi állapotban szüreteltem és tároltam be. Az érettség mértékét az alapszín vizsgálatával állapítottam meg az irodalmi áttekintés 2.5. fejezete alapján. A hőmérséklet a kamrákban 1°C (±0,1°C) volt, míg a relatív páratartalom 90-95% közötti szinten mozgott. A vizsgálatokat 7 naponta végeztem, a teljes tárolási időtartam 28 nap volt. A vizsgált paraméterek és a vizsgálat módszerei megegyeztek a 4.6.1. fejezetben ismertetettekkel.

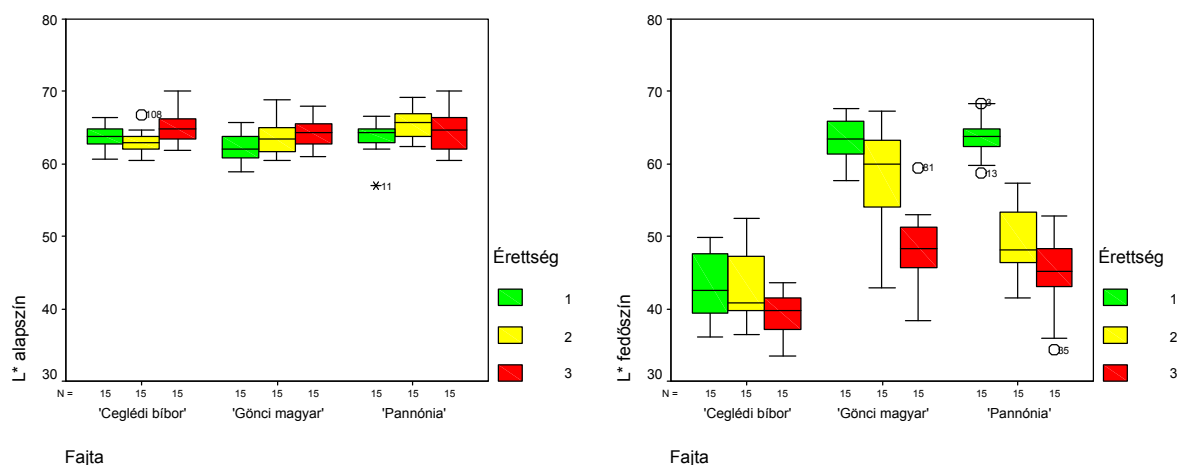
5. Eredmények

5. 1. Az érettség meghatározása roncsolás-mentes vizsgálati módszerekkel

A kertészeti termékek betakarítás-, illetve szedéskori, valamint az azt követő időszak alatti minőségének jellemzésére egyre inkább a roncsolás-mentes gyorsmódszerek kerülnek előtérbe. Ezen módszerek legnagyobb előnye, ahogy a neve is jelzi, hogy a termék valamilyen jellemzője annak maradandó károsítása, roncsolása nélkül határozható meg. A roncsolás-mentes mérőműszerek osztályozó és válogatósoron való alkalmazásával megvalósítható minden áthaladó minta vizsgálata vagy ugyanazon egyedek többszöri mérése anélkül, hogy a termék károsodna. Az általam alkalmazott mérési módszereket a 4.2. fejezetben részleteztem.

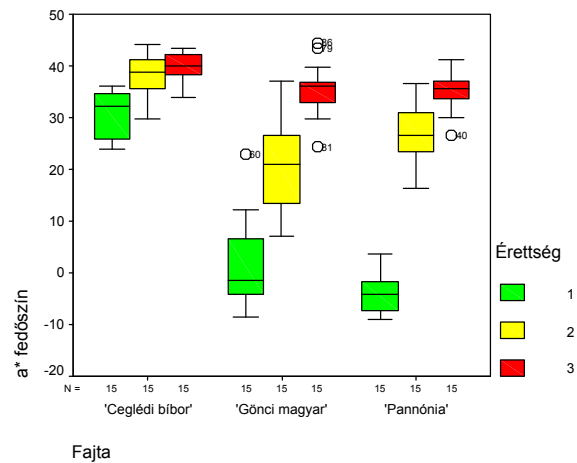
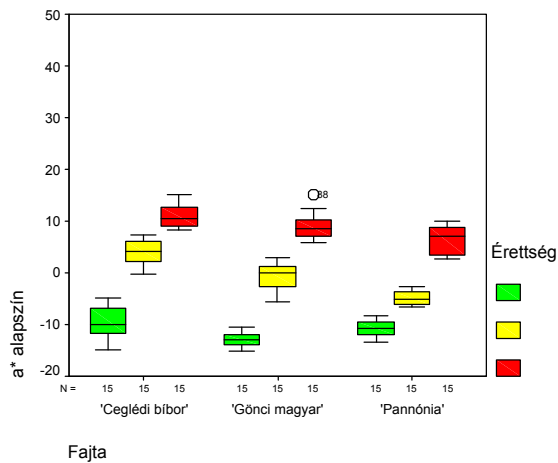
5. 1. 1. Színmérés eredményei

A színvizsgálatok eredményei a 25., 26. és 27.. ábrákon láthatóak. Az érettségi csoportok a következők voltak: 1 – éretlen (75% alatti érettség), 2 – tárolásra érett (80 - 85%-os érettség, 3 – fogyasztásra érett (95%-os érettség feletti). A színmérés eredményeit a CIELAB színingertér-rendszerben adtam meg, amelynek koordinátái: L = világossági tényező, +a* vörös színezet, -a* zöld színezet, +b* sárga színezet, -b* kék színezet.

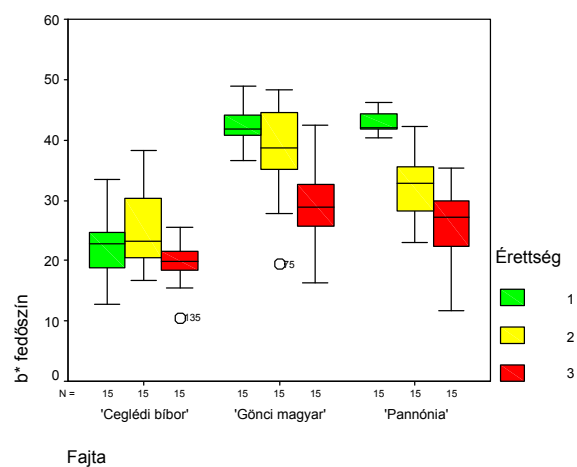
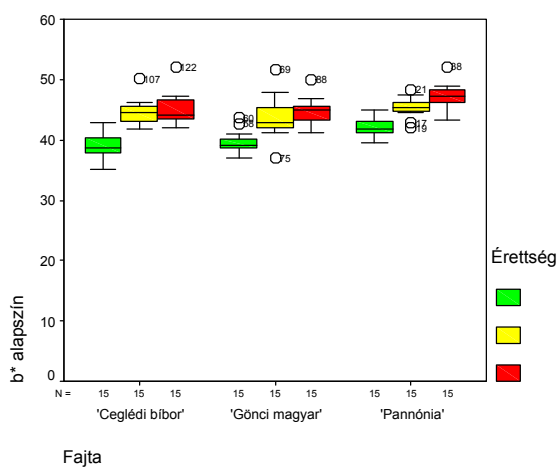


25. ábra: A vizsgált fajták érési csoportonkénti alap (balra) és fedőszínének (jobbra) L* értékei

Mindhárom fajta esetében megállapítható, hogy a különböző érettségi állapotú gyümölcsök alapszínének világossági tényezője alig tér el egymástól. A kajszi barack fedőszínének világossági tényezője az érett állapot felé haladva mindhárom fajtánál csökken, más-más mértékben. A 'Ceglédi bíbor' L* értéke és a csökkenés mértéke jóval kisebb, mint a 'Gönci magyar' fajtánál. A fedőszín világossági tényezője a 'Ceglédi bíbor' fajta esetén nem alkalmas az érettségi állapotok megkülönböztetésére, 'Gönci magyar' fajta esetén csak a fogyasztásra érett csoport különül el nagy biztonsággal, míg a 'Pannónia' fajta esetén csak az éretlen csoport választható ki ezen paraméter mérésével.



26. ábra: A vizsgált fajták érési csoportonkénti alap (bal) és fedőszíne (jobb) a^* értékei



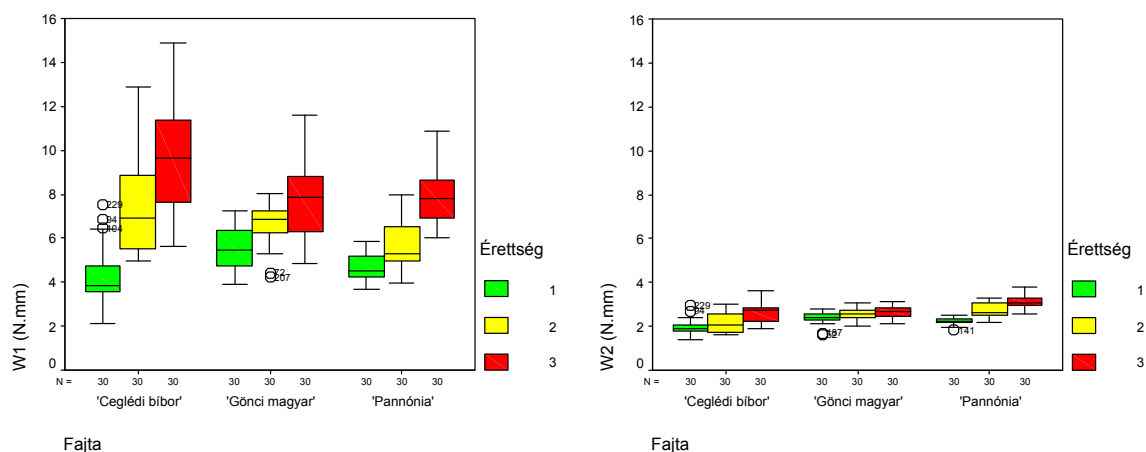
27. ábra: A vizsgált fajták érési csoportonkénti alap (bal) és fedőszíne (jobb) b^* értékei

Az a^* értéke, már kedvezőbb lehetőségeket kínál, hiszen változása egybecseng a klorofill degradációjával és a színyanyagok kialakulásával. Az alapszín a zöldből a vörös felé tolódik el, ahogy a héjban lévő klorofill lebomlik és az érett gyümölcs fajtára jellemző vöröses/narancsos színe kialakul. Statisztikailag igazolható, hogy az a^* értéke az alapszín vizsgálatánál mindhárom érettségi fokozatnál és mindhárom fajtánál különbözik egymástól. A fedőszínen mért a^* értékek alkalmazása csoportok megkülönböztetésére csak a 'Gönci magyar' és a 'Pannónia' fajták esetén javasolható, 'Ceglédi bíbor' fajta esetén csak az értetlen egyedek azonosítása járna eredménnyel.

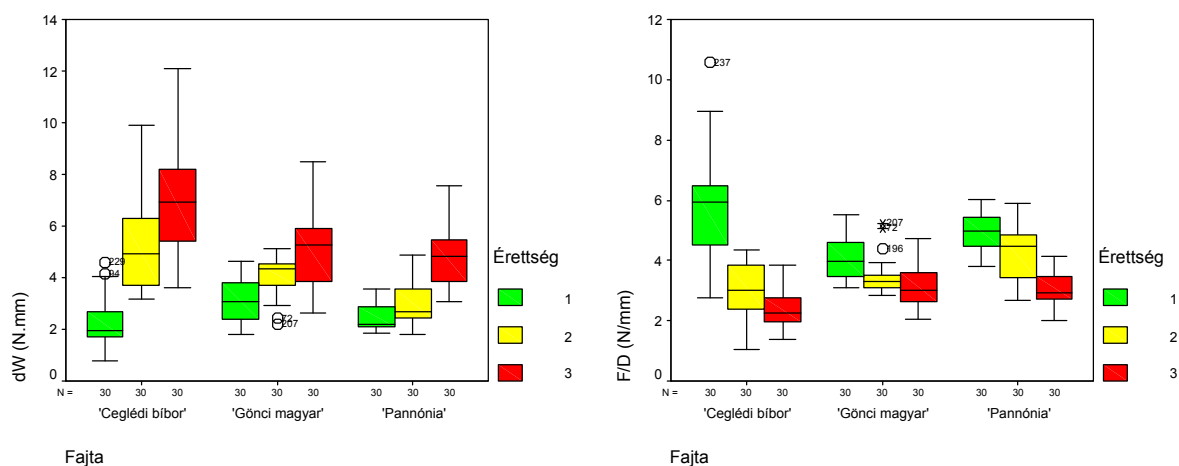
A sárga színezet (b^*) vizsgálata az alapszín felőli oldalon mindhárom fajtánál csak az éretlen egyedek elkülönítésére alkalmas. A fedőszín esetén az eredmények nagyfokú szórása miatt az elkülönítés nem lehetséges, habár az előrehaladottabb érettségi állapotot némi b^* csökkenés jellemzi. A fentiekből következik, hogy a gyümölcs alapszínét az érés során leginkább a zöld-vörös színjellegben bekövetkező változás határozza meg. Az összefüggés-vizsgálatnál tehát célszerű az a^* jellemzőt figyelembe venni, amennyiben lehetséges akkor az alapszín felőli oldalon.

5. 1. 2. Precíziós állománymérés eredményei

A precíziós állománymérés eredményei a 28. és 29. ábrán láthatóak. A gyümölcs puhulása miatt bekövetkező változás nagyobb részt a terhelési szakaszban tapasztalható, a „kirugózás” mértéke ezzel szemben alig változik, mely a terhelési (W_1 , mJ) és tehermentesítési munka (W_2 , mJ) értékeit szemlélve egyértelműen látható.



28. ábra: Terhelési és tehermentesítési munka változása fajtánként és érési csoportonként



29. ábra: A hiszterézis és a szilárdság értékének változása fajtánként és érési csoportonként

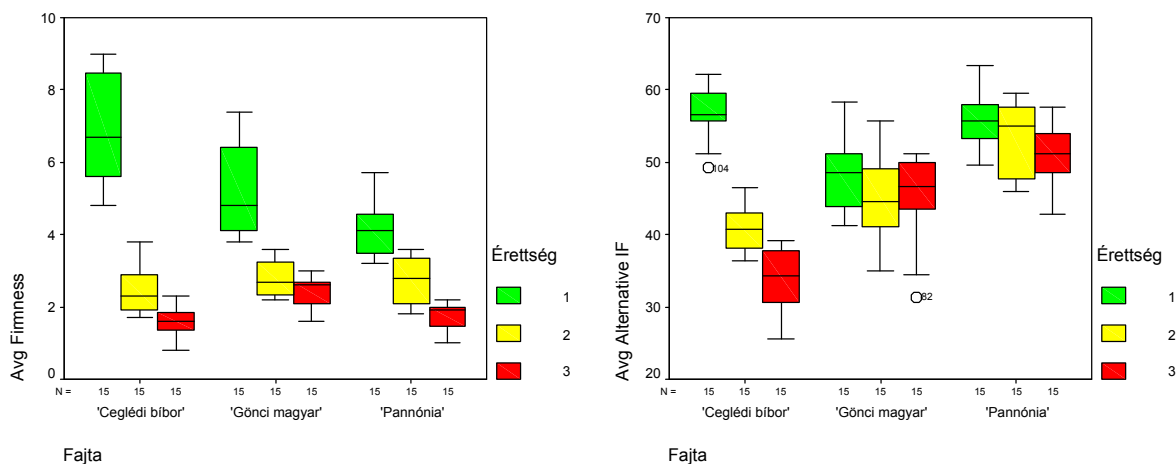
Az érett állapotú gyümölcs megváltozott mikroszerkezete miatt nagyobb munkát kell befektetni, hogy ugyanazt az ellenerő értéket elérjük, de ez a munka szinte teljesen el is nyelődik. Az anyag ugyanis nem úgy viselkedik a terhelés során, mint az erőhatás megszűntetésekor. Nagyobb munkát (görbe alatti terület) kell befektetni az anyag összenyomásakor (W_1 , mJ), mint amit a visszarugózáskor kapunk (W_2 , mJ), azaz a befektetett munka egy része irreverzibilisen elnyelődik a vizsgálati anyagban. A terhelési és tehermentesítési munka ezen okok miatt az érettség előrehaladtával nő. Az egyes érettségi csoportok elkülönítése azonban egyik paraméter esetén sem alkalmazható önállóan.

Sajnos a hiszterézis adatokat kiszámolva ($dW=W_1-W_2$, [mJ]) sem kapunk olyan eredményeket, melyek egyértelműsíték a csoportok jobb elkülönülését. Érdeemes megfigyelni, hogy a színérés során - igen sok paraméter esetén - a 'Ceglédi bíbor' fajta csoportjai között nehezen mérhető különbséget kaptam, az állományjellemzők mérésénél viszont ennek a fajtának a csoportjai különültek el a leginkább.

A szilárdság adatokat szemlélve látható, hogy egységnyi deformáció eléréséhez egyre kevesebb erő szükséges az érettség előrehaladtával. Az éretlen gyümölcs sejtfa ép, az erős vázat biztosító hemicellulóz, cellulóz hálózatot összetartó pektin az érés során - a növekvő enzimaktivitás következtében - lebomlik, és a sejtfa elveszíti kezdeti tartását. A szilárdság F/D (N/mm) értékének változása is jól tükrözi ezt a folyamatot, a 'Ceglédi bíbor' fajta esetében az éretlen és érett állapot közötti különbség közel kétszeres. A csoportok megkülönböztetésére azonban ez a paraméter sem alkalmazható nagy biztonsággal egyik fajta esetén sem.

5. 1. 3. Az akusztikus és impakt állományvizsgálat eredményei

Az akusztikus és impakt állományjellemzők mérésének eredményei a 30. ábrán láthatók.

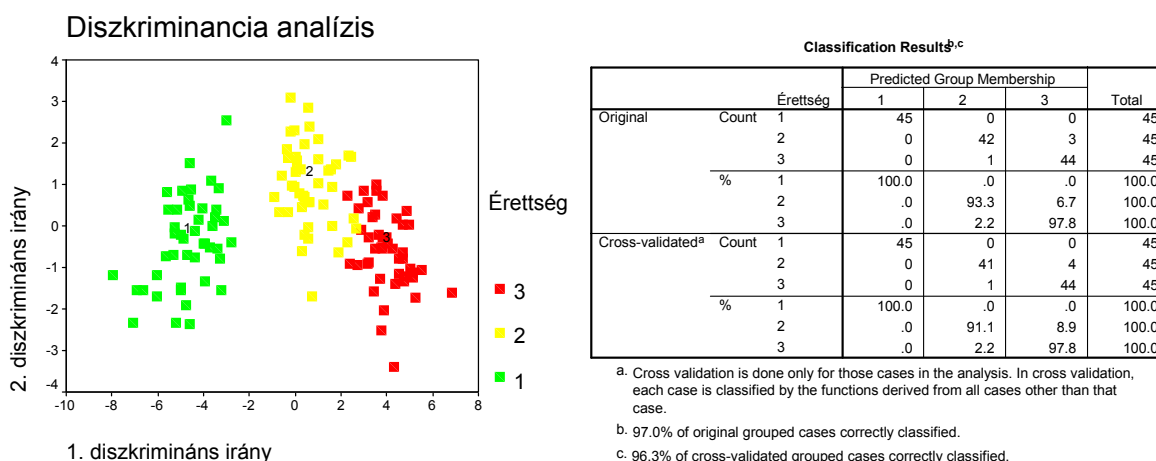


30. ábra: Az akusztikus (balra) és impakt (jobbra) állományjellemzők változása fajtánként és érési csoportonként

A precíziós állományméréssel szemben az akusztikus és impakt állománymérés gyorsan megvalósítható és automatizálható. Az eredmények alapján látható, hogy a csoportok egyértelmű szétválasztására itt sem adódik lehetőség, azonban más vizsgálatokkal kiegészítve ez a hatékonyság javítható. A két vizsgált jellemző közül az akusztikus keménység esetén egyértelmű csökkenő tendencia figyelhető meg az értékek elemzésekor. Ugyancsak megfigyelhető, hasonlóan a precíziós mérések eredményével, hogy a 'Ceglédi bíbor' fajta állományjellemzője a legalkalmasabbak az érettségi csoportok elkülönítésére és az is elmondható, hogy mindhárom fajta esetén nagy biztonsággal meg tudnám különböztetni az éretlen egyedeket.

5. 1. 4. Érettség meghatározása roncsolás-mentes vizsgálatok kombinálásával

Az előző alfejezetek eredményeiből látható, hogy sem a színérés eredményei, sem pedig az állományjellemzők nem voltak önállóan alkalmasak arra, hogy az érettségi állapotokat fajtától függetlenül képesek legyünk megkülönböztetni egymástól. Megoldás lehet, ha többváltozós matematikai-statisztikai módszert alkalmazva az egyes roncsolás-mentes vizsgálatok eredményeit közös modellbe illesztjük. Ehhez a feladathoz a lineáris többváltozós kvalitatív módszerek közül a kanonikus diszkriminancia analízis lépésenkénti (stepwise) formáját választottam, melynek legfontosabb eredményeit a 31. ábra mutatja.



31. ábra: 'Ceglédi bíbor', 'Gönci magyar' és 'Pannónia' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetése diszkriminancia analízissel szín- és állományjellemzőjük alapján

Megfigyelhető, hogy az analízis segítségével sikerült az éretlen (1), a tárolásra érett (2) és a fogyasztásra érett (3) kajszi mintákat fajtától függetlenül, az egyes egyedeken végzett szín- és állományjellemzők alapján megkülönböztetni, és érettségi állapotuknak megfelelően csoportba sorolni. A három különböző érettségi állapotú csoport főként az 1. diszkrimináns irány szerint különült el, mely irány a csoportok közötti variancia legnagyobb részét írja le (esetemben 96,3%) Ezzel szemben a 2. diszkrimináns irány csak a fennmaradó 3,7%-nyi varianciát képviseli. Az alkotott modell jóságát jellemzi, hogy maga a modell a minták 97%-át sorolta sikeresen a neki megfelelő csoportba. A modell validálása teljes keresztvalidációval történt, és a tévesztések csekély aránya (mindössze 3,7%) a modell robusztusságát jelzik. Az ábrán belül feltüntetett tévesztési mátrix adatait elemezve látható, hogy az éretlen egyedek csoportba sorolása minden esetben hibátlan volt, tévesztés csak a két érettebb csoport tagjai között történt. Így megállapítható, hogy a felállított modell az éretlen egyedeket nagy biztonsággal képes elkülöníteni, míg az érettebb minták megkülönböztetése további finomítást igényel.

A modellalkotáshoz a stepwise algoritmus az előző alfejezetben részletesen bemutatott szín- és állományjellemzők közül az alapszín a^* , a fedőszín a^* és L^* értékét, az akusztikus keménységtényezőt (Avg Firm), a tehermentesítési munkát (W_2) és a hiszterézis értéket (dW) használta fel. A 6. táblázatban látható, hogy a legnagyobb szerepe az alapszín a^* értékének és az akusztikus keménységtényezőnek van, ugyanis ezeket építette be leghamarabb az algoritmus a modellbe.

6. táblázat: 'Ceglédi bíbor', 'Gönci magyar' és 'Pannónia' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetéséhez alkotott diszkriminancia analízis modellbe beépített szín- és állományjellemzők listája

Variables Entered/Removed^{a,b,c,d}

Step	Entered	Wilks' Lambda							
		Statistic	df1	df2	df3	Exact F			
						Statistic	df1	df2	Sig.
1	a^* alapszín	.148	1	2	132.000	381.314	2	132.000	.000
2	Avg Firm	.110	2	2	132.000	132.347	4	262.000	.000
3	a^* fedőszín	.092	3	2	132.000	99.623	6	260.000	.000
4	L^* fedőszín	.076	4	2	132.000	85.038	8	258.000	.000
5	w2	.064	5	2	132.000	75.898	10	256.000	.000
6	fd	.048	6	2	132.000	75.910	12	254.000	.000

At each step, the variable that minimizes the overall Wilks' Lambda is entered.

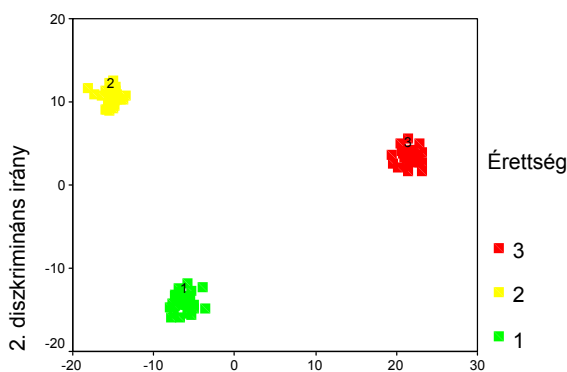
- Maximum number of steps is 28.
- Minimum partial F to enter is 3.84.
- Maximum partial F to remove is 2.71.
- F level, tolerance, or VIN insufficient for further computation.

Összességében kijelenthető, hogy a szín- és állományjellemzők meghatározásával és közös értékelésével alkotható olyan modell, mely alapján a különböző érettségi állapotú kajszi egyedek fajtától függetlenül megkülönböztethetők egymástól.

5. 1. 5. Közeli infravörös spektroszkópia (NIR) alkalmazásának eredményei

A különböző fajtájú és különböző érettségi állapotú kajszi minták NIR-spektrumjainak értékelését az előző fejezetben bemutatott módon, kanonikus diszkriminancia-analízissel végeztem el, azzal a különbséggel, hogy nem a lépésenkénti (stepwise) algoritmust választottam, hanem a modellalkotáshoz teljes simított-derivált NIR-spektrumot használtam. Első lépésben a három különböző fajta spektrumait külön-külön elemeztem, majd egy közös modellt alkotva megvizsgáltam, hogy a NIR-mérések alapján is alkotható-e olyan modell, mely fajtától függetlenül képes hatékony csoportalkotásra. A 32-34. ábrákon a fajtánkénti elemzések eredményeit tüntettem fel.

Diszkriminancia analízis



1. diszkriminációs irány

Classification Results^{a,c}

	Érettség	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count 1	30	0	0	30
	2	0	30	0	30
	3	0	0	30	30
	% 1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated ^a	Count 1	30	0	0	30
	2	0	30	0	30
	3	0	0	30	30
	% 1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	.0	.0	100.0	100.0

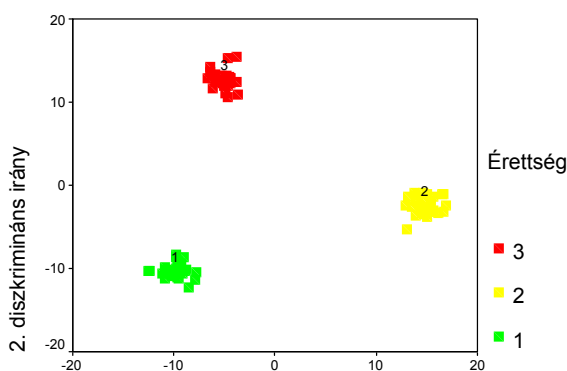
a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 100.0% of cross-validated grouped cases correctly classified.

32. ábra: 'Ceglédi bíbor' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetése diszkriminancia analízissel, NIR spektrumuk alapján

Diszkriminancia analízis



1. diszkriminációs irány

Classification Results^{a,c}

	Érettség	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count 1	30	0	0	30
	2	0	30	0	30
	3	0	0	30	30
	% 1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	.0	.0	100.0	100.0
Cross-validated ^a	Count 1	29	0	1	30
	2	0	30	0	30
	3	1	0	29	30
	% 1	96.7	.0	3.3	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	3.3	.0	96.7	100.0

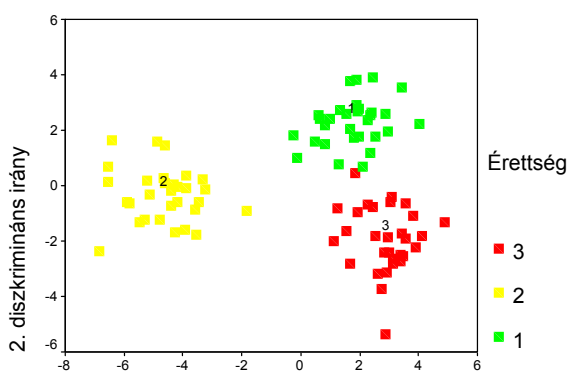
a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 97.8% of cross-validated grouped cases correctly classified.

33. ábra: 'Gönci magyar' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetése diszkriminancia analízissel, NIR spektrumuk alapján

Diszkriminancia analízis



1. diszkriminációs irány

Classification Results^{a,c}

	Érettség	Predicted Group Membership			Total
		1	2	3	
Original	Count 1	30	0	0	30
	2	0	30	0	30
	3	1	0	29	30
	% 1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	3.3	.0	96.7	100.0
Cross-validated ^a	Count 1	30	0	0	30
	2	0	30	0	30
	3	1	0	29	30
	% 1	100.0	.0	.0	100.0
	2	.0	100.0	.0	100.0
	3	3.3	.0	96.7	100.0

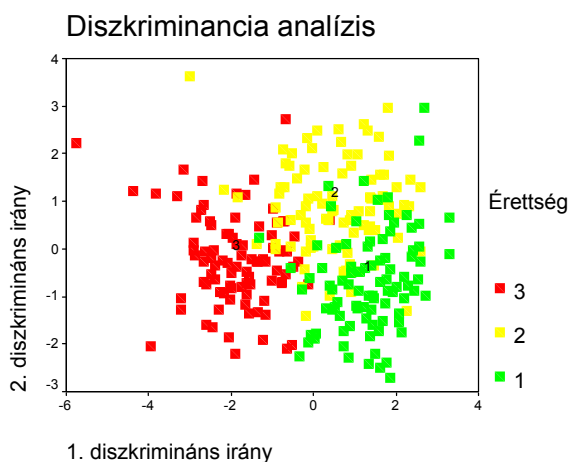
a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 98.9% of original grouped cases correctly classified.

c. 98.9% of cross-validated grouped cases correctly classified.

34. ábra: 'Pannónia' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetése diszkriminancia analízissel NIR spektrumuk alapján

Látható, hogy mindhárom esetben igen jól szeparálhatóak voltak a csoportok egymástól, hiszen a modell képes volt csupán kismértékű tévesztés mellett az egyes mintákat visszatorolni a neki megfelelő csoportba. A diszkriminációs-térben kirajzolódó csoportoknál megfigyelhető, hogy egyik esetben sem lehet pusztán az első diszkriminációs-irány alapján elkülöníteni a csoportokat. Ennek megfelelően az első diszkriminációs-iránnyal magyarázott variancia is szerényebb mértékűvé vált (70, 56 és 78%), összehasonlítva a szín- és állományjellemzők alapján felállított modellnél tapasztaltakkal (97%). Ennek magyarázata feltehetően a NIR-spektrum komplexitásában rejlik. A csoportok elhelyezkedését tekintve általános tendenciaként jelenik meg, hogy az éretlen (1. jelzésű) csoport a 2. diszkriminációs irány alapján különül el az érettebb állapotú csoportoktól (2-3), miközben ez a két csoport egymástól az 1. diszkriminációs-irány szerint tagolódik. További érdekesség, hogy a tévesztési mátrixok keresztvalidációs adatai azt mutatják, hogy nem a szélső csoportok (legéretlenebb vagy legérettebb), hanem a középső csoport különíthető el minden esetben 100%-os hatékonysággal. A modell tehát kis tévesztés mellett képes elkülöníteni az érettségi csoportokat abban az esetben, ha ismerjük a fajtát. Fajtafüggetlen válogatás megvalósításához érdemes egy modellben értékelni az összes NIR-spektrumot, melynek eredményét a 35. ábra mutatja.



Classification Results^{b,c}

		Predicted Group Membership			Total	
		1	2	3		
Original	Count	1	76	12	2	90
		2	14	67	9	90
		3	1	5	84	90
	%	1	84.4	13.3	2.2	100.0
	2	15.6	74.4	10.0	100.0	
	3	1.1	5.6	93.3	100.0	
Cross-validated ^a	Count	1	74	13	3	90
		2	19	62	9	90
		3	2	7	81	90
	%	1	82.2	14.4	3.3	100.0
	2	21.1	68.9	10.0	100.0	
	3	2.2	7.8	90.0	100.0	

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

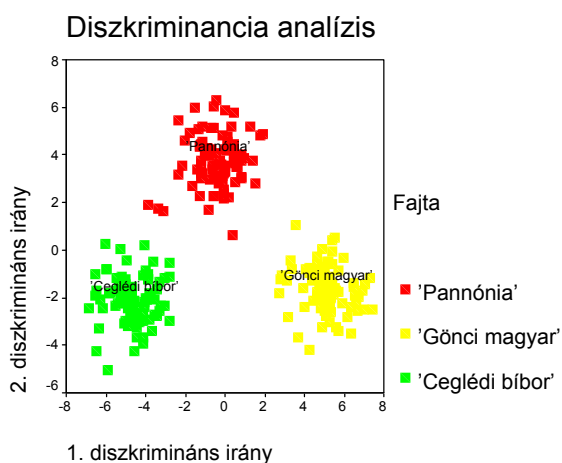
b. 84.1% of original grouped cases correctly classified.

c. 80.4% of cross-validated grouped cases correctly classified.

35. ábra: 'Ceglédi bíbor', 'Gönci magyar' és 'Pannónia' kajszi minták érettségi állapotainak megkülönböztetése diszkriminancia analízissel NIR spektrumuk alapján

Látható, hogy ebben az összevont esetben az egész modellre vonatkozó keresztvalidáció jósága csak 80,4% volt. Jelentősen megnőtt a tévesztések száma, a csoportok erősen átfedtek egymással. Így megállapítható, hogy nem sikerült olyan osztályozó modellt kidolgozni, mely fajtahatástól függetlenül képes lenne hatékonyan az érettségi állapotokat megkülönböztetni egymástól. Ilyen esetben megoldás lehet a többlépcsős osztályozás elvégzése, miszerint az első lépésben azonosításra kerül a vizsgált minta fajtája, majd a második lépésben az előzőekben bemutatott, fajtára kidolgozott osztályozó modellel meghatározásra kerül az érettségi állapot.

Az elgondolás életképességét bizonyítja a 36. ábra, mely azt mutatja, hogy a NIR-spektrumok alapján, igen jól meghatározható a vizsgált kajszi fajtája, érettségi állapottól függetlenül



Classification Results^{b,c}

		Predicted Group Membership			Total
		'Ceglédi bíbor'	'Gönci magyar'	'Pannónia'	
Original	Count	'Ceglédi bíbor' 90	'Gönci magyar' 0	'Pannónia' 0	90
		'Gönci magyar' 0	'Gönci magyar' 90	'Pannónia' 0	90
		'Pannónia' 0	'Pannónia' 0	'Pannónia' 90	90
	%	'Ceglédi bíbor' 100.0	'Gönci magyar' .0	'Pannónia' .0	100.0
		'Gönci magyar' .0	'Gönci magyar' 100.0	'Pannónia' .0	100.0
		'Pannónia' .0	'Pannónia' .0	'Pannónia' 100.0	100.0
Cross-validated ^a	Count	'Ceglédi bíbor' 90	'Gönci magyar' 0	'Pannónia' 0	90
		'Gönci magyar' 0	'Gönci magyar' 89	'Pannónia' 1	90
		'Pannónia' 3	'Pannónia' 0	'Pannónia' 87	90
	%	'Ceglédi bíbor' 100.0	'Gönci magyar' .0	'Pannónia' .0	100.0
		'Gönci magyar' .0	'Gönci magyar' 98.9	'Pannónia' 1.1	100.0
		'Pannónia' 3.3	'Pannónia' .0	'Pannónia' 96.7	100.0

a. Cross validation is done only for those cases in the analysis. In cross validation, each case is classified by the functions derived from all cases other than that case.

b. 100.0% of original grouped cases correctly classified.

c. 98.5% of cross-validated grouped cases correctly classified.

36. ábra: 'Ceglédi bíbor', 'Gönci magyar' és 'Pannónia' kajszi megkülönböztetése valamennyi érettségi állapotot figyelembe véve diszkriminancia analízissel NIR spektrumuk alapján

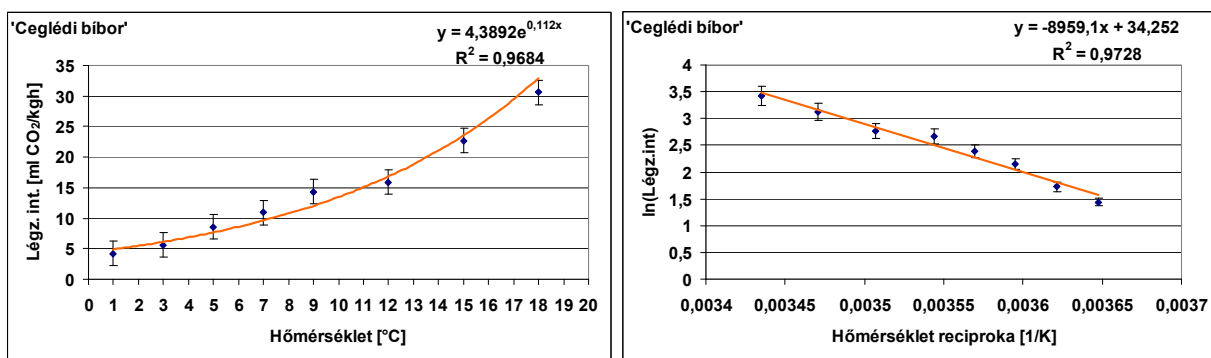
Összességében elmondható, hogy a színmérés, az akusztikus és impakt állományvizsgálat valamint a precíziós állománymérés során kapott adatokból sikerült többváltozós matematikai-statisztikai modellt alkotnom a különböző érettségi állapotú kajszi egységek megkülönböztetésére. A közeli infravörös spektroszkópia alkalmazásával megvalósítható a kajszi fajta azonosítása és az érettségi állapot meghatározására is sikerült modellt alkotnom a kanonikus diszkriminancia analízis módszerével.

5. 2. Kajszi légzéskinetikájának elemzése

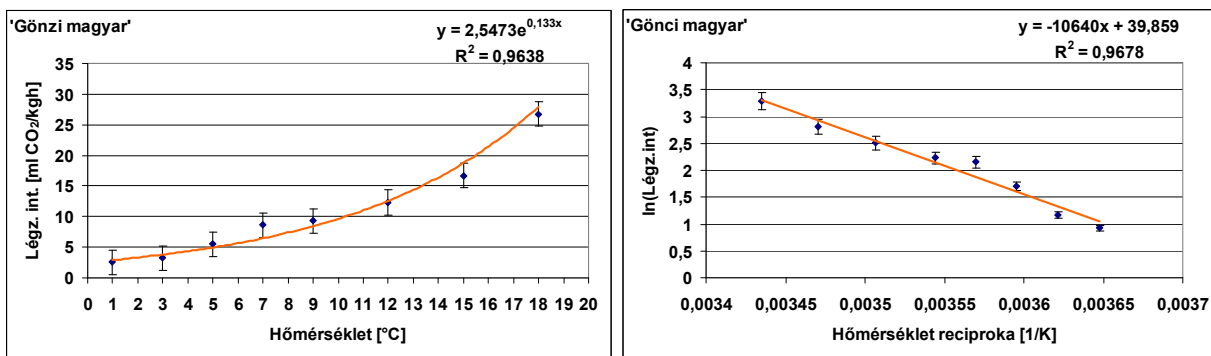
Jelen szakasza a munkámnak a kajszi légzéskinetikájának elemzésére irányult, célozva vele a légzés hőmérsékletfüggésének tanulmányozását valamint a légzés O_2 függésének és az aerob/anaerob légzőkészülék oxigénszintjének vizsgálatát. A mérések módszertana a dolgozat 4.3. fejezetében tekinthető meg.

5. 2. 1. Kajszi légzésének hőmérsékletfüggése

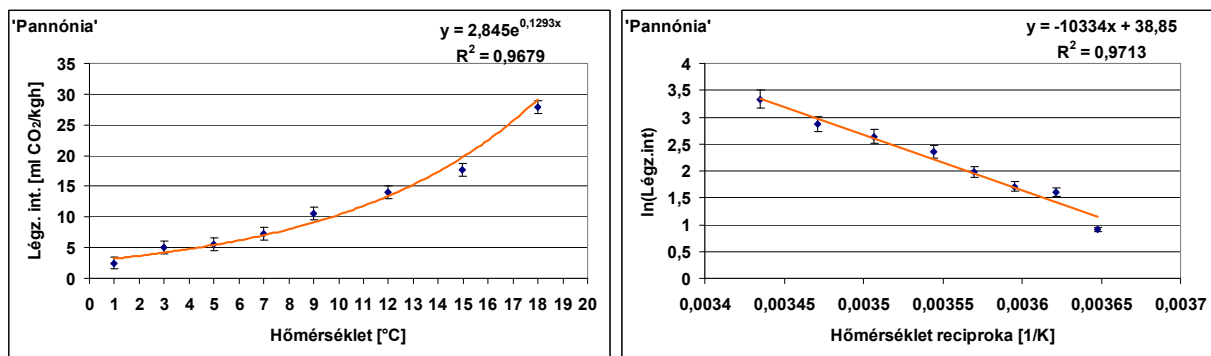
A vizsgált kajszi minták légzésintenzitásának (LI) hőmérsékletfüggését az $LI - T_c$ illetve az $\ln(LI) - 1/T$ síkokban mutatják be fajtánként csoportosítva a 37-39. ábrák.



37. ábra: 'Ceglédi biborkajszi' légzésintenzitásának hőmérsékletfüggése



38. ábra: 'Gönci magyar kajszi' légzésintenzitásának hőmérsékletfüggése



39. ábra: 'Pannónia' kajszi légzésintenzitásának hőmérsékletfüggése

Az eredményeket vizsgálva látható, hogy az $LI - T_{\text{C}}$ exponenciális illesztés determinációs együtthatója mindhárom fajtánál 0,96-nál nagyobb, tehát Gore 1911-es megállapítása, amely szerint a légzésintenzitás exponenciálisan változik a hőmérséklet emelésével, immáron kajszira vonatkozóan is igazolást nyert. Látható továbbá, hogy az Arrhenius egyenleten alapuló $\ln(LI) - 1/T$ illesztés determinációs együtthatója mindhárom fajta esetén nagyobb, mint a megfelelő Gore illesztéseké, ami azt jelzi, hogy az Arrhenius-közelítés tekinthető pontosabbnak.

Elméletileg is megvizsgáltam Gore megállapítását, összevetve azt az Arrhenius egyenlet statisztikus termodinamikai reprezentációjával. Mivel a T abszolút hőmérséklet reciproka a vizsgált (Celsius fokban kifejezve $T_{\text{C}}=0\text{ }^{\circ}\text{C}$ és $T_{\text{C}}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ közötti) hőmérsékleti tartományban a geometriai sor összegképletét alkalmazva egyszerűen sorbafejthető, ezért adódik:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{273,15 + T_{\text{C}}} = \frac{1}{273,15} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{-T_{\text{C}}}{273,15} \right)^n = \frac{1}{273,15} \cdot \left[\left(1 - \frac{T_{\text{C}}}{273,15} \right) + \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{-T_{\text{C}}}{273,15} \right)^n \right]$$

A fenti kifejezésből így már becsülhetjük az $\frac{1}{T} \approx \frac{1}{273,15} \cdot \left(1 - \frac{T_{\text{C}}}{273,15} \right)$ lineáris közelítés

hibáját a $T_{\text{C}} \in [0;20]$ hőmérsékleti tartományra:

$$\frac{1}{273,15} \cdot \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{-T_{\text{C}}}{273,15} \right)^n = \frac{T_{\text{C}}^2}{273,15^2} \cdot \frac{1}{273,15 + T_{\text{C}}} < \frac{20^2}{273,15^3} = 1,9627 \cdot 10^{-5}$$

Tehát a Gore féle exponenciális légzésintenzitás függvény lényegében az Arrhenius egyenlet exponenciális alakjának olyan közelítése, ahol az abszolút hőmérséklet reciprokát a megfelelő geometriai sor összegképletének tekintve linearizáltuk. Ezen linearizálás relatív hibájára (amely hiba magyarázza a determinációs együtthatókból is látható „pontossági különbséget” is) a vizsgált hőmérsékleti intervallumban teljesül:

$$\frac{\frac{1}{T} - \frac{1}{273,15} \cdot \left(1 - \frac{t}{273,15} \right)}{\frac{1}{T}} < \frac{1,9627 \cdot 10^{-5}}{\frac{1}{293,15}} \cdot 100\% < 0,6\%$$

Az Excel Solver bővítményével, a „nagyságrendek figyelése” opciót beállítva megfigyelhetjük, hogy ha az Excel diagramoknál adott „Trendvonal” illesztés helyett numerikusan pontosabb módszert használunk a Gore ill. Arrhenius típusú légzés görbék paramétereinek becslésére, akkor a közelítő függvények paramétereinek közötti „átszámítási különbség” relatív hibája is tovább csökkenthető, bár nem jelentős mértékben. A $c = \alpha + \beta/273,15$ képlettel számított, ill. a mért $Li - T_{\text{C}}$ mért pontokra való illesztés eredményeként adódó c értékek relatív eltérése 1,8%-ról 1,5%-ra csökken.

Mivel a vizsgált fajták légzésintenzitása között nem volt számottevő különbség, az alábbi összefoglaló táblázat (7. táblázat) használata javasolható a vizsgált fajtákra vonatkozóan a hűtőkapacitás méretezéséhez, illetve egyéb számításokhoz.

7. táblázat: A vizsgált fajták átlagos légzésintenzitása és a számított hőtermelés nagysága

Hőmérséklet [°C]	Légzésintenzitás [ml CO ₂ /kg h]	Hőtermelés* [kcal/tonna/nap]
0	2-5	244-610
5	5-10	610-1220
10	10-15	1220-1830
20	35-45	4270-5490

* Légzésintenzitás szorozva 122-vel

Az Arrhenius egyenlet statisztikus termodinamikai reprezentációja alapján az $\ln(LI) - 1/T$ illesztett egyenes meredekségéből számított aktiválási energia értékeket a 8. táblázatban foglaltam össze.

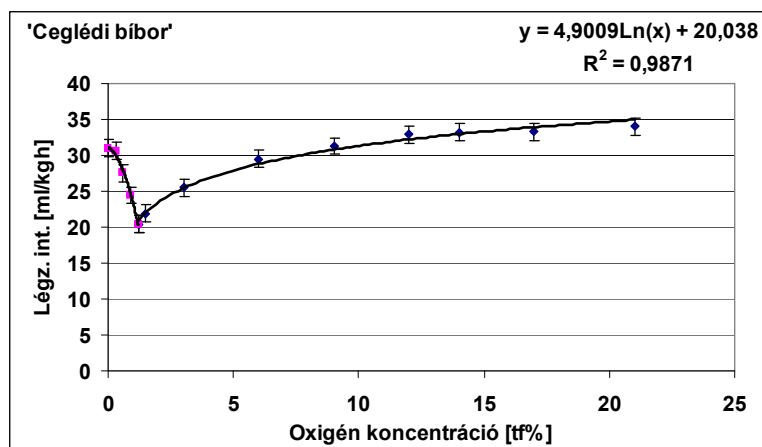
8. táblázat: A vizsgált fajták aktiválási energiája

Fajta	Aktiválási energia [kJ/mol]
'Ceglédi bíborkajszi'	74,49
'Gönci magyar kajszi'	88,47
'Pannónia'	85,80

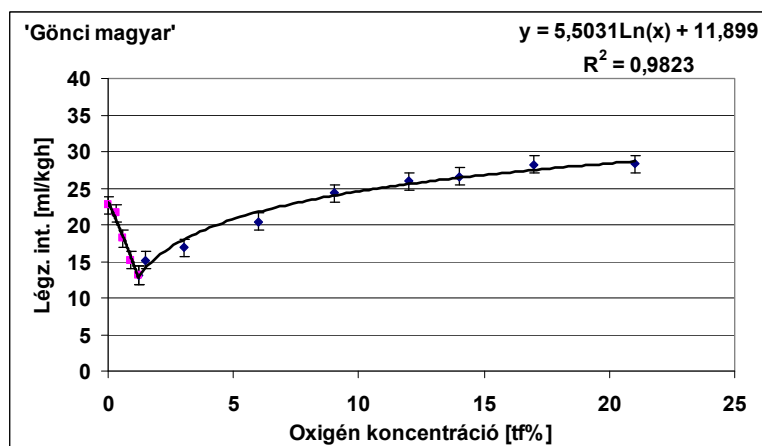
Az aktiválási energia mértéke utal a reakciók energiaigényére. A szobahőmérsékleten jól mérhető reakciók energiaigénye 50- 130 kJ/mol. Az ettől jelentősen kisebb aktiválási energia értékű reakciók pillanatszerűek, a nagyobb értékűek végtelen lassúak. Kertészeti termékek légzési reakciójának aktiválási energia értéke jellemzően 70 – 110 kJ/mol értékű. Az eredmények alapján megállapítható, hogy a vizsgált kajszifajták aktiválási energiája 70 és 90 kJ/mol értékek között van, annak megfelelően, hogy a légzés sebessége szobahőmérsékleten mérhető és jelentős. Alacsonyabb hőmérsékleteken gátlás érhető el, mivel a molekulák kevesebb hányada rendelkezik az átalakuláshoz szükséges energiátöbblettel. A hőmérsékletcsökkentés hatása 'Gönci magyar' kajszin bizonyult a legeredményesebbnek, ennél a fajtánál mértem a legalacsonyabb légzésintenzitás értéket és a legmagasabb aktiválási energiát.

5. 2. 2. Kajszi légzésének függése a környezeti oxigén koncentrációjától

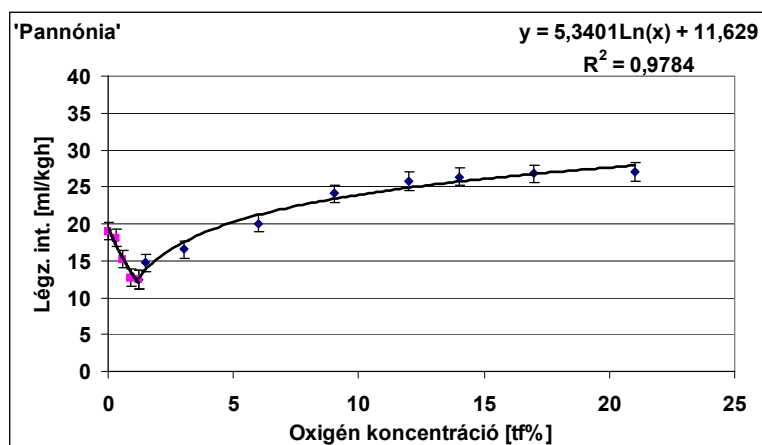
A vizsgált kajszifajták légzésintenzitásának vizsgálatát a környezeti oxigénszint változtatása során is megvizsgáltam. Méréseim eredményeit a 40., a 41. és a 42. ábrán mutatom be.



40. ábra: 'Ceglédi bíborkajszi' légzésintenzitásának oxigénkoncentráció függése



41. ábra: 'Gönci magyar kajszi' légzésintenzitásának oxigénkoncentráció függése



42. ábra: 'Pannónia' kajszi légzésintenzitásának oxigénkoncentráció függése

A vizsgálat eredményei jól reprezentálják azt az elvet, miszerint az oxigénkoncentráció növelése logaritmikusan hat a légzésintenzitás alakulására. Az illesztett logaritmikus görbék determinációs együtthatója minden esetben 0,95-ös érték feletti, azaz az illesztés jósága megfelelő. Azonban meg kell jegyezni, hogy megfelelő illesztést csak abban az esetben kaphatunk, ha a vizsgált termény légzése az aerob anyagcsere utakon valósul meg.

Ahogy a 39-41. ábrákon is látható, egy bizonyos oxigénkoncentrációs érték alatt a respiráció növekedést mutat. Ennek elsődleges oka az anaerob légzés fokozódó hatása, melyet először Blackman (1928) publikált. Véleménye szerint a növények oxigénkoncentráció függő légzésintenzitásának ábrázolás során található egy extinkciós pont, melynél vélhetően az aerob légzés átvált anaerob légzéssé és ez a pont megfelelő körülményeket kialakítva mérhető és meghatározható. Az általa használt extinkciós pont fogalma analóg az általam alkalmazott alsó oxigénküszöb érték fogalmával, melyről az irodalmi áttekintésben (2.8.3) már tettem említést. Meghatározása a légzésintenzitás minimum értékének keresésével valósítható meg, tehát az alsó oxigénküszöb értéke az aerob légzés minimumánál lesz, ahol az anaerob anyagcsereutak még nem aktívak, viszont a CO₂ termelés mérsékelt a Pasteur effektus által.

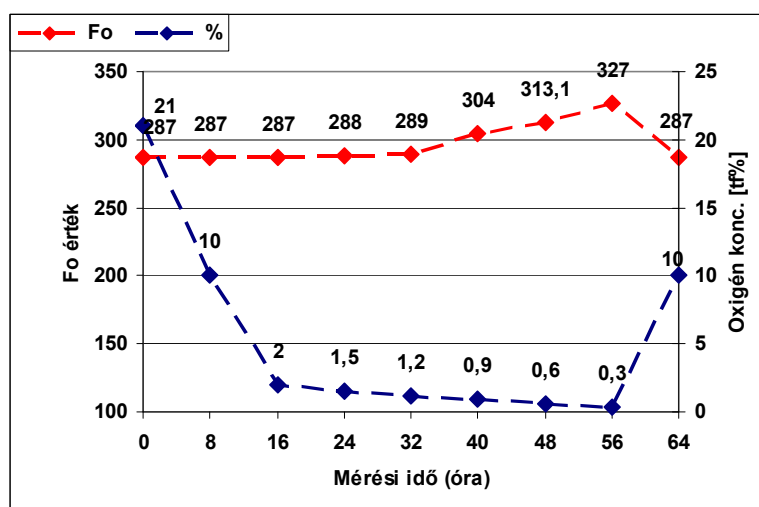
Vizsgálataim alapján kijelenthetem, hogy az általam kialakított mérési rendszer alkalmas arra, hogy a vizsgálatba vont kajszik légzésintenzitásának változását az oxigénkoncentráció függvényében nyomonkövessem. Méréseim alapján megállapítható, hogy a 'Ceglédi bíbor', a 'Gönci magyar' és a 'Pannónia' kajszifajták légzésintenzitásának minimuma 1,2 és 0,9 tf% oxigénkoncentráció közé tehető. A kialakított mérőkör alkalmas az anaerob és aerob légzés jellemzésére valamint az alsó oxigénküszöb meghatározására. Ezen eredményeim összevethetők a következő fejezetekben taglalt klorofill fluoreszcenciás és SPME-GC vizsgálatok eredményével.

5. 3. Klorofill fluoreszcencia mérés módszere

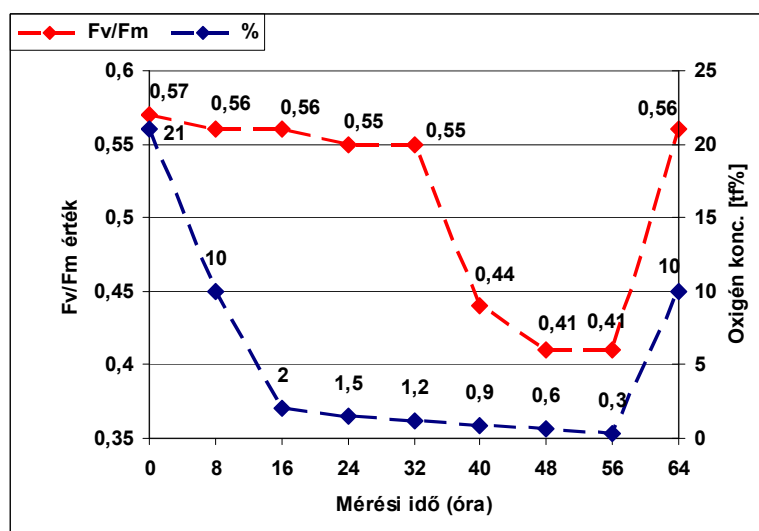
5. 3. 1. Fotoszintetikus aktivitás vizsgálata, kezdeti mérések

Kezdeti méréseim során minden igyekezetem ellenére sajnos nem sikerült az irodalmi áttekintés 2.10.1. fejezetében már bemutatott két célműszert azaz a posztharveszt célokra az Opti-Sciences által fejlesztett műszert (OS9-FL, Opti-Sciences Inc., USA) illetve a Harwestwatch nevezetű rendszert (Satlantic Inc., USA) alkalmaznom, mivel azok gyártása időközben megszűnt, így beszerzési lehetőségük korlátozódott. Így egy hagyományos, főleg kertészmérnökök által használt, levelek fotoszintetikus aktivitásának vizsgálatához gyártott, az anyagok és módszerek fejezet 4.4.1 alfejezetében ismertetett, hordozható pulzus modulált fluoreszcencia mérő készülékkel végeztem a méréseket. A következő ábrákon a klorofill

fluoreszcenciás vizsgálatok eredményei láthatóak. A 43. ábrán az F_0 érték változása, a 44. ábrán pedig az F_v/F_m hányados alakulása figyelhető meg az idő és a légtérösszetétel függvényében.



43. ábra: Az F_0 érték változása az idő és légtérösszetétel függvényében.



44. ábra: Az F_v/F_m érték változása az idő és légtérösszetétel függvényében.

Az eredmények alapján azonban megállapíthatjuk, hogy a kialakított mérőkör is alkalmas kajszi fotoszintetikus aktivitásának vizsgálatára. Az irodalmi áttekintésben ismertett változások az oxigén koncentráció függvényében bekövetkeztek. A grafikonokat vizsgálva arra a következtetésre jutottam, hogy a 'Gönci magyar kajszi' klorofill fluoreszcenciás jellemzői 1,2 tf% és 0,9 tf% oxigénszint között ugrásszerűen megváltoznak mind az F_0 , mind pedig az F_v/F_m értékek tekintetében. A módszer alkalmazásával tehát sikerült biztató eredményeket kapni az alsó oxigénküszöb esetleges érzékelésére, igaz ekkor még a változás biokémiai hátterére megnyugtató magyarázatot nem sikerült találnom.

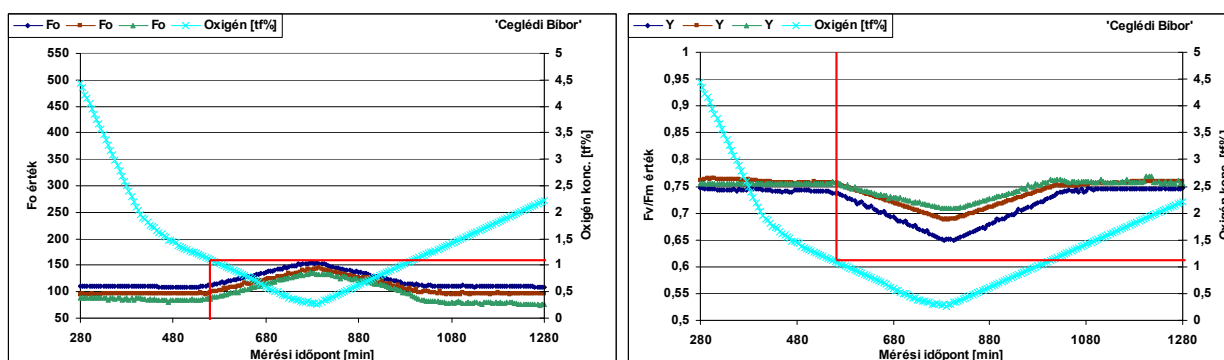
Meg kell azt is állapítanom, hogy a használt elrendezés alkalmazása a pontos eredmény megállapításához igen nehézkes, hiszen a mérés viszonylag lassú, sok kézi beavatkozást igényel, az adatrögzítés és az oxigénkoncentráció változtatása nem automatizált, melyek miatt kevés adat

nyerhető a kiértékeléshez. Ekkor még csak terv volt egy olyan műszer beszerzése, illetve egy olyan rendszer kiépítése, mely képes automatikus mintavételre, hiszen így még részletesebben vizsgálhatnánk az eredményeket és sűrűbb időközönként mérve nagyobb felbontást kapnánk, tehát pontosabban meghatározhatóvá válna a változás dinamikája.

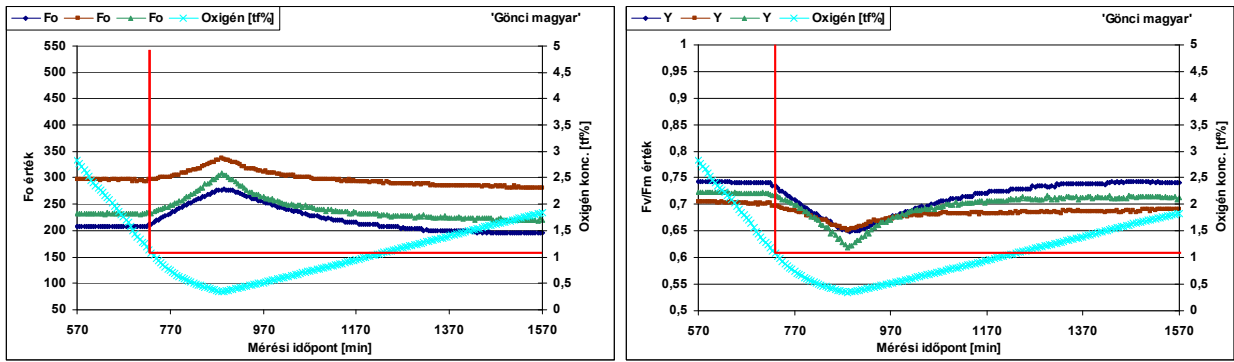
5. 3. 2. Alsó oxigénküszöb értékének meghatározása

Az előkísérletek biztató eredményei alapján beszerzésre került egy új eszköz (Moni-PAM, Heinz Walz GmbH, GER.), mellyel lehetőség nyílt folyamatos mintavétel alkalmazására (4.4.2 alfejezet alapján). Az új eszközön mindhárom kajszifajta vizsgálata megtörtént, melynek eredményei fajtákra bontva a következő ábrákon látható (45-47. ábrák) piros színnel jelölve azt az oxigén koncentrációt, melynél a mért klorofill fluoreszcenciás értékek változást mutattak.

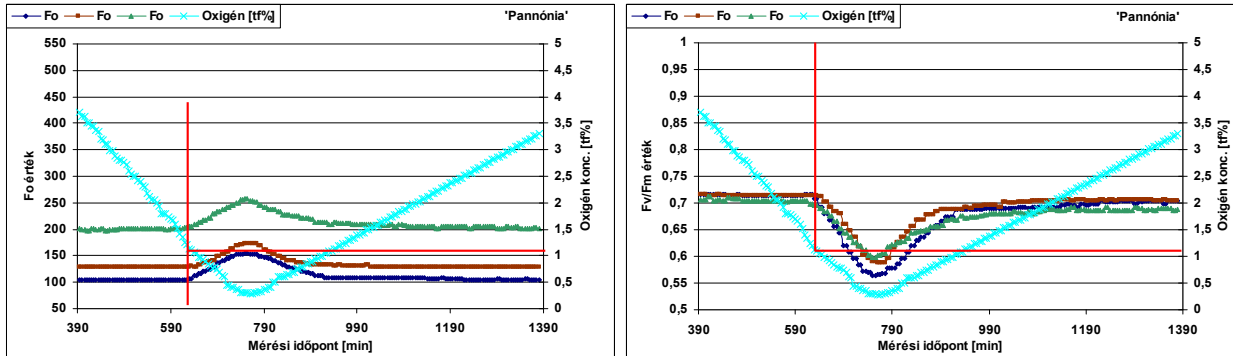
Az ábrákon csak a mérési adatok azon részlete látható, mely a kiértékelés és a könnyebb érthetőség szempontjából érdekes, azonban érdemes kiemelni, hogy a mérések minden esetben 21 tf% oxigénkoncentrációról indultak és a minimum elérése után erre az értékre emeltem vissza. Az ábrázolásnál azért nem a teljes adatsort ábrázoltam, mert megfigyelhető volt, hogy a vizsgált értékek 21 tf% oxigéntől kb. a 2 tf%-os szint eléréséig változást nem mutattak, állandó értéket vettek fel. Mint az a 45., 46. és 47. ábrákon jól látható, egy bizonyos oxigén koncentráció elérése után a mért jellemzők az addigi állandó értékükről az F_0 esetében nőni, míg az F_v/F_m érték esetén csökkenni kezdtek.



45. ábra: Az F_0 és az F_v/F_m érték változása 'Ceglédi bíbor' kajszin.



46. ábra: Az F_0 és az F_v/F_m érték változása 'Gönci magyar' kajszin.



47. ábra: Az F_0 és az F_v/F_m érték változása 'Pannónia' kajszin.

A grafikonokon négy adatsort tekinthetnek meg, melyből a világoskék az oxigénkoncentráció változását szemlélteti, míg a maradék három görbe egy-egy kajszihoz tartozó jellemző értéket mutat. Felmerülhet a kérdés, hogy van-e jelentősége annak, hogy mekkora a kiindulási érték illetve hogy mekkora a változás mértéke. Esetemben a válasz a kérdésre az, hogy nincs jelentősége, hiszen az értékek nagysága csak a gyümölcs aktuális érettségi állapotával, vagyis a klorofill mennyiségével van kapcsolatban. Az is megfigyelhető, hogy bármennyire is különbözőek a kiindulási értékek akár a fajon akár a fajtán belül, a változás mindig közel azonos oxigénkoncentráció elérésekor történik. Tehát a gyümölcs érettségi állapota nem befolyásolja a koncentrációváltozásra adott klorofill fluoreszcens választ.

Mindezek alapján továbbra is megállapítható, hogy a gyümölcs fotoszintetikus rendszere reagál a környezeti oxigén koncentrációjának változására. Mint azt az irodalmi áttekintés 2.10.1 fejezetében taglaltam egyes szerzők megpróbálták kapcsolatot keresni az anaerob légzés és ezen változások között. Prange és munkatársai (1997) szerint a magas N_2 koncentráció miatti távolság növekedés a kétféle fotokémiai rendszerhez is kapcsolódó fénybegyűjtő pigment-protein komplex és a PSII reakciócenter között az ok változásra. Emiatt az energiaátadás lehetősége csökken és az LHC-ban elnyelt energia nagyobb valószínűséggel fluoreszcencia formájában jelenik meg, növelve az F_0 és csökkentve az F_v/F_m értékeket. DeEll és munkatársai 1999-es cikkükben ehhez hasonlóan vetettek fel, vagyis a PSII reakciócenter és a fénybegyűjtő pigment-

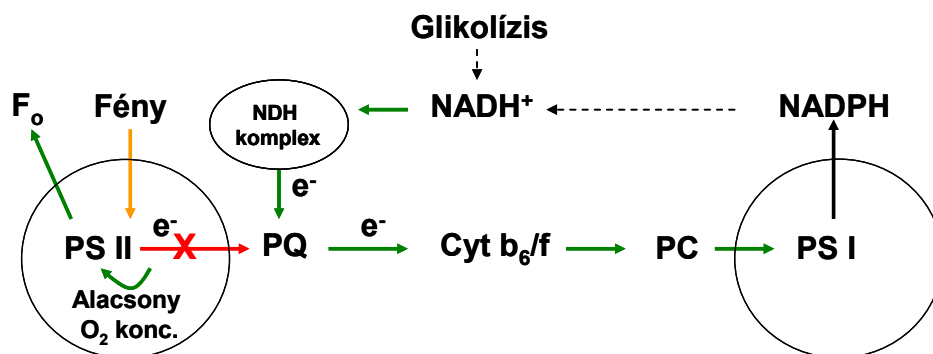
protein komplex (LHC) egymástól való eltávolodását valószínűsítik, mely az elektrontranszport rendszer működésének zavarát (alacsonyabb F_v/F_m érték) és az elnyelt energia fluoreszcencia formájában történő átalakulását váltja ki (magasabb F_0 érték). Prange és munkatársai (1997) másik elmélete szerint a nitrogén kezelés hatására a citoszolban csökken az oxigén molekulák száma, melynek következtében azok elektron akceptoroként kezdenek viselkedni, emiatt az elsődleges kinon-akceptor (Q_A) részlegesen redukálttá válhatnak. A Q_A redukciója az elektronok áramlását gátolja, növelve ezzel az alap-fluoreszcenciát és csökkentve a változó fluoreszcencia értékét.

Méréseim és kutatásaim alapján egy harmadik hipotézist valószínűsítek. Bennoun 1982-ben számolt be először egy sötétben, a tilakoid membránokban lejátszódó aktív elektrontranszport mechanizmusról, melyet zöld algákon figyelt meg és kloroinspirációnak nevezett el. Az általa megfigyelt folyamatban fontos szerepet játszott a plasztokinon pool, az elektron-akceptor (molekuláris O_2), és a redukált piridin nukleotidok, melyek a keményítő metabolizmus során keletkeztek. Kezdetben úgy hitte, hogy a kloroinspiráció csak az algákban megy végbe, azonban nem sokkal a bejelentés után Kow és munkatársai (1982) leírtak egy fiziológiailag hasonló, de biokémiaiilag eltérő mechanizmust spenótok (*Spinacia oleracea L.*) vizsgálata során. Kutatásaik során kimutatták, hogy sötétben a NAD(P)H is elektrondonorként szolgálhat a plasztokinon pool (PQ) számára. Harrisand és Heber 1993-ban újra vizsgálni kezdték a kloroinspiráció folyamatát. Kutatásukban bizonyítékot szolgáltatnak arra, hogy sötét, anaerob környezetben a spenót levéllemezeiben a plasztokinon pool redukálódik. Kimutatják azt is, hogy a redukált plasztokinon pool visszaoxidálható O_2 -nel. Ezzel megerősítették Kow állításait mely szerint, a kloroinspirációs mechanizmus, ami algákban Bennoun által már bizonyított, jelen van a magasabb rendű növényekben is. Kísérleteik során a sötét, de még aerob környezetben tartott levélszövetek konstans (F_0) fluoreszcencia értéket mutattak. Megfigyelték azt is, hogy a levéllemezeket sötét és anaerob környezetben inkubálva a klorofill fluoreszcencia 340%-os növekedést mutatott az F_0 értékhez viszonyítva, ami a maximális fluoreszcencia (F_m) 75%-ának felel meg. Azt is bizonyították, hogy az anaerob környezetben tapasztalt fluoreszcencia-növekedés O_2 adagolás hatására mérséklődik, illetve lecsökken az eredeti F_0 -értékre. Kimutatták, hogy az intakt levelek plasztokinon pool-ja sötét és anaerob környezetben redukálódik, erre pedig a kloroplasztisz fluoreszcencia jelentős növekedéséből következtettek.

Ezek a megfigyelések mind analógok az általam vizsgált kajszin bekövetkező változásokkal, melyekről eddig irodalmi utalást nem találtam. Véleményem szerint a kajszin anaerob környezetben bekövetkező fotoszintetikus változás is a kloroinspirációval magyarázható. A kloroinspirációs mechanizmusban az elektron transzportnak központi szerepe van. Az O_2 oxidálja a redukált plasztokinon poolt, mind az algákban, mind a magasabb rendű

növényekben. Ha a plasztokinon pool oxidált, akkor képes elektron transzportra, tehát az elnyelt fény (energia) nem fluoreszcencia formájában jelenik meg, hanem tovább szállítódik, vagyis az F_0 érték nem változik. Anaerob környezetben nincs megfelelő mennyiségű oxigén a plasztokinon pool oxidálására, így az redukált marad és ezáltal a PSII felőli elektrontranszport is gátolt, tehát az elnyelt energia fluoreszcencia formájában jelenik meg, növelve az F_0 értéket. Ezt igazolja az is, hogy az oxigén koncentráció növelése visszaszorítja az anaerob közegben bekövetkező fluoreszcencia-növekedést (visszaáll az F_0 érték a kezdeti szintre). O_2 hatására tehát a fluoreszcencia-növekedés gyors visszafojtása valósul meg. Ezt a visszafojtást azoknak a reakcióknak a reverziója okozhatja, amelyek a fluoreszcencia-növekedéshez vezetnek. Azonban kérdés merülhet fel arra vonatkozóan, hogy mi történik a redukált plasztokinon pool-lal anaerob környezetben.

Mint említettem Kow és munkatársai 1982-ben már kimutatták, hogy sötétben a NAD(P)H is elektrondonorként szolgálhat a plasztokinon pool számára, tehát folyamatos az elektrontranszport, csak a PSII reakciócenter kikerülésével. Ahogy azonban az oxigén koncentrációt növeljük a PSII reakciócenter újra belép a sorba hiszen az oxigén ebben az esetben már képes oxidálni a plasztokinont, sőt nagyobb affinitással, mint a NADPH-ból vagy NADH-ból származó elektronok. De ne feledjük, hogy akár aerob akár anaerob a körülmény a PSII reakciócenter csak fény hatására tud elektronokat szolgáltatni, márpedig a Klororespiráció felfedezésében éppen az az izgalmas, hogy a növény sötét körülmények között is képes elektrontranszportra a PSII megkerülésével méghozzá egy NAD(P)H-plasztokinon-oxidoreduktáz nevezetű enzim (NDH) segítségével (Pessarakli, 2001). Az anaerob körülmények között lezajló klororespiráció lehetséges útját a 48. ábra szemlélteti.



48. ábra: A klororespiráció lehetséges útja (Nixon, 2000)

Méréseim alapján kijelenthetem, hogy sikerült módszert fejlesztenem és tudományos magyarázatot adnom az alsó oxigénküszöb értékének meghatározásához. Az általam kidolgozott új mérési módszer eredményeit alapul véve kijelenthetem, hogy a vizsgált kajszifajták alsó oxigénküszöb értéke 1,1-1,2 tf% oxigénszintre tehető. Ezen az oxigénszinten kezd az addig állandóra beállt fotoszintetikus aktivitás értéke hirtelen megváltozni, vagyis az F_o érték növekedni és az F_v/F_m érték csökkenni. A fotoszintetikus aktivitás változása egyértelmű kapcsolatban van az oxigénszint változásával és jól jellemezhető a klororespiráció folyamatával. A klororespiráció folyamata bizonyítéka annak, hogy a sejtközötti járatokban az oxigén tenziója csökkenni kezd, már pedig ismert, ha az oxigén koncentráció csökken akkor a légzési folyamatok is anaerob útra terelődnek. Az eredmények pontosabb meghatározásában az első derivált függvény is segítséget nyújthat, hiszen az alsó oxigénküszöb pontja a mért fotoszintetikus aktivitási adatokra illesztett görbe meredekségének első változásánál található.

5. 4. Gázkromatográfias mérések

5. 4. 1. Előkísérletek az SPME mintavételezési technika alkalmazhatóságára.

A posztharvest területen még alig alkalmazott SPME mintavételi technika alkalmazásához számos előkísérlet végrehajtására volt szükség (4.5.1. fejezet alapján), melyek eredményeit az alábbiakban közlöm.

5. 4. 1. 1. SPME szálak telítési kinetikájának vizsgálata

Az SPME szálak telítési kinetikája irodalmi adatokból már jól ismert (Pawliszyn, 1997, Somenath, 2003) A teljes telítődéshez szükséges idő 18-20 perc zárt légtérben. Az általam alkalmazott mintavételi rendszerből mért kromatogramok alapján megállapítható, hogy jelen rendszerben is elegendő a 20 perces mintavétel. A 25 perces mintavétel során mennyiségét tekintve nem sikerült több vegyületet detektálni viszont a 15 perces mintavétel esetén a detektált komponensek száma és mennyisége elmaradt a két másik méréshez képest.

5. 4. 1. 2. Az áramlási sebesség hatása az adszorpció tulajdonára

Az általam alkalmazott elrendezésben a mintázásra áramoltatott levegőben került sor. Megállapítottam, hogy nincs összefüggés az áramlási sebességek és a csúcsintenzitások között 20 perces mintázási időt alkalmazva

5. 4. 1. 3. Kísérletek a mérések kvantitatívvá tételére

A kvantitatív eredmények megadásához elengedhetetlen, a mintákhoz ismert mennyiségű belső standard adagolása. Így a gőztérből mért standard-csúcs területe kvantitatív információt adhat a mintakomponensek koncentrációját illetően. Kezdetben nC14 alkán belső standardot használtam, mely 10,62 perc retenciós időnél jelenik meg a kromatogramon. Mérési eredményeim azonban azt mutatták, hogy ez a jelzőanyag zavarólag hathat az illékony tartományban jelentkező mintakomponensek értékelésénél. Ennek érdekében olyan oldószert kellett választanom belső standardnak, ami relatíve kis detektorjelet ad és nem zavarja az illékony tartományban megjelenő komponensek elúcióját. A legjobb oldószernek az igen apoláros tulajdonságú szén-diszulfid bizonyult, amellyel az nC17-et tízszeres térfogatra hígítottam.

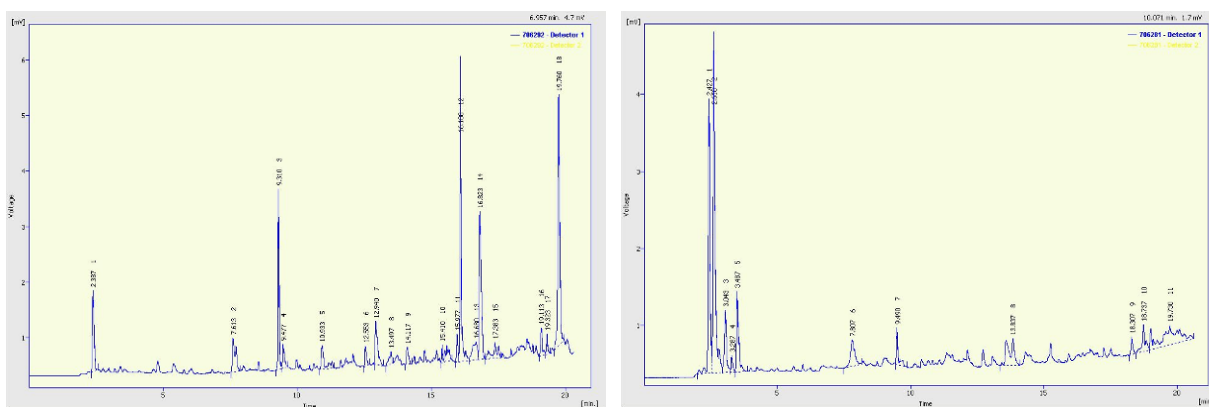
5. 4. 1. 4. Ismételhetőség megállapítása

A kísérlet célja az volt, hogy megállapítsam, mekkora hibát okoz az eredményekben, ha egy és ugyanazon SPME szállal végzek négy párhuzamos mérést, illetve ha ugyanazon jellemzők mérését négy teljesen különböző szállal hajtom végre. A 4 különböző szállal történt mérés belső standardra (nC17) vetített szórása ($\pm 44,0$ sd%) négyszerese volt az egyetlen szállal elért szórásoknak ($\pm 10,7$ sd%). Ez egyértelműen azt mutatja, hogy a több különböző szállal történő mintavétel belső standard alkalmazása nélkül nagy rendszeres hibát okozhat. Tehát a

gyakorlat szempontjából érdemes a párhuzamos mérésekhez egy adott szálát vagy legalább azonos korú illetve „előéletű” szálát alkalmazni.

5. 4. 1. 5. Előkísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására

Kísérletem célja az volt, hogy megvizsgáljam milyen aromaterképet kapok két különböző oxigénszinten, 24 órán át, szobahőmérsékleten tárolt kajszi esetén az előkísérletek alapján kialakított mintavételezés alkalmazásával. Az eredmények a 49. ábrán láthatóak.



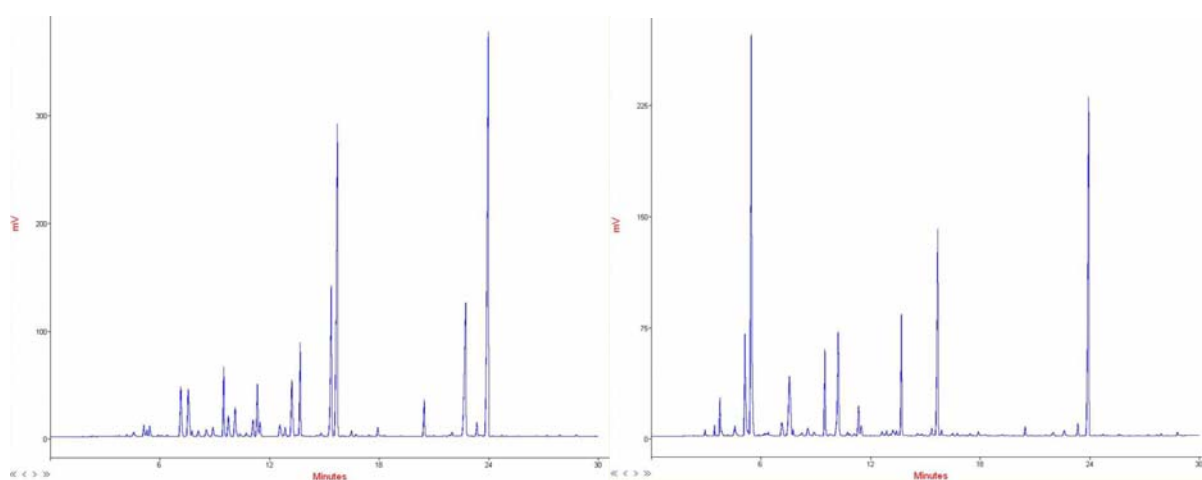
49. ábra: Normál (balra) és ULO (jobbra) környezetben tárolt kajszi minták kromatogramja.

Az ULO környezetben tárolt kajszi gázkromatogramján 2 főkomponens jelent meg (kováts-index számítás alapján), az Etil-acetát (2,43 min) és az Etanol (2,61 min), melyek az anaerob légzésből származó melléktermékek. A normál körülmények között tárolt kajszi esetén nagyobb csúcsokat más helyen, főleg a spektrum második felében mértem, anaerob melléktermékeket nem detektáltam.

5. 4. 2. Kísérletek az alsó oxigénküszöb értékének meghatározására.

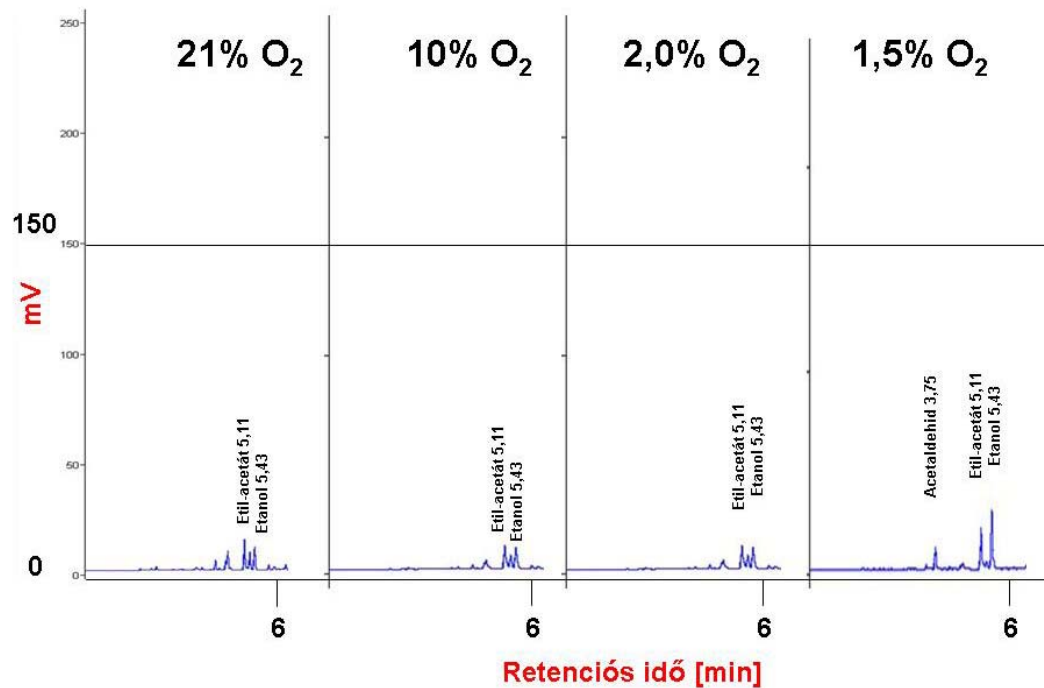
A szabályozott légterű tárolás során az alacsony oxigénszint által kiváltott károsodásoknak korai és pontos előrejelzése fontos kihívás a szüret utáni folyamatokat vizsgáló tudományterületen fejlesztést végzők számára. E folyamatok tanulmányozása hagyományosan a termények íz- és illatanyagainak mérésével, érzékszervi minősítésekkel történik. Ezek a technológiák általában időigényesek, roncsolással járnak és költséges módszerek. Egy roncsolásmentes, gyors és megfelelően objektív eljárás kifejlesztése elősegítheti az alacsony oxigénszint által okozott nemkívánatos hatások megértését és elkerülését. A fejlesztés elsődleges célja az

volt, hogy megvizsgáljam, milyen illékony vegyületek keletkeznek a különböző légtérben tárolt kajszi minták esetében és meghatározom egyes gyümölcsök alacsony oxigénküszöb értékét jellemező metabolit komponenseket. Mint azt az előkísérletekben bizonyítottam, az anaerob légzésből származtatható melléktermékek mérhetőek az SPME módszer alkalmazásával. Meghatározásukhoz jelen módszer esetén nem a kovács-index féle számítást, hanem törzsoldatok mintázás alapján való azonosítását választottam, melynél a kapott retenciós idők a következők voltak: Acetaldehid: 3,75 perc; Etil-acetát: 5,11 perc; Etanol: 5,43 perc. A kajszi minták vizsgálata során ezekhez a retenciós időkhöz tartozó vegyületcsúcsokat kerestem a kromatogramokon. Az 50. ábrán az előkísérletek alapján kialakított új mérési elrendezésből (4.5.2. alfejezet) vett, normál légtérben (21 tf% O₂) és ULO környezetben (0,6 tf% O₂) vizsgált 'Gönci magyar kajszi' kromatogramjai láthatóak.

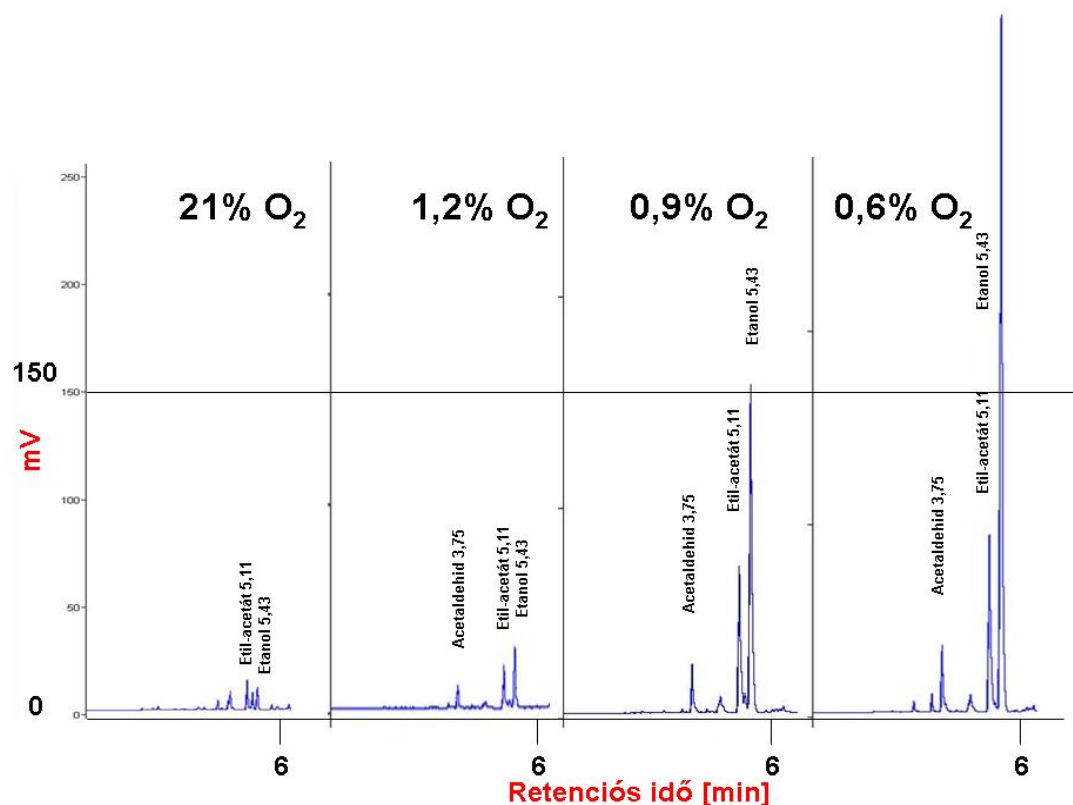


50. ábra: Normál (balra) és ULO (jobbra) térben vizsgált 'Gönci magyar kajszi' kromatogramja.

Ahogy az az 50. ábrán is látható a két kromatogramm első hat percét tekintve szembetűnő a különbség. Mint a mintaoldatok vizsgálata során kiderült a számomra fontos, anaerob anyagcseretemek retenciós ideje is az első hat percen belül található. Ezért a következő két ábrán (51. és 52. ábra) az egyes légtérösszetételekhez tartozó kromatogramok első hat percét emeltem ki.



51. ábra: 'Gönci magyar kajszi' kromatogramjai 21; 10; 2,0 és 1,5 tf% O₂ tartalommal



52. ábra: 'Gönci magyar kajszi' kromatogramjai 21; 1,2; 0,9 és 0,6 tf% O₂ tartalommal

Az 51. és 52. ábrák alapján megállapítható, hogy az oxigénszint 1,2 tf%-ra való csökkentése nem okozott jelentős mértékű növekedést egyik vizsgált komponens tekintetében sem. Megfigyelhető azonban, hogy 0,9 tf% oxigéntartalmú térben az Etilalkohol, az Etil-acetát és az Acetaldehid mennyisége is számottevően, közel egy nagyságrenddel nőtt. A 9. táblázatban

láthatóak az egyes fajtákhoz és légtérösszetételekhez tartozó 3 párhuzamos mérést követően kapott kromatogramok kiértékelése során nyert csúcsok alatti területek nagyságának átlagai és a hozzájuk tartozó szórások.

9. táblázat: A vizsgált kajszifajták vizsgálata során kapott kromatogramok alapján azonosított vegyületek csúcsterületeinek átlagos nagysága és szórása

'Ceglédi- biborkajszí'	Csúcsterületek nagyságának átlaga és szórása						
	21 tf% O ₂	10 tf% O ₂	2,0 tf% O ₂	1,5 tf% O ₂	1,2 tf% O ₂	0,9 tf% O ₂	0,6 tf% O ₂
Acetaldehid	2,41±0,58	2,67±0,53	2,97±0,51	3,75±0,69	4,49±0,66	37,84±1,75	67,64±3,44
Etil-acetát	31,29±4,25	32,16±1,70	34,54±2,00	44,27±4,25	51,34±1,95	134,75±10,16	179,14±10,45
Etanol	35,41±2,09	34,85±2,01	32,13±3,96	49,45±5,16	51,31±3,15	465,97±32,42	987,21±64,08

'Gönci magyar'	Csúcsterületek nagyságának átlaga és szórása						
	21 tf% O ₂	10 tf% O ₂	2,0 tf% O ₂	1,5 tf% O ₂	1,2 tf% O ₂	0,9 tf% O ₂	0,6 tf% O ₂
Acetaldehid	2,25±0,17	2,01±0,28	2,36±0,58	4,28±0,64	4,16±0,66	41,68±4,06	72,16±8,05
Etil-acetát	33,91±3,87	36,42±5,47	33,47±4,89	45,24±7,75	49,38±5,30	155,44±13,22	194,06±12,12
Etanol	31,25±2,02	33,83±3,84	42,94±4,25	52,58±5,17	58,35±6,08	513,62±44,61	1152,1±89,04

'Pannónia'	Csúcsterületek nagyságának átlaga és szórása						
	21 tf% O ₂	10 tf% O ₂	2,0 tf% O ₂	1,5 tf% O ₂	1,2 tf% O ₂	0,9 tf% O ₂	0,6 tf% O ₂
Acetaldehid	2,84±0,60	2,46±0,23	2,76±0,62	3,01±0,35	3,46±0,43	52,15±3,68	84,65±6,78
Etil-acetát	29,41±2,04	31,44±3,33	31,67±5,21	37,46±4,43	39,91±3,24	187,34±10,46	275,15±20,10
Etanol	33,15±2,24	33,76±5,30	36,45±6,04	37,15±4,35	43,81±5,85	622,12±47,42	1375,4±83,04

A 9. táblázat adatait vizsgálva megfigyelhető, hogy az oxigén koncentráció csökkentésével a vizsgált komponensek mennyisége nő. Azonban érdemes megfigyelni a növekedés mértékét is, mely az 1,2 tf% és a 0,9 tf% oxigénkoncentráció közötti egy nagyságrendnyi változás szignifikáns mindhárom vizsgált kajszifajta esetén ($\alpha=0,05$ ANOVA, Tukey-teszt). Igaz az SPME mintavételi technika precíz és pontos mennyiségi meghatározásra még nem alkalmas, azonban összehasonlító elemzésre megfelelő lehet, ha a vizsgálatok és a mintavételezés során betartunk pár alapkövetelményt. Fontos, hogy azonos nagyságú térből, azonos hőmérsékleten tárolt, azonos mennyiségű ép, sérülésmentes gyümölcs feletti légtérből történjen a mintavételezés. Nem elhanyagolható az sem, hogy a vizsgált térben a számunkra fontos és keresendő vegyületek véletlenül se fordulhassanak elő szennyező anyagként, és az is lényegesnek mondható, hogy a mintavételhez használt SPME szálak azonos korúak és előéletűek legyenek, de még jobb, ha egy azon szállal történik a mintavétel.

Ahhoz, hogy a mért eredményeket az anaerob légzéssel kapcsolatba hozhassam érdemes egy kicsit visszatekinteni a 2.8.1 fejezet 5. ábráján már bemutatott anaerob légzés anyagcseretermékeit bemutató modellre. Az ábrára pillantva felmerülhet a kérdés, hogy miért az Acetaldehid és az Etanol azok az anyagcseretermékek, melyek jellemzik az anaerob légzést, és miért nem a tejsav.

A kérdésre Davies és munkatársai (1974) valamint Roberts és munkatársai (1984a, 1984b) adtak először választ, emiatt a szakirodalomban az ő elméletük Davies-Roberts hipotézisként ismert. Feltételezésük szerint a növények anaerob légzése során a laktóz keletkezése minimális és a folyamat inkább az etanol akkumuláció irányába tolódik. A glikolízis során keletkező NADH a laktáz-dehidrogenáz (LDH) enzim által valóban oxidálódik, miközben laktóz ténylegesen keletkezik. Azonban a keletkezett laktóz folyamatosan csökkenti a citoplazma pH-ját, mely gátló hatással van az LDH működésére és így a lebontó folyamat az etanol termelés irányába terelődik. Ráadásul a csökkenő pH a piruvát-dekarboxiláz (PDC) enzim működésére is serkentő hatással van. Ez az önszabályzó folyamat vezet oda, hogy a növényi szervezetekben az anaerob légzés jellemzően az acetaldehid és etanol akkumuláció irányába tolódik el, így védve meg a citoplazmát a túlzott elsavasodástól.

A Davies-Roberts hipotézis tehát az alapja annak, hogy kijelenthessem, hogy az általam vizsgált körülmények között keletkező etanol és acetaldehid valóban az anaerob anyagcsere során termelődött. Méréseim eredménye alapján megállapítható, hogy az általam vizsgált 'Gönci magyar kajszi', 'Ceglédi bíborkajszi' és 'Pannónia' kajszi alsó oxigénküszöb értéke 0,9 tf% oxigéntartalom felett, de 1,2 tf% oxigénszint alatt található.

Ezen eredményeket a klorofill fluoreszcenciás mérések során tett megállapítás is megerősíti, hiszen azon méréseknél az általam meghatározott alsó oxigénküszöb 1,1-1,2 tf% oxigénkoncentráció volt és igazolható a légzésintenzitás oxigénfüggése során mért eredményekkel is. Az általam kidolgozott mérési módszer tehát alkalmas az alacsony oxigénszint által okozott anaerob légzésből származó illékony vegyületek gőztérből való kimutatására.

5. 4. 3. Tömegspektrometria alkalmazása romlási folyamatok vizsgálatára

A friss termények minőségi jellemzőinek romlása komoly gazdasági veszteséget jelent. A termelő, a kereskedő, illetve a fogyasztó számára elsődleges a megjelenés, az állomány, az íz és az illat, valamint a tápérték (Kader, 1985). Azonban érdemes figyelembe venni, hogy a mikrobiológiai eredetű romlás nem csak gazdasági veszteséget okoz, hanem élelmiszerbiztonsági szempontból is kockázatot jelent. A mikroorganizmusok okozta fertőzésekkel és romlással szembeni védekezésre a termesztés és a tárolás során különböző eszközök, eljárások állnak rendelkezésre. Ezek közül nagyon elterjedt a különböző kémiai vegyszerek alkalmazása. Ezekkel szemben azonban mind fogyasztói, mind tudományos téren komoly aggályok léptek fel (Brückner, 2005).

A szabályozott légterű tárolás képes visszaszorítani a mikrobiológiai romlás mértékét (Kader, 1984; Sáray 2002), azonban teljes gátlásra nincs lehetőség, ugyanis a tárolóterem légtömör kialakítása és zárása lehetetlenné teszi a romlási folyamatok nyomonkövetését. Módszerfejlesztésem során olyan mintavételi rendszer kialakítását tűztem ki célul, mellyel lehetőség nyílik a tárolóterem légteréből vett minta analizálása alapján következtetést levonni a mikrobiológiai eredetű romlási folyamatok beindulásáról. A módszer leírását a 4.5.3. alfejezetben részletelem.

5. 4. 3. 1. Mikrobiológiai vizsgálatok eredményei

A mezofil aerob élőcsíraszám eredményeit feldolgozva a telepképző egységek számát ($\lg N/g$) a 10. táblázatban foglaltam össze.

10. táblázat: Mezofil aerob élőcsíraszám alakulása normál és SZL tárolás során

	Normál légter [lg N /g]	SZL tárolás [lg N /g]
Betárolás		3,36
14. nap tárolt	3,60	3,43
28. nap tárolt	5,66	4,79
28. nap + 3 nap shelf-life	6,37	5,90

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a mezofil aerob összes élőcsíraszám tekintetében a szabályozott légterű (1,1 tf^o% O₂, 5 tf^o% CO₂) tárolás késleltette a mikrobiológiai eredetű romlás kialakulását. Mivel a tapasztalatok és a szakirodalmi források is az „összes” mikróbaszám tekintetében elsősorban a romlási folyamatokat az élesztő- és penészgombák számának növekedésének tulajdonítja, ezért a 11. táblázatban ezek eredményeit tüntetem fel.

11. táblázat: Élesztő és penészs szám alakulása normál és SZL tárolás során

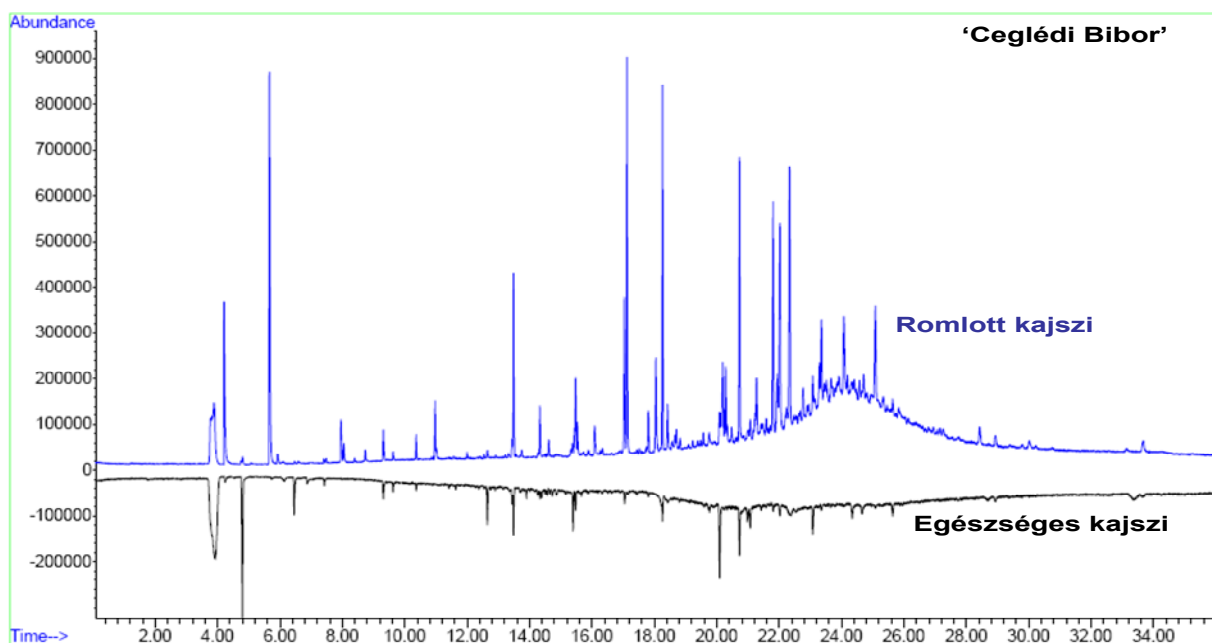
	Normál légter [lg N /g]	SZL tárolás [lg N /g]
Betárolás	2,26 élesztő + penész	1,7 penész
14. nap tárolt	2,72 élesztő + penész 1,9 penész	2,38 élesztő + penész 1,85 penész
28. nap tárolt	4,07 élesztő + penész 2,85 penész	3,18 élesztő + penész 2,05 penész
28. nap + 3 nap shelf-life	6,13 élesztő + penész 6,11 penész	5,19 élesztő + penész 4,30 penész

Látható, hogy a normál légterű hűtőtároláshoz képest az élesztő és penész-szám összességét figyelembe véve a szabályozott légterű tárolás során kisebb lgN/g értékeket kaptam. A 28 napig tárolt mintáknál és az azt követő polcontartás után is közel egy nagyságrenddel kisebb volt az élesztő és penészs szám. Ha csak a penészfonalak növekedését vizsgáljuk szintén jól látható a táblázat adataiból a szabályozott légterű tárolás gátló hatása, mely a polcontartást követően is kimutatható volt.

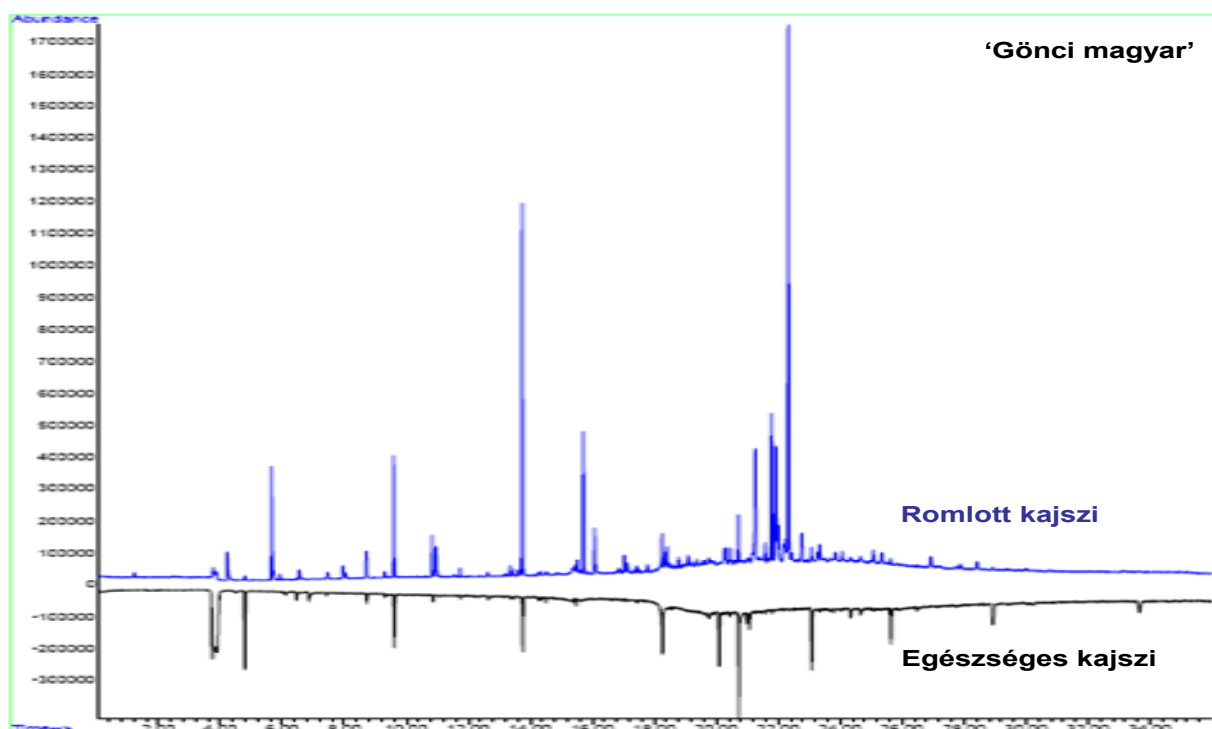
A Petri csészékről izolált penésztelepek között legnagyobb számban a '*Monilia*' faj előfordulása figyelhető meg. Mint ismeretes a legjelentősebb piaci romlást okozó a '*Monilia laxa*' fajt tarthatjuk, amely a '*Monilia*' nemzetség jellegzetes képviselőjeként a kajszi baracknál a barna rothadást idézi elő. A kísérleti baracktárolás során is ez a faj volt a leggyakoribb előfordulású a penészes romlás okozójaként, mind a normál mind pedig a szabályozott légterű tárolóban egyaránt. A barna rothadás (Moníliás rothadás) jellegzetes tünete korai stádiumban a gyümölcsökön kialakuló vizes, barna foltosodás. 24 óra elteltével, szobahőmérsékleten ez a folyamat felgyorsul, a foltok barna színe a konídiumképzés miatt mélyül, a gyümölcshúsban is beljebb terjedve az egész barack 3-4 napon belül elrothad (Hall és Scott, 1977). A hűtőtárolás során a Moníliás romlás mellett más penészgomba fajok telepei is megjelenhetnek, többek között '*Alternaria*' és '*Bothrytis*' fajok (Fourie és Holtz, 1985). Ezek a leggyakoribb szabadföldi és raktári penészek a '*Monilia*' mellett. Az általam vizsgált mintákban az '*Alternaria alternata*' és '*Bothrytis cinerea*' fajokat izoláltam, utóbbit főként a 4. hetet követően. A kékpenészes rothadást elsősorban más csonthéjasoknál, főleg cseresznye és szilva esetén említik. (Ryal és Pentzer, 1982), azonban más hűtőtárolt gyümölcsöknél is előfordulhat ezen '*Penicillium*' nemzetség által okozott romlás, melyet a '*Penicillium expansum*' faj okoz. Kísérleti kamráim barackmintáiról is izolálható volt '*Penicillium expansum*'. Az '*Aureobasidium pullulans*' nevű, élesztőszerűen is szaporodó penészgomba jelenléte (fekete élesztő) gyakori gyümölcsöknél (Domsch et al., 1980) A '*Monilia laxa*' után ez volt a leggyakoribb faj a vizsgált mintáimban.

5. 4. 3. 2. Tömegspekrometriás vizsgálatok eredményei

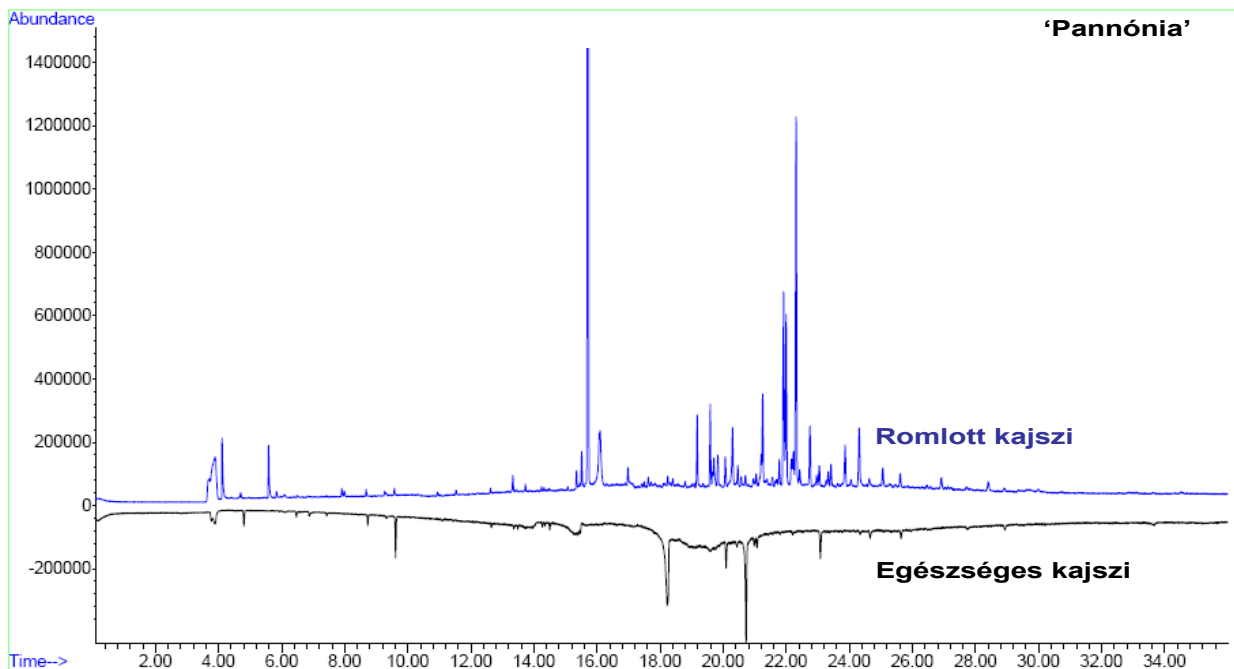
A tároló légterében megjelenő, egy-egy jellemző, romlást okozó mikroorganizmus által termelt illó komponensek detektálása utalhat a romlási jelenség megjelenésére, előrehaladásának mértékére. Munkám során egészséges és a hűvetárolás során romlásnak indult kajszli csoportokat vizsgáltam. A mérések során kapott teljes ionáram kromatogramokat (TIC) a következő ábrákon tekinthetik meg (53-55. ábrák)



53. ábra: Egészséges és romlott 'Ceglédi biborkajszli' teljes ionáram kromatogramjai



54. ábra: Egészséges és romlott 'Gönci magyar kajszli' teljes ionáram kromatogramjai



55. ábra: Egészséges és romlott 'Pannónia' kajszí teljes ionáram kromatogramjai

A kromatogramok kiértékelése során azokat a vegyületeket kerestem, melyek nagy megbízhatósággal (90% felett) azonosíthatók a romlott mintákban, míg az egészséges mintákból, jelen mintavételezési technika alkalmazása mellett nem tudtam kimutatni. Ezen vegyületek listáját a 12. táblázatban foglaltam össze.

12. táblázat: A mikrobiológiailag fertőzött kajszikat tartalmazó mintákból, nagy biztonsággal azonosított vegyületek, melyek az egészséges kajszí mintákban nem voltak detektálhatóak.

Retenciós idő:	Spektrumkönyvtár megnevezés:	CAS szám:
4.21	Etil-alkohol	000064-17-5
5.65	Etil-acetát	000141-78-6
7,91	3-metil-1-butanol	000123-51-3
17,81	Etil-propionát	000105-37-3
22.01	alfa-Farnezán	000502-61-4
22,33	alfa-Muuroolén	010208-80-7

Az Etil-alkohol a romlási folyamatok során általánosan keletkező melléktermék, melynek mennyisége a sejtkárosodás miatti szétesett szövetállomány anaerob légzésének következményeként növekedhetett fokozva a kajszira amúgy is jellemző Etil-acetát mennyiségét is. A 3-metil-1-butanol és Etil-propionát vegyületek a kajszira, míg az alfa-Farnesán és az alfa-Murolén (mely Naftalén néven is ismert) számos gyümölcsre jellemző szeszkviterpének. Sikerült a módszerrel azonban számos kajszira jellemző aromakomponenst (Majoros et al, 2004; Háger-Veres, 2005; Belitz-Grosch-Schieberle, 2004) is detektálnom. Ezen vegyületek az ép és romlott kajszi mintákban is előfordultak: 5-Hexildihidro-2(3H)-Furanon (CAS 000706-14-9); Hexil-acetát (CAS 000142-92-7), 1-hexanol (CAS 000111-27-3), 1-butanol (CAS 000071-36-3), Etil-oktanoát (CAS 000106-32-1), 2-Metil- vajsav (CAS 000116-53-0).

Matysik és munkatársai (2009) DG 18 agarokat többek között '*Penicillium expansum*' fajjal oltottak be, majd GC-MS technikával megvizsgálták az élesztő által termelt aromakomponenseket. Eredményeik közt számos olyan vegyületet detektáltak, melyeket nekem is sikerült kajsziban kimutatnom. Érdekes, hogy az általuk kialakított mintavétel során is számos olyan aromakomponens termelődött, mely egyes gyümölcsökben, így a kajsziban is az aromajellel meghatározói. Kutatásuk rávilágított, hogy a termelődő, kajszinak tulajdonított aromakomponensek, melyeket a romlott egyedek légtéréből mértem, származhatnak a mikroorganizmusok agyagcseréjéből is. Többek között ilyen vegyületek az Etil-acetát, 3-methyl-1-butanol és az Etil-propionát is, melyeket Matysik is kimutatott 2009-es közleményében DG 18 agarra oltott és a mintámban is fellelhető '*Penicillium expansum*' feletti gőztérből.

5. 5. Tárolhatósági vizsgálatok

5. 5. 1. A növelt CO₂ alkalmazásának hatása kajszi tárolása során.

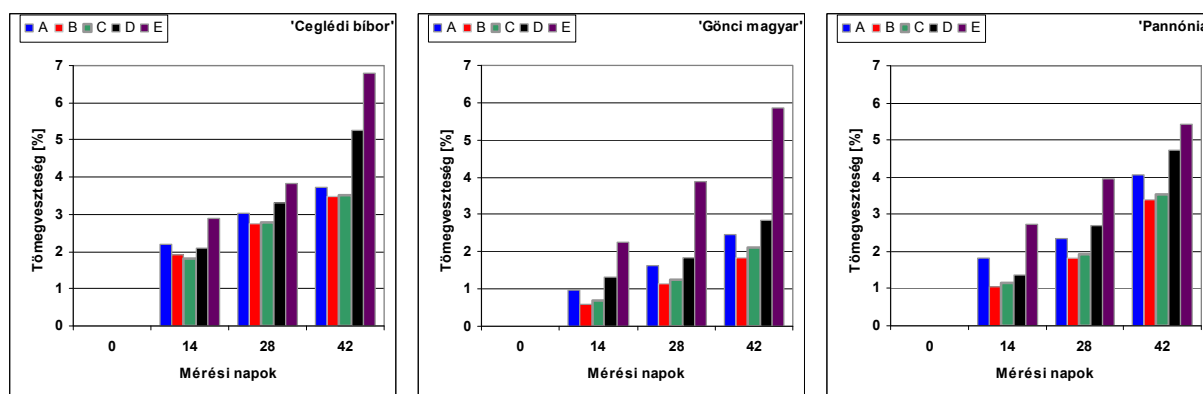
Az első kísérleti évben a CO₂ hatását vizsgáltam a szabályozott légtérű tárolás során. Az eredmények ábrázolása során a 4. táblázatban szereplő jelöléseket és színeket alkalmaztam, de a könnyebb értelmezhetőség kedvéért most újra bemutatnám (13. táblázat). A vizsgálati módszereket a 4.6. fejezetben ismertettem.

13. táblázat: Alkalmazott légtérösszetételek az első vizsgálati évben

A)	1,5 tf% O ₂	8 tf% CO ₂
B)	1,5 tf% O ₂	5 tf% CO ₂
C)	1,5 tf% O ₂	3 tf% CO ₂
D)	1,5 tf% O ₂	1 tf% CO ₂
E)	21 tf% O ₂	0,03 tf% CO ₂

5. 5. 1. 1. Tömegveszteség mérés eredményei – 1. vizsgálati év

A tömegveszteség alakulásának eredményei az 56. ábrán láthatóak %-os értékben.

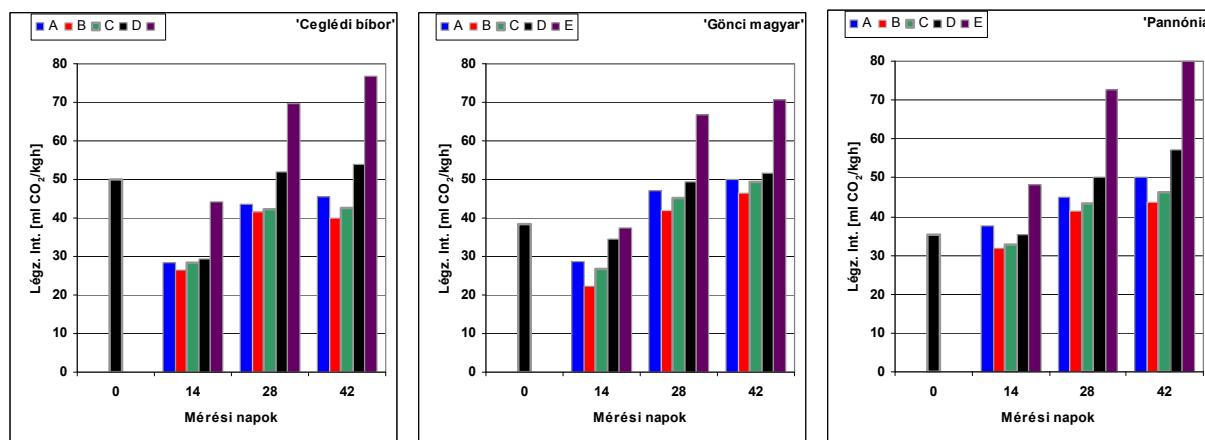


56. ábra: Tömegveszteség alakulása a tárolás során

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a szabályozott légtér alkalmazása minden vizsgált fajta esetén csökkentette a transzspirációs veszteséget. A legalacsonyabb értékeket az 5 tf%-os és a 3 tf%-os CO₂ tartalmú légtér esetén kaptam. A normál körülmények között tárolt kajszi tömegvesztesége a kísérlet végére meghaladta az 5%-ot. A szabályozott légtérben tárolt kajszi közül a 'Gönci magyar kajszi' tömegvesztesége volt a legalacsonyabb, azonban érdemes megfigyelni, hogy ennél a fajtánál volt a legnagyobb különbség a normál és a szabályozott légtér eredményei között. Az utolsó mérési alkalomra sajnos a normál légtérben tárolt kajszi külső megjelenése, áruértéke nagy mértékben romlott, mely a tömegveszteség alakulásában és később a többi jellemző vizsgálata során is megmutatkozott.

5. 5. 1. 2. Légzésintenzitás mérés eredményei - 1. vizsgálati év

A gyümölcsök légzésintenzitásának alakulását a tárolás során az 57. ábra szemlélteti.

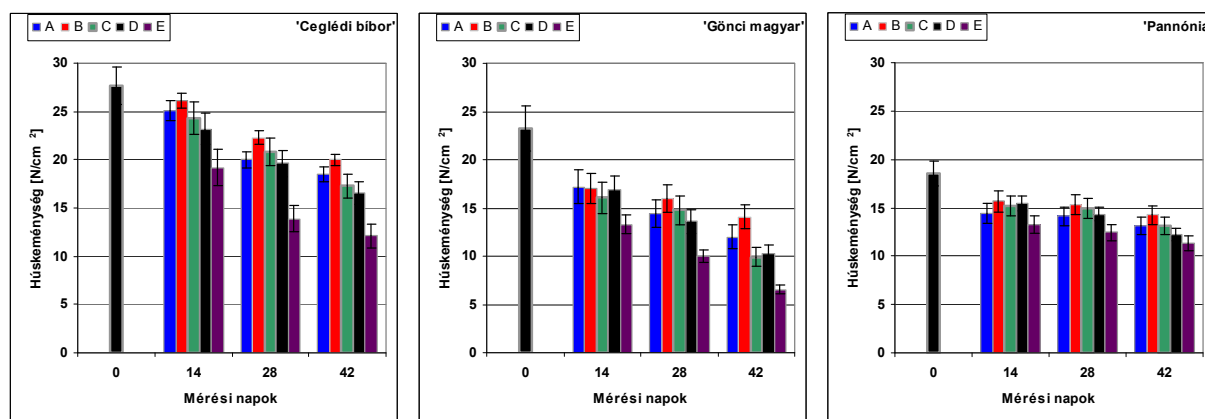


57. ábra: Légzésintenzitás alakulása a tárolás során

A légzésintenzitás minden fajtánál az első vizsgálati alkalommal alacsonyabb volt a kezdetinél, mely a gyümölcs klimaktérikus légzési jellegére utal. A szabályozott légtér alkalmazása kedvezően hatott, ezen gyümölcsök respirációja, alacsonyabb volt a normál körülmények között tároltakéhoz képest. A normál légköri viszonyok között tárolt kajszik a 4. héten közel kétszeres intenzitással lélegeztek, mely minden bizonnyal a felgyorsult lebontó anyagszere folyamatoknak köszönhető és kihatással volt a termék belső tulajdonságaira is melyet a későbbiekben ismertetnék. A légtérösszetételek hatását vizsgálva megállapítható, hogy jellemzően az 5 tf%-os CO₂ tartalmú tér volt legnagyobb mértékben gátló hatással a légzési folyamatokra.

5. 5. 1. 3. Húskeménység mérés eredményei - 1. vizsgálati év

A gyümölcsök húskeménységének változása a tárolás során az 58. ábra szerint alakult.

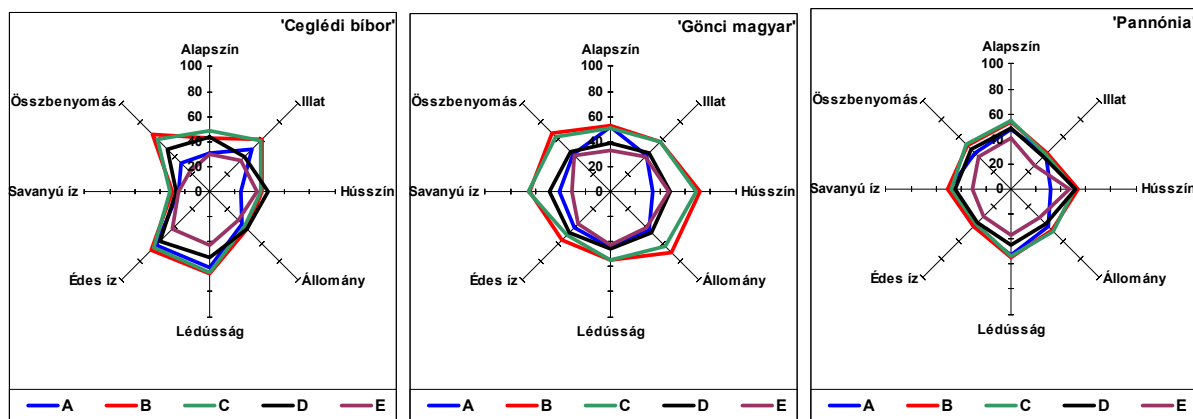


58. ábra: Húskeménység alakulása a tárolás során

A gyümölcs egyik legfontosabb tulajdonsága az állományának keménysége, így az érettségi állapot vizsgálatára is a legáltalánosabban alkalmazott módszer a húskeménység változásának mérése. A gyümölcsök húskeménysége az érés során jellemzően csökken, vagyis a gyümölcs puhul. A tárolás során elengedhetetlen a megfelelő gyümölcskeménység megőrzése, hisz a puhulás, a húskeménység csökkenése minőségrontó tényezők, ugyanakkor a kemény gyümölcshús lehetővé teszi azt is, hogy a későbbi fizikai igénybevételekkel szemben is ellenállóbbá tegye a gyümölcsöt. Az eredmények alapján ugyancsak kijelenthető a szabályozott légtér kedvező hatása. Szintén megfigyelhető minden fajtánál, hogy a normál légtérben tárolt gyümölcsök húskeménysége nagyobb mértékben csökkent, mint az SZL tároltaké. A legnagyobb betároláskori keménység értékkel a 'Ceglédi bíborkajszi', míg a legkisebbel a 'Pannónia' fajta rendelkezett. Az SZL környezetben tárolt gyümölcsök keménysége között szignifikáns különbség nem mutatkozott.

5. 5. 1. 4. Érzékszervi minősítés eredményei - 1. vizsgálati év

A 28. tárolási napon végzett érzékszervi bírálatok adatai az 59. ábrán láthatóak.



59. ábra: Érzékszervi minősítés eredményei

Az érzékszervi minősítés eredményeit vizsgálva megállapítható, hogy a bírálók kedvezően fogadták a szabályozott légtérben tárolt gyümölcsöket. A legmagasabb pontszámokat rendre a 3 tf^o és 5 tf^o CO₂ szinten tárolt gyümölcsök kapták, mely a 'Gönci magyar kajszi' esetén szignifikáns (95% szignifikancia szint) különbséget okozott a többi csoporthoz képest (illat, hússzín, állomány, lédúság, savanyú íz, összbenyomás). 'Ceglédi bíborkajszi' esetén az összbenyomás és az illat esetén mutattam ki szignifikáns (95%-os szinten) különbséget a 3 tf^o és az 5 tf^o CO₂ szinten tárolt gyümölcsök esetén, a többi csoporttal szemben. 'Pannónia' fajta esetén csak a kontroll csoport eredményeit tekintve találunk szignifikáns különbségeket, az egyes légtérösszetételek között nem volt. Érdeemes megfigyelni a hússzín minősítésének

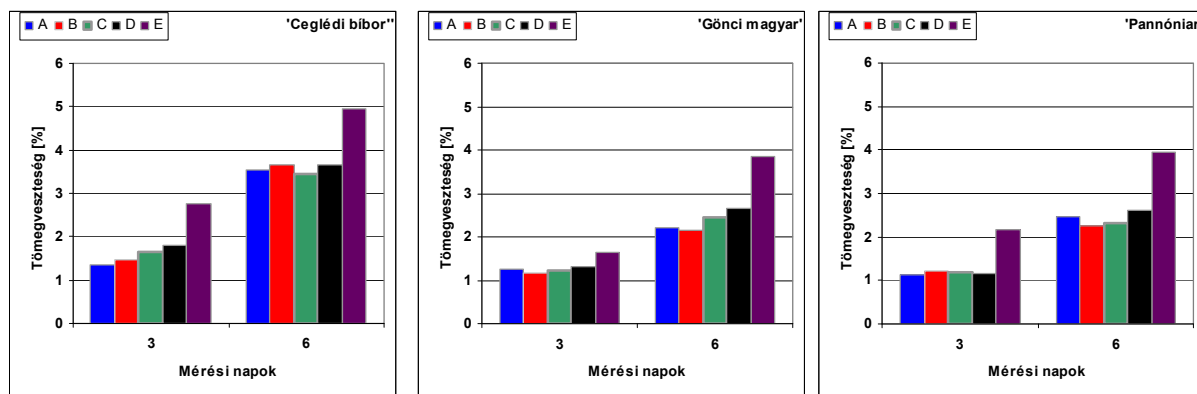
eredményeit. Mindhárom fajtánál a 8 tf%-os CO₂ térben tárolt egyedek kapták a legalacsonyabb pontszámot és rendre szignifikáns (95%-os szint) is volt a különbség a többi csoporthoz képest. A tárolás során készült fényképek is alátámasztják ezen eredményt, miszerint a magas CO₂ tartalmú tér a gyümölcs magház körüli húsbarnulását okozta (60. ábra).



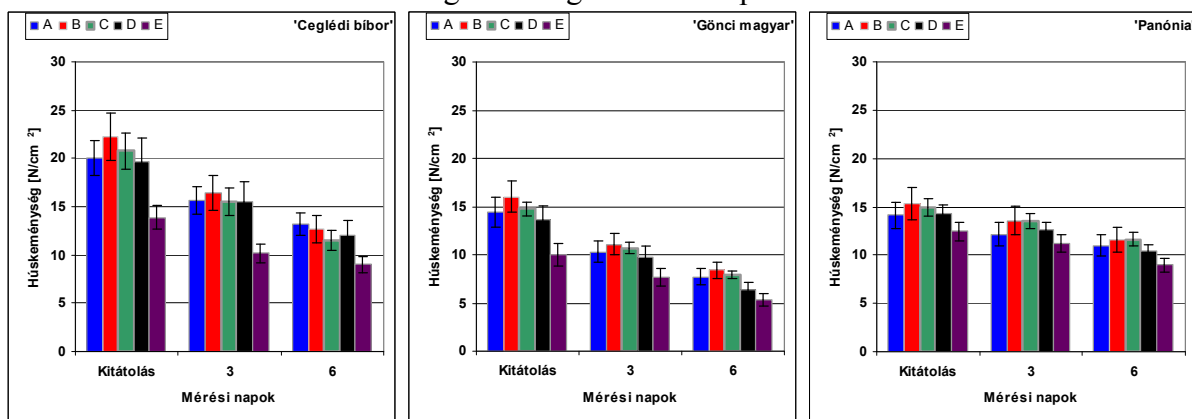
60. ábra: 8 tf% (bal) és 5 tf% (jobb) CO₂ térben tárolt kajszibelső húsbarnulása

5. 5. 1. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálat eredményei - 1. vizsgálati év

A polcon-tarthatósági vizsgálatok során a tömegvesztés és a húskeménység változását vizsgáltam a 28. tárolási napot követően. Ebben az időpontban a tárolt kajszik állapota már indokolta volna az értékesítés megkezdését, melyet a 42 napig tárolt gyümölcsök tárolási eredményei is alátámasztottak. A vizsgálat eredményeit a 61-62. ábrákon mutatom be.



61. ábra: A tömegvesztés alakulása a polcon-tartás során



62. ábra: A húskeménység alakulása a polcon-tartás során

Mindkét vizsgálat eredményei alátámasztják, hogy a szabályozott légtérben tárolt gyümölcsök esetén kedvezőbb eredményeket kapunk a polcon-tartás során is. A légtérösszetételek hatása sajnos nem különbözik szignifikánsan egymástól, de a kontroll csoportok adatai minden esetben elkülönülnek (szignifikancia szint: 95%). A legnagyobb veszteséggel mind tömeg, mind pedig húskeménység esetén a 'Ceglédi bíborkajszinál' számolhatunk, mely minden bizonnyal a fajta fokozottabb légzési aktivitásával magyarázható. Mind a tömegvesztés mind a húskeménység vizsgálat alapján megállapítható, hogy a kajszit a tárolást követően gyorsan értékesíteni vagy feldolgozni szükséges, mert értékes jellemzőit hamar elveszíti, ezért törekedni kell a 3-4 napon belüli felhasználásra, mely csak egy jól szervezett értékesítési lánc megvalósításával lehetséges.

5. 5. 1. 6. A növelt CO₂ hatása a kajszi tárolhatóságára

Az elvégzett mérések alapján kijelenthető, hogy a szabályozott légtér alkalmazásával hosszabb ideig megőrizhető a kajszi minősége, mint normál körülmények között. Javasolt a 28 napos tárolás alkalmazása, mivel az ennél hosszabb ideig történő tárolás egyre növekvő mikrobiológiai és minőségi hibákat eredményez, mely rontja az áruértéket. Az alkalmazott gázösszetételek közül egyedül a 8 tf%-os CO₂ koncentráció alkalmazása rejt komolyabb veszélyeket. Mind az érzékszervi vizsgálatok, mind pedig a tárolás során végzett szubjektív értékelések alapján megállapítható, hogy a magas szén-dioxid tartalmú (8 tf%) térben tárolt gyümölcsök fokozott hús-barnulási hajlamot mutattak, ezért alkalmazása kerülendő. Az 1 tf%, 3 tf% és 5 tf% szén-dioxid tartalmú tér eredményei között csak a bírálatok során sikerült szignifikáns különbségeket mutatni, a 3 tf% és az 5 tf% légterek javára. A legtöbb vizsgálat során is ezen két légtérösszetételen tárolt gyümölcsök őrizték meg legjobban áruértéküket, igaz ezt csak az adatok átlagát tekintve jelenthetjük ki, hiszen a mérések során tapasztalt nagy szórásértékek statisztikailag igazolt elkülönítésre nem adtak lehetőséget. Az első év kísérleti eredményei alapján az 1,5 tf% O₂ és 3-5 tf% CO₂ koncentráció alkalmazása javasolható.

5. 5. 2. Az alacsony O₂ szint alkalmazásának hatása kajszi tárolása során

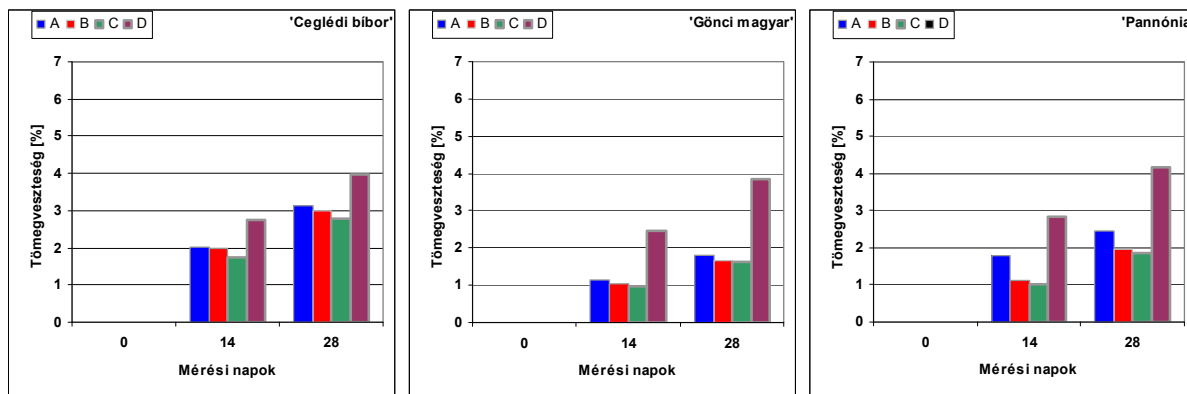
A kísérleti munka második évében a csökkentett O₂ szint hatását vizsgáltam a tárolás során, az általam meghatározott alsó oxigénküszöb értékek kísérleti alkalmazása céljából. Az alkalmazott légtérösszetételeket a 5. táblázatban már bemutattam, azonban a könnyebb érthetőség kedvéért a 14. táblázatban újra ismertetném. A mérési módszereket a 4.6. fejezetben ismertettem.

14. táblázat: Alkalmazott légtérösszetételek a második vizsgálati évben

A)	1,5 tf% O ₂	4 tf% CO ₂
B)	1,2 tf% O ₂	4 tf% CO ₂
C)	0,9 tf% O ₂	4 tf% CO ₂
D)	21 tf% O ₂	0,03 tf% CO ₂

5. 5. 2. 1. Tömegvesztés mérés eredményei – 2. vizsgálati év

A második évi kísérletek során mért tömegvesztés alakulásának eredményei a 63. ábrán láthatóak %-os értékben kifejezve.

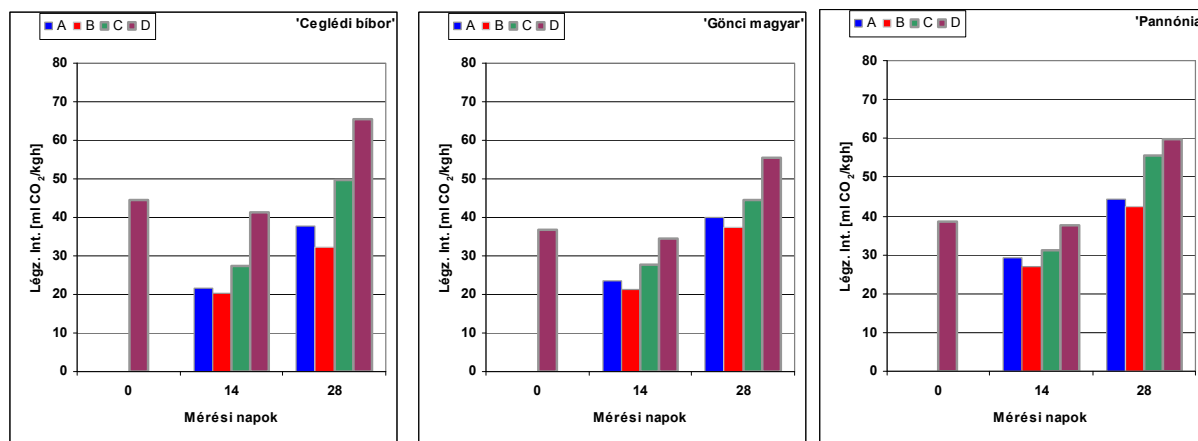


63. ábra: A tömegvesztés alakulása a második vizsgálati évben

A második vizsgálati év eredményei alapján is bizonyítható a szabályozott légtér kedvező hatása. Mindhárom légtérösszetétel alkalmazása csökkentette az apadási veszteségeket. A legnagyobb mértékben a 0,9 tf% oxigén tartalmú térben tárolt egyedeknél figyelhető meg a gátló hatás, míg az 1,5 tf%-os oxigéntartalmú térben rendre nagyobb veszteségeket kaptam. Az eredmények összevethetőek az előző tárolási év eredményeivel, évjárat hatást nem tapasztaltam a vizsgálat során. A fajták közül a legnagyobb transzspirációs veszteséget a 'Ceglédi bíorkajszi' esetén mértem, míg a legalacsonyabb értékeket a 'Gönci magyar kajszi' szolgáltatta.

5. 5. 2. 2. Légzésintenzitás mérés eredményei – 2. vizsgálati év

A gyümölcsök légzésintenzitásának 2. évi tárolása során mért változása a 64. ábrán tekinthető meg.



64. ábra: Légzésintenzitás alakulása a második vizsgálati évben

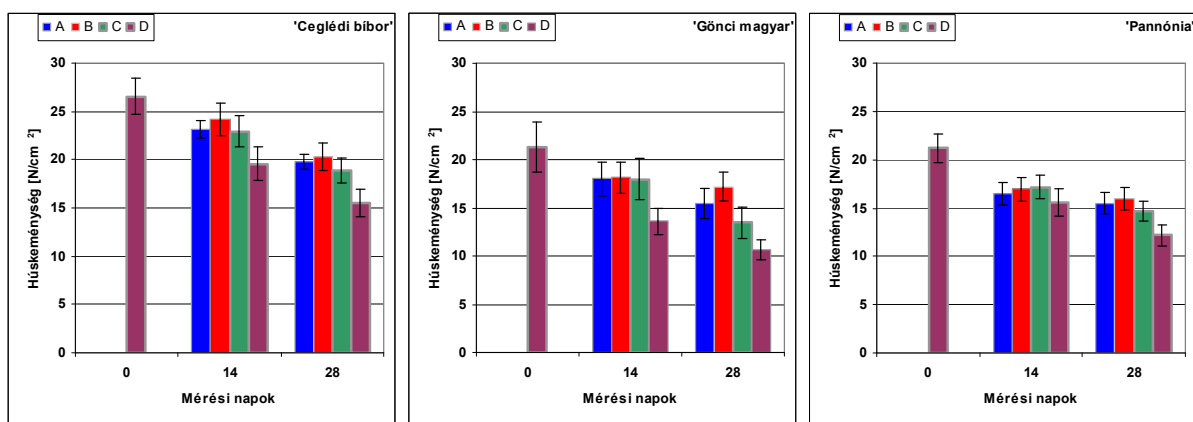
A légzésintenzitás alakulása a második tárolási évben is igazolja a termék klimaktérikus jellegét, hiszen a normál légtérben tárolt kajszik alacsonyabb intenzitás értéket produkáltak a 14. tárolási napra, a kiindulási értékhez képest. A szabályozott légtér alkalmazása kedvezően hatott mindhárom fajta esetén a vizsgált jellemzőre.

Érdeemes megfigyelni, hogy az 1,5 tf% oxigéntartalmú térben tárolt gyümölcsök respirációja rendre kisebb volt a jóval alacsonyabb, 0,9 tf%-os térben tárolt egyedekhez képest. Ez minden bizonnyal a Pasteur-effektussal magyarázható, melyről a 2.8.2. fejezetben már tettem említést és a 5.1.2. fejezetben igazoltam is. Megfigyelhető, hogy ezen alacsony oxigéntartalmú térben a légzésintenzitás a tárolási idő előrehaladtával egyre jobban közelít a normál légtérben tárolt kajszik légzésintenzitás értékeihez.

A legalacsonyabb intenzitás értékeket rendre az 1,2 tf% oxigéntartalmú térben tárolt kajszi mintákon mértem. A fajták között olyan jelentős különbség nem mutatkozott, amekkorát az első évben tapasztaltam. A legalacsonyabb respirációval a tárolás során a 'Gönci magyar kajszik' rendelkeztek.

5. 5. 2. 3. Húskeménység mérés eredményei – 2. vizsgálati év

A gyümölcsök húskeménységének változása a tárolás második évében a 65. ábra adatai szerint alakult.

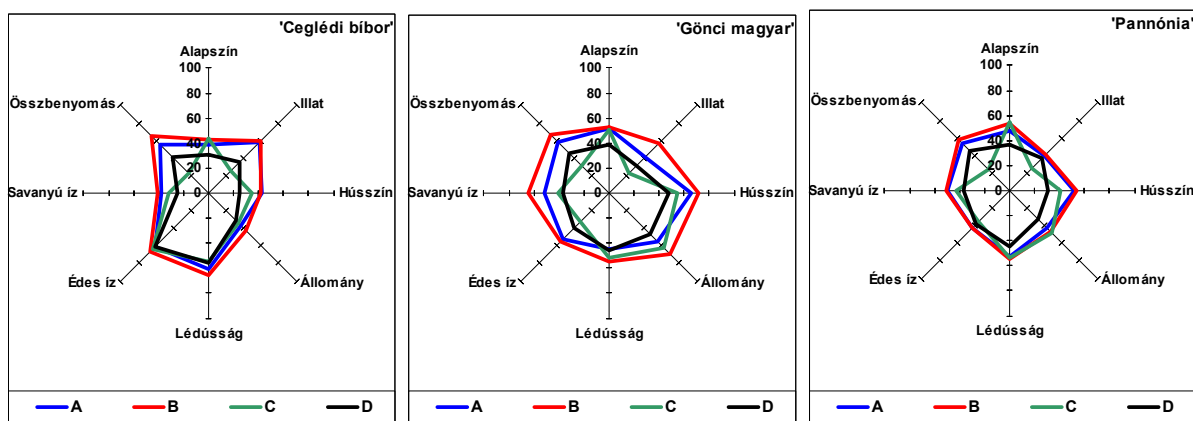


65. ábra: Húskeménység alakulása a tárolás második vizsgálati évében

A 65. ábra adatain látható, hogy a szabályozott légtérben tárolt kajszi húskeménysége a tárolás során rendre nagyobb volt a normál légtérhez képest, tehát jobban megőrizték állományukat. Az alkalmazott légtérösszetételek húskeménységre gyakorolt hatása között szignifikáns különbséget nem tapasztaltam, azonban az átlag értékeket vizsgálva jellemzően az 1,2 tf% oxigén tartalmú tér kedvezően hatott a vizsgált jellemzőre. Legnagyobb húskeménységgel a 'Ceglédi bíorkajszi' rendelkezett, míg a 'Gönci magyar kajszi' és a 'Pannónia' fajták húskeménység mérése során hasonló értékeket mértem.

5. 5. 2. 4. Érzékszervi minősítés eredményei – 2. vizsgálati év

A második vizsgálati év 28. tárolási napján végzett érzékszervi bírálatok eredményeit a 66. ábra szemlélteti.

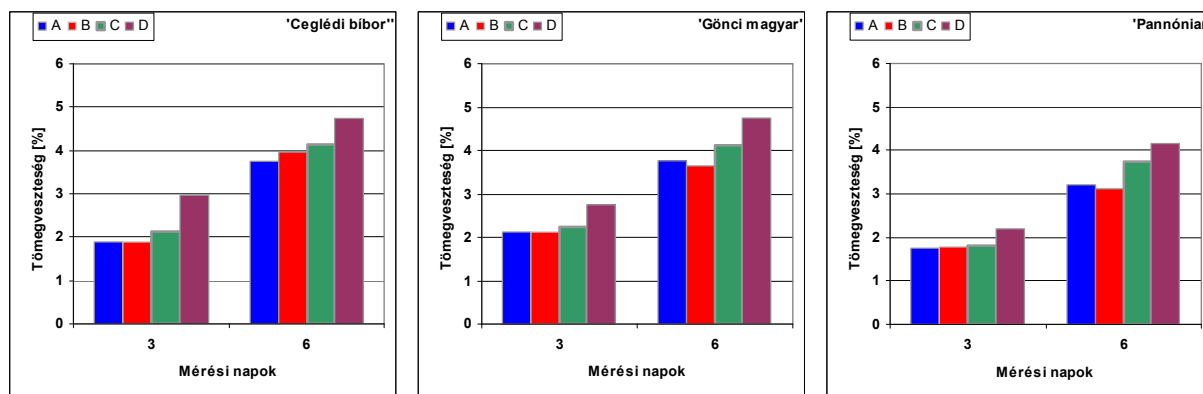


66. ábra: Érzékszervi minősítés eredményei a 2. vizsgálati évben

A vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a bírálók jellemzően az 1,2 tf% oxigén tartalmú térben tárolt gyümölcsöket részesítették előnyben. Az 1,5 tf% tartalmú térben tárolt egyedek is kedvező fogadtatást kaptak, szemben a 0,9 tf% és 21 tf% oxigén tartalmú terekben tárolt mintákhoz képest. Igen sok bíráló a megjegyzés rovatban említést tett az egyik csoport kellemetlen, diszharmonikus ízére és illatára, mely csoportról a kiértékelés során kiderült, hogy a 0,9 tf% oxigéntartalmú térben tároltat fedí. Az eredményeken is látható, hogy ez a légtérösszetétel igen alacsony pontszámot kapott szinte az összes áruértéket meghatározó paraméter kapcsán. A tapasztalt kellemetlen illat és íz minden bizonnyal az anaerob légzés anyagcseretermékeinek köszönhető, mely a műszeresen mért állományra kisebb mértékben hatott, de az érzékszervi vizsgálatoknál mégis szignifikáns különbséget mutatott (99%-os szint). Az édes- illetve savanyú íz valamint az illat tekintetében ezen csoport sokszor még a normál körülmények között tárolt minták pontszámait is alulmúlta. A hússzín adatokat vizsgálva is jelentős különbségeket sikerült kimutatnom, igaz a szabályozott légtérben tárolt gyümölcsök esetén a megelőző év húsbarnuláshoz hasonló tüneteket nem tapasztaltam.

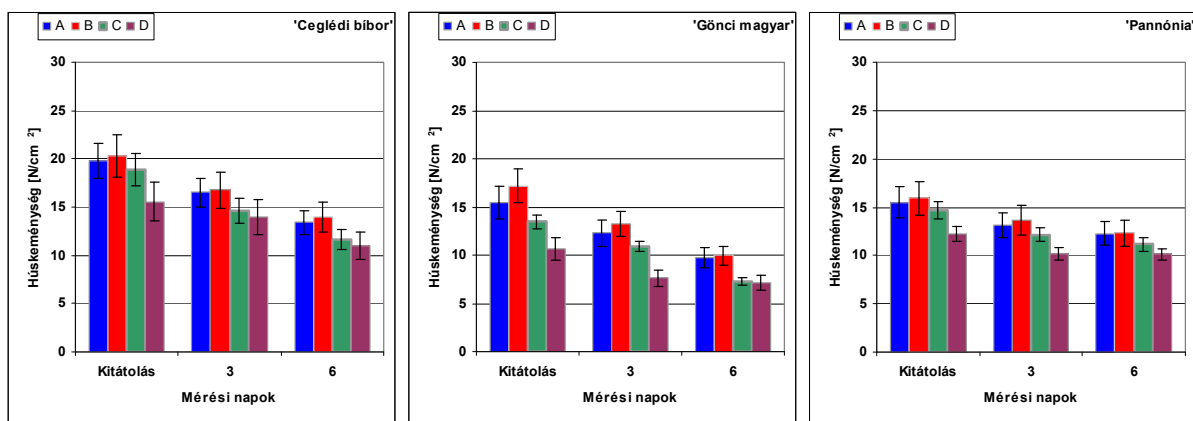
5. 5. 2. 5. Polcon-tarthatósági vizsgálat eredményei - 2. vizsgálati év

A polcon-tarthatósági vizsgálatokat a második évben is a 28. tárolási napot követően végeztem. A vizsgálat eredményei a 67. és 68. ábrákon láthatóak.



67. ábra: A tömegvesztés alakulása a 2. vizsgálati évben a polcon-tartás során

A polcon-tartási vizsgálatok eredményeit kiértékelve mérhető, de nem jelentős különbség mutatkozott a kontroll és szabályozott légtérben tárolt minták apadása között, mely minden bizonnyal a kedvezőbb érettségi stádiumban lévő SZL minták fiziológiai állapotából adódik. Az eredmények alapján továbbra is fenntartom azon állításumat, mely szerint törekedni kell a gyümölcsök tárolás utáni gyors és lehetőleg hűtött körülmények közötti értékesítésére.



68. ábra: A hús keménység alakulása a 2. vizsgálati évben a polcon-tartás során

A shelf-life vizsgálatok során mért állományadatok már nagyobb különbséget mutatnak az egyes csoportok között, mint a tárolás során kapott értékek. Az SzL tárolóból származó gyümölcsök kitároláskori állománya eleve magasabb volt mint a normál körülmények között tároltaké és ez a különbség a polcontartás vizsgált időtartama alatt is jellemzően megőrződött. Egyedül a 0,9 tf% oxigén tartalmú térben tárolt gyümölcsök esetén figyelhető meg, hogy az állomány csökkenése nagyobb ütemben zajlott, ami összecseng az érzékszervi bírálatok során tapasztalt keménység eredményekkel.

5. 5. 2. 6. Az alacsony O₂ koncentráció hatása a kajszai tárolhatóságára

A második vizsgálati év eredményei alapján megállapítható, hogy a megfelelő légtérösszetétel kiválasztása az SzL tárolás során kulcskérdés a kajszai minőségmegőrzése szempontjából. A túlzottan alacsony oxigénkoncentráció (0,9 tf%) alkalmazása elsősorban a termék illatára és ízére hatott kedvezőtlenül, mely feltételezhetően az anaerob légzés anyagcseretermékeinek felhalmozódásával hozható összefüggésbe. Az optimálisnak vélt gázösszetétel (1,2 tf% O₂ és 4 tf% CO₂) előnye elsősorban a kitároláskori és a polcon-tartási vizsgálatok során igazolódott, a tárolás időszaka alatt az 1,5 tf% O₂ tartalmú légtérhez képest jelentős különbséget nem sikerült kimutatnom a vizsgált fajták esetén. A normál légtérben tárolt gyümölcsök minden esetben szignifikánsan különböztek a két javasolt gázösszetételtől és az érzékszervi bírálatok kedvezőtlen eredményei is megkérdőjelezik a normál légtér ilyen hosszú idejű alkalmazását.

A két vizsgálati év tárolási eredményei alapján elmondható, hogy a gázösszetétel optimalizálása sikeres volt. Az eredmények alapján megállapítható, hogy az 1,2 tf% O₂ és a 4 tf% CO₂ koncentráció alkalmazása nem okoz káros élettani elváltozásokat, a termék képes 28 napig megtartani áruértékét, melyet a műszeres és az érzékszervi bírálatok eredményei is igazoltak.

5. 6. 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% O₂ és 4 tf% CO₂ koncentrációjú, 1°C-os, 95% relatív páratartalmú tárolása nem okoz káros élettani elváltozásokat. Műszeres mérések és érzékszervi bírálatok eredményeivel igazoltam, hogy a javasolt szabályozott légterű tárolástechnológia alkalmazásával a termék 28 napig képes megőrizni áruértékét.

6. Következtetések és javaslatok

A kajszitárolás egyik alapfeltétele a gyümölcs megfelelő érettségi állapota. Ennek meghatározása jellemzően szemrevételezéssel történik. Vizsgálataim során sikerült roncsolás-mentes 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 fiziológiás 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 légtérben 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 bekövetkeznek, ezért ezen empirikus kutatások létjogosultsága megkérdőjelezhetetlen. A tárolás során a gyümölcsben zajló biokémiai és fiziológiai változások alaposabb megismerése, roncsolás-mentes nyomonkövetése és a nemkívánt folyamatok korai detektálása kutatói munkám és a tudományterület jövőbeni irányvonalát is meghatározzák.

7. Összefoglalás

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 érlelési koncepcióra van szükség ahhoz, 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 (szezonzának) 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 kihasználása. 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 kajszi fajták 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 légzés kinetikájának 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 légtérben tárolt kajszii gázterében lévő - a kajszii minőségére utaló - komponensek detektálására.
5. Tárolási kísérletek végzése normál és szabályozott légtérű tárolástechnológia alkalmazásával, célozva a légösszetétel optimalása által az eltarthatósági idő növekedését és a termék minőségi jellemzőinek megóvását.

Doktori munkámban 'Ceglédi bíborkajszii', 'Göncii magyar kajszii' és 'Pannónia' kajszifajtákat vizsgáltam. Az érettségi állapot meghatározására a színmérés módszerét, akusztikus- és impakt állományjellemzők mérését, a precíziós állománymérés módszerét és a közeli infravörös spektroszkópia alkalmazását választottam. Az alsó oxigénküszöb értékének meghatározásához a gyümölcs fotoszintetikus aktivitásának vizsgálati módszerét, az anaerob anyagcseretermékek gyümölcs feletti légtéréből való gázkromatográfiás kimutatásának módszerét és a környezeti oxigénkoncentráció légzésintenzitásra gyakorolt hatásának mérési módszerét fejlesztettem ki. Mindezek mellett módszert alakítottam ki a légzésintenzitás hőmérsékletfüggésének és a mikrobiológiai fertőzöttség gázkromatográfiás detektálásának vizsgálatára. A gyümölcsökön szabályozott és normál légtérű tárolási kísérleteket is végeztem kamatoztatva az előkísérletek során szerzett információkat. Műszeres és érzékszervi vizsgálatok alkalmazásával megvizsgáltam a növelt CO₂ és a csökkentett O₂ szint hatását a tárolás során.

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 alkalmazásával sikerült a kajszifajták azonosítására és az érettségi állapot meghatározására is modellt alkotnom kanonikus diszkriminancia analízis módszerével. Megállapítottam, és igazoltam, hogy a 'Ceglédi bíborkajszii', a 'Göncii magyar kajszii' és a 'Pannónia' kajszifajták alsó oxigénküszöb értéke 1,1-1,2 tf% oxigénszinten található. Meghatároztam, hogy a vizsgált kajszifajták légzésintenzitása exponenciális összefüggés szerint változik a hőmérséklet függvényében és megállapítottam az egyes fajták aktiválási energia szükségletét. Megállapítottam, hogy a mikrobiológiailag fertőzött kajszik feletti légtérből detektált illékony komponensek különböznek az ép, mikrobiológiailag nem fertőzött kajszikra jellemző vegyületektől. Egyértelműen azonosítottam azon vegyületeket, melyek a mikrobiológiailag fertőzött kajszikat jellemzik. Műszeres mérések és érzékszervi bírálatok eredményeivel igazoltam, hogy a vizsgált kajszifajták 1,2 tf% O₂ és a 4 tf% CO₂ koncentrációjú, 1°C-os, 95% relatív páratartalmú tárolás alkalmazásával 28 napig képesek megőrizni áruértéküket.

8. Summary

In order to make apricot a successful fruit of the Hungarian fruit-growing sector, it is essential to re-define the quality, and develop the sequential system of production, storage, processing and sales. This essentially requires wide range collaboration between the sector-participants and the researchers of horticulture, food science and commercial disciplines. New ideas, professionally designed and well-grown plantations established on the best growing lands, modern harvest- and storage technologies and coordinated marketing concepts are needed to exploit the capabilities of our country and to export marketable commodity to the global fruit market.

In my Ph.D. work, a section of the above mentioned complex development concept, and the postharvest and storage possibilities of apricot were studied with the aim of a good quality product and thus a longer marketing period (season). Harvest time of apricot allows to take advantage of the controlled-atmosphere storage capacity built up for apple. The current domestic practice did not use these storehouses for other fruits, but considering the economic aspects they might be worth to use. With the modern and prevailing controlled-atmosphere storage we could preserve the quality of the Hungarian apricot for a longer term, but the application of this technology requires great caution and care, since a wrong gas composition or temperature setting may result in complete spoilage of fruits.

The main aim of the Ph.D. work was to investigate the biological activity of the most widespread Hungarian apricot cultivars, and to study the effect and kinetics of low oxygen storage conditions. Research tasks:

1. Application of non-destructive investigation methods for the determination of the ripeness of apricot
2. Analysis of the respiration kinetics of apricot. Develop a testing method and to construct a measuring system for the detection of the respiratory process. Investigation of temperature and gas concentration (O_2 , CO_2) dependence of respiration.
3. Method-development for the determination of optimal gas composition during controlled atmosphere storage of apricot to extend storage time and reduce quantitative and qualitative losses;
4. Method-development for the detection of components present in the gas atmosphere of apricot which indicate the quality of fruits;
5. Perform storage experiments with apricots under normal and controlled atmosphere storage conditions.

In my doctoral work 'Ceglédi bíborkajszi', 'Gönci magyar kajszi' and 'Pannónia' apricot cultivars were investigated. For the determination of the stage of ripeness color measurement, impact and acoustic measurement methods, precision texture analysis and application of the near infrared spectroscopy were chosen. The following measurement methods were developed for the determination of lower oxygen limit: test method of photosynthetic activity of fruits; method for the determination of anaerobic metabolites above the fruit airspace by application of GC, and a measurement method to determine the effects of oxygen concentration on respiration. In addition, a method to detect the temperature dependence of respiration and the gas chromatographic detection of microbial contamination were improved. Normal and controlled-atmosphere storage experiments on fruits were also carried out based on the information obtained during preliminary experiments. Effects of increased carbon dioxide levels and reduced oxygen levels were examined by instrumental and sensory tests during storage.

Mathematical and statistical models were created using the results of the color measurements, the acoustic and impact tests and the precision texture analysis to distinguish the different stages of apricot ripeness. With the application of the near-infrared spectroscopy and using the canonical discriminant analysis method I created a model to identify the cultivar and determine the ripeness of apricots. I found and proved that the lower oxygen limit of 'Ceglédi bíborkajszi', the 'Gönci magyar kajszi' and the 'Pannonia' apricot cultivars is between 1.1 and 1.2 vol% oxygen concentration. Respiration of the investigated apricot cultivars had exponential relationship with the temperature and the activation energy requirements of each cultivar were determined. I found that the air space above the micro-biologically contaminated apricot contained different volatile compounds than the one above the intact, uninfected apricots. I clearly identified the compounds, which characterized the microbiologically contaminated apricots. Results of the instrumental and sensory tests proved that the investigated apricot cultivars could keep good quality for 28 days in controlled atmosphere with 1.2% O₂ and 4% CO₂ concentrations, 1°C temperature and 95% relative humidity.

9. Irodalomjegyzék

- Abdel-Gawad, H., Romani, R.J. (1974): Hormone-induced reversal of color change and related respiratory effects in ripening apricot fruits. *Physiol Plant* 32: 161-165 p.
- Abrankó, L. (2006): Nagyhatékonyságú mintabevételi technikák fejlesztése az elemanalitikában. Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Doktori értekezés.
- Anet, E. F. L. J., Reynolds, T. M. (1955): The separation of acids on anion exchange resins: The isolation of l-quinic acid from apricots. *Aust. J. Chem.* 8: 280. p.
- Anet, E. F. L. J., Reynolds, T. M. (1956): Reactions between amino acids, organic acids, and sugars in freeze-dried apricots. *Nature (London)* 177: 1082-1083. p.
- Arrhenius, S. (1889): Über die Reaktionsgeschwindigkeit bei der Inversion von Rohrzucker durch Säuren, *Z. Physikal Chem.* 4: 226-248 p.
- Bailey, C.H., Hough, L.F. (1975): Apricot. *Advances in fruit breeding*. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana. 367–383. pp.
- Balla, Cs., Fekete, A., Felföldi, J. (1997): Physical methods for prediction of ripening of apricots. In: *Agri-Food Quality II: Quality Management of Fruits and Vegetable*, ed. by Hagg, M., Ahvenainen, R., Evers, AM., Tiilikkala, K., Cambridge, UK, 119–124 p.
- Balla, Cs. (2006-2009): Kutatási Jelentés - Regionális Egyetemi Tudásközpont: Kutatásfejlesztés az élelmiszerláncban 04/2006 (6. alprogram); Szabályozott légterű tárolási technológia és csomagolási eljárások vizsgálata.
- 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 kajszli környezet kémiai természetének, szüret utáni kezelésének és feldolgozásának fejlesztése a hevesi térségben. In: Tóth Magdolna (szerk): *Kajszli és alma szabályozott légterű tárolási technológiájának fejlesztése*. Magyar Mezőgazdaság Kft., Budapest. 37-42. o. ISBN 978-963-06-6487-5
- Banks, N.H., Cleland, D.J., Yearsley, C.W., Kingsley, A.M. (1993): Internal atmosphere composition—a key concept in responses of fruits and vegetables to modified atmospheres. *Proceedings of the Australasian Postharvest Conference University of Queensland, Gatton College, Lawes, Queensland, Australia, 20–24 September.* 137–143. p.
- Bassi, D., Bartolozzi, F., Muzzi, F. (1996): Patterns and heritability of carboxylic acids and soluble sugars in fruits of apricot (*Prunus armeniaca* L.). *Plant Breeding* 115: 67–70. p.
- Beaudry, R.M. (1993): Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient. *Postharvest Biol. Technol.* 3: 249–258. p.
- Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P. (2004): *Food Chemistry*. Third Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 383 p.
- Bennoun, P. (1982) Evidence for a respiratory chain in the chloroplast. *Proc Natl Acad Sci USA Cell Biology* 79: 4352-4356 p.
- Biale, J.B., Young, R.E. (1981): Respiration and ripening in fruit – retrospect and prospect. In: Frind, J., Rhodes, M.J. C. (Ed.). *Recent Advances in the Biochemistry of Fruit and Vegetables*. New York: Academic, 1-39 p.
- Blackman, F. F. (1928): Analytical studies in plant respiration. III. Formulation of a catalytic system for the respiration of apples and its relation to oxygen. *Proc. Roy. Soc. (London)* 103B: 491-523. p.
- Bolhár-Nordenkamp, H. E., Öquist, G. (1993): Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*. Chapman and Hall. 193-206. p.
- Botondi, R., DeSantis, D., Bellincontro, A., Vizovitis, K., Mencarelli, F. (2003): Influence of ethylene inhibition by 1-methylcyclopropene on apricot quality, volatile production, and glycosidase activity of low- and high-aroma varieties of apricots. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51. (5): 1189-1200 p.
- Boulnois, K. (1972): *A Selyemút*. Kossuth kiadó. Budapest

- Brecht, J.K., Kader, A.A., Heintz, C.M., Norona, R.C. (1982): Controlled atmosphere and ethylene effects on quality of California apricots and Clingstone peaches. *J. Food Sci.* 47: 432. p.
- Brózik, S., Kállay, T. (2000): Csonthéjas gyümölcsfajták - Cseresznye, meggy, őszibarack, kajszli, szilva. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 127-159 pp.
- Brückner, A. (2005): Gyümölcsök és zöldségek romlását okozó *Penicillium expansum* gátlása élesztőgombákkal. Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola, Doktori értekezés
- Burdon, J., Lallu, N., Yearsley, C., Burmeister, D., Billing, D. (2007): The kinetics of acetaldehyde and ethanol accumulation in 'Hass' avocado fruit during induction and recovery from low oxygen and high carbon dioxide conditions. *Postharvest Biol. and Technol.* 43: 207–214 p.
- Burg, S.B. (2004): *Postharvest Physiology and Hypobaric Storage of Fresh*. CABI Publishing, Wallingford, UK: 654 p.
- Burg, S.P., Burg, E.A. (1965): Ethylene action and the ripening of fruits. *Science* 148: 1190 p.
- Burg, S.P., Burg, E.A. (1966): Fruit storage at subatmospheric pressure. *Science* 153: 314 p.
- Chambroy, Y., Souty, M., Reich, M., Breuils, L., Jacquemin, G., Audergon, J. (1991): Effects of different CO₂ treatments on post-harvest changes of apricot fruit. *Acta Hort. (ISHS)* 293: 675-684 pp.
- Claypool, L.L., Pangborn, R.M. (1972): Influence of controlled atmosphere storage on quality of canned apricots. *Journal of American Society of Horticultural Sciences* 97(5): 636-638. p.
- Claypool, L.L., Pangborn, R.M., Shaver J.F. (1966): The influence of controlled atmosphere on quality of canned apricots. *Proc. 17th Int. Cong. Horticulture 1 (Abstr.)* 659 p.
- Cossins, E.A. (1978): Ethanol metabolism in plants. In: D.D. Hook and R.M.M. Crawford, Editors, *Plant Life in Anaerobic Environments*, Science Publishers, Ann Arbor, MI 169–202. pp.
- Davies, D.D., Grego, S., Kenworthy, P. (1974): The control of the production of lactate and ethanol by higher plants. *Planta* 118: 297-310 pp.
- De Martino, G., Vizovitis, K., Botondi, R., Bedincontro, A., Mencarelli, F. (2004): 1-MCP controls ripening induced by impact injury on apricots by affecting SOD and POX activity. *Postharvest Biol. and Technol.* 39: 38–47 pp.
- DeEll, J.R., Prange, R.K., Murr, D.P. (1995): Chlorophyll fluorescence as a potential indicator of controlled-atmosphere disorders in 'Marshall' McIntosh apples. *HortScience* 30(5): 1084-1085 p.
- DeEll, J.R., van Kooten, O., Prange, R.K., Murr, D.P. (1999): Applications of chlorophyll fluorescence techniques In: *Postharvest Physiology. Hortic. Rev.* 23, 69–107 pp.
- Domsch, K.W., Gams, W., Anderson, T. (1980): *Compendium of soil fungi*. Academic Press, London.
- Dong, L., Lurie, S., Wei Zhou, H. (2001): Effect of 1-Methylciklopropene on ripening of 'Canino' apricots and 'Royal Zee' plums. *Postharvest Biol. and Technol.* 24 (2): 135-145 p.
- FAOSTAT, (2011): <http://faostat.fao.org>
- Fekete, A., Felföldi, J., Balla, Cs. (1997): Kajszibarack minőségvizsgálata fizikai módszerekkel. Gyümölcs-zöldség posharvest és logisztikai konferencia Budapest 167-180 pp.
- Femenia, A., Sanchez, E.S., Simal, S., Rossello, C. (1998): Development and ripening related effects on cell wall of apricot (*Prunus Armeniaca* L.) fruit. *Journal of the Science of Food*. 77 (4): 478-495 pp.
- Fidler, J.C. (1968): The metabolism of acetaldehyde by plant tissues. *J. Exp. Bot.* 19: 1–51. pp.
- Fidler, J.C., North, C.J. (1971): The effect of periods of anaerobiosis on the storage of apples. *J. Hortic. Sci.* 46: 221–231 pp.
- Folchi, E., Pratella, G.C., Tian, S.P., Bertolini, P. (1995): Effects of low oxygen stress in apricots at different temperatures. *Ital. J. Food Sci.* 7: 245–253 pp.

- Fourie, J.F. Holtz, G. (1985): Postharvest fungal decay of stone fruit in the South-Western Cape. *Phytophylactica* 17: 175-177 p.
- Gerhard, F., Smith, E., English, H. (1941): Effect of carbon dioxide on apricots and peaches under simulated transit conditions. *Journal of the American Society of Horticultural Sciences* 38: 243-248 p.
- Ghorpade, V. M., Hanna, M. A., Salunkhe, D. K. (1995): 'Apricot' In: *Hand Book of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing, Volume I.* Salunkhe, D. K. and Kadam, S. S. (eds.) Marcel Dekker, Inc., New York, USA 335-361 pp.
- Gore, H. C. (1911): Studies on fruit respiration. *U. S. D. A. Bur. Chem. Bul.* 142: 5-40 pp.
- Guillot, S., Peytavi, L., Bureau, S., Boulanger, R., Lepoutre, J-P., Crouzet, J., Schorr-Galindo, S. (2006): Aroma characterization of various apricot varieties using headspace-solid phase microextraction combined with gas chromatography-mass spectrometry and gas chromatography-olfactometry. *Food Chemistry* 96(1): 147-155 p.
- Gurrieri, F., Audergon, J.M., Albagnac, G., Reich M. (2001): Soluble sugars and carboxylic acids in ripe apricot fruit as parameters for distinguishing different cultivars. *Euphytica* 117: 183–189 p.
- Háger-Veress, Á. (2005): A napcsókolta kajszibarack aromája. *Alkoholmentes italok VI. 1:* 7-17 p.
- Hall, E. G., Scott, K. G. (1977): *Storage and market diseases of fruit.* Melbourne, Australia Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.
- Hámori, T., Burgetti C. (1990): A gyümölcs növekedése, érése és utóérése. In: Gyuró F. (szerk.) *Gyümölcstermesztés.* Mezőgazdasági kiadó. Budapest. 217-241 pp.
- Haraszty, Á. (1979): *Növényismeret és növényélettan.* Tankönyvkiadó. Budapest.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C.I. (1990): The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. *USDA, ARS Agriculture Handbook* 66: 130 p.
- Harris, G.C., Heber, U. (1993): Effects of Anaerobiosis on Chlorophyll Fluorescence Yield in Spinach (*Spinacia oleracea*) Leaf Discs. *Plant Physiol.* 101: 1169-1173 p.
- HarvestWatch™ - Enhancing the Quality of Fruit in CA Storage. (2007): Satlantic Incorporated, Halifax, NS <http://www.harvestwatch.com/>
- Kader, A.A., Kasmire, R.F., Mitchell, F.G., Reid, M.S., Sommer, N.F., Thomson, J.F. (1985): *Postharvest Technology of Horticultural Crops.* University of California Cooperative Extension Special Publication 3311: 192 p.
- Kidd, F., West, C. (1924): The course of Respiratory activity throughout the life of an apple. *Annual Report of the Food Investigations Board.* London. 27-32 p.
- Knee, M., Hatfield, S.G.S. (1981): The metabolism of alcohols by apple fruit tissue. *J. Sci. Food Agric.* 32, 593–600 p.
- Kosztina, K.F. (1970): Selekcioonne izpolzovanie sortuv fondov abrikosa. In Ajzenberg, V.J. (Ed.): *Abrikos.* Ajastan, Yerevan, Armenia. 177–189. pp.
- Kow, Y.W., Erbes, D.L., Gibbs, M. (1982): Chloroplast respiration: a means of supplying oxidized pyridine nucleotide for dark chloroplast metabolism. *Plant Physiol.* 69: 442-447 p.
- Központi Statisztikai Hivatal (2011): A fontosabb gyümölcsfélék termesztése és felhasználása (2007–2009). http://www.ksh.hu/pls/ksh/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn006d.html
- Láng, F. (1998): *Növényélettan.* Budapest. ELTE Eötvös Kiadó
- Laties, G.G.; Kidd, F.; West, C.; Blackman, F.F. (1995): The start of modern postharvest physiology, *Postharvest Biol. Technol.* 5: 1–10 pp.
- Lichtentaler, H. K., Rinderle, U. (1988): The role of Chlorophyll fluorescence in the detection of stress condition in plants. *CRC Crit. Rev. An. Chem., Vol 19, Suppl. 1:* 29-85 pp.
- Majoros, E.L., Csóka, M., Korány, K. (2006): Sárgabarack-gyümölcs, -pálinka és -szeszital aromatulajdonosságainak feltérképezése GC-MS vizsgálatokkal. *Élelmiszervizsgálati Közlemények.* LII. kötet 2. füzet 77-85 p.

- Matysik, S., Herbarth, O., Mueller, A. (2009): Determination of microbial volatile organic compounds (MVOCs) by passive sampling onto charcoal sorbents. *Chemosphere*. 76(1):114-119 p.
- Mehlenbacher, S.A., Cociu, V., Hough, L.F. (1991): Apricots (*Prunus*). In: Moore, J.N., Ballington, J.R. (Eds.), Genetic resources of temperate fruit and nut crops. International Society for Horticultural Science, Wageningen, 65–107 pp.
- Muha, V., Zsom, T., Balla, Cs., Felföldi, J. (2005): Investigation of apricot's maturity by nondestructive methods. Research and Teaching of Physics in the Context of University Education 2005, Nitra, Slovak Republic, June 8, 2005, Conference proceedings published in CD-format. ISBN80-8069-528-8, pp.211-216
- Nixon, P.J. (2000): Chlororespiration. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* (355): 1541-1547 p.
- Nyujtó, F., Surányi, D. (1981): Kajsziarack, Mezőgazdasági Kiadó.
- Nyujtó, F., Tomcsányi, P. (1959): A kajsziarack és termesztése . (The apricot and its growing.) Mezőgazdasági Kiadó, Budapest,
- Pawliszyn J. (1997): Solid Phase Microextraction: Theory and Practice, Wiley-VCH,
- Pénzes B. Szalay L. (2003): Kajszi. Mezőgazda Kiadó, Budapest ISBN 963 286 023 3
- Pesis, E. (2005): The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. Review. *Postharvest Biology and Technology*. 37: 1–19 pp.
- Pessarakli, M. (2001): Handbook of Plant and Crop Physiology (2nd ed.) CRC Press. 315-318. p.
- Petracek, P.D., Joles, D.W., Shirazi, A. Cameron, A.C. (2002): Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., cv. 'Sams') fruit: metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature, *Postharvest Biol. Technol.* 24: 259–270. pp.
- Prange, R.K., DeLong, J.M., Leyte, J.C., Harrison, P.A. (2002): Oxygen concentration affects chlorophyll fluorescence in chlorophyll containing fruit. *Postharvest Biol Technol* 24: 201–205 p.
- Prange, R.K., Schouten, S.P., van Kooten, O. (1997): Chlorophyll fluorescence detects low oxygen stress in 'Elstar' apples. *Proc. 7th Int. Contr. Atmos. Res. Conf.*, Davis, CA, vol. 2, 57–64 p.
- Pretel, M.T., Serrano, M., Amorós, A., Romojaro, F. (1999): Ripening and ethylene biosynthesis in controlled atmosphere stored apricots, *Eur. Food. Res. Technol.* 209, 130–134 p.
- Roberts, J.K.M., Callis, J., Jardetzky, O., Walbot, V., Freeling, M. (1984a): Cytoplasmic acidosis as a determinant of flooding intolerance in plants. *Proc Natl Acad Sci USA* 81: 6029-6033 p.
- Roberts, J.K.M., Callis, J., Wemmer, D., Walbot, V., Jardetzky, O. (1984b): Mechanism of cytoplasmic pH regulation in hypoxic maize root tips and its role in survival under hypoxia. *Proc Natl Acad Sci USA* 81: 3379-3383 p.
- Ryall, A.L., Pentzer, W.T. (1982): Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. vol. 2. Fruits and tree nuts. AVI Publishing, Westport, Conn.
- Saltveit, M.E. (1997): The future of CA and MA recommendations, *Proceedings of the Seventh International Controlled Atmosphere Research Conference*, vol. 4 University of California, Davis, USA, 2–7 p.
- Sáray, T. (2002): Élelmiszerek hűtőtárolása. In: Beke György (szerk): Hűtőipari Kézikönyv 2. Mezőgazda, Budapest. 177-288. pp.
- Sass, P. (1986): Gyümölcstárolás, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest ISBN 963 232 268 1.
- Sharaf, A., Ahmed, F.A., El-Saadany, S.S. (1989): Biochemical changes in some fruits at different stages. *Food Chemistry* 32: 19-28 p.
- Soltész M. (1997): Integrált gyümölcstermesztés, Mezőgazda Kiadó, Budapest
- Somenath, M. (2003): "Chapter 2: Principles of Extraction". *Sample Preparation Techniques in Analytical Chemistry*. Wiley-Interscience. 113. p.
- Szalai, I. (2006): A növények élete I. Budapest. Nemzeti Tankönyvkiadó
- Tang, C. S., Jennings, W. G. (1967): Volatile components of apricot. *J. Agric. Food Chem.* 15, 24-28 p.

- Thompson, A.K. (1998): Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. CAB International, Wallingford, U.K., 288 p.
- Tóth, M.M., Boross, F., Blazso, M., Kerek, M. (1989a): Volatile flavour substances of apricot and their changes during ripening. *Nahrung* 33(5): 423-432 pp.
- Tóth, M.M., Boross, F., Blazso, M., Kerek, M. (1989b): Volatile flavour substances of apricot cultivars. *Nahrung* 33(5): 433-442 pp.
- USDA (2010): National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23. http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl
- van Kooten, O., Snel, J.F.H. (1990): The use of chlorophyll fluorescence nomenclature in plant stress physiology. *Photosynth Res* 25: 147–150 p.
- Vavilov, N.I. (1926a): The mountainous districts as the home of agriculture. Studies on the origin of cultivated plants. *Bul. Appl. Bot. in: Plant Breeding*, 16: 218–220 p.
- Vavilov, N.I. (1926b): Studies on the Origin of Cultivated Plants. 248 pp. Leningrad.
- Veltman, R.H., Verschoor, J.A., Van Dugteren J.H.R. (2003): Dynamic control system (DCS) for apples (*Malus domestica* Borkh. cv ‘Elstar’): Optimal quality through storage based on product response, *Postharvest Biol. Technol.* 27: 79–86 p.
- Wankier, B.N., Salunke, D.K., Campbel, W.F. (1970): Effects of controlled atmosphere on biochemical changes in apricot and peach. fruit. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 95(5): 604-609 p.
- Welby, E.M., McGregor, B. (2004): Agricultural Export Transportation Handbook. USDA Agriculture Handbook 700 p.
- Whiting, G.C. (1971): Sugars. In: Hulme A.C., (editor). *Biochemistry of Fruits and Vegetables*. Vol. 1. London: Academic London. 1. p.
- Witherspoon, J.M., Jackson, J.F. (1995): Analysis of fresh and dried apricot In: H. Linskens and J. Jackson (eds) *Modern methods of plant analysis*, Springer-Verlag, Berlin 111-131 pp.
- Z. Kiss, L. (2005): A csonthéjas gyümölcsök export-importjának helyzete és várható jövője, *Kertgazdaság* 37(3): 78-89 p.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom:

Dr. Balla Csaba témavezetőmnek a doktori munkám során nyújtott támogatásért és szakmai segítségért.

Dr. Kollár Gábor egykori témavezetőmnek és tanszékvezetőmnek és feleségének **Kollárné Dr. Hunek Klárának** a sok-sok hasznos jótanácsért és segítőkészségért.

Az Árukezelési és Áruforgalmazási Tanszék valamint **a Hűtő- és Állattermék Technológiai Tanszék munkatársainak**, hogy biztosították a feltételeket a doktori értekezésem elkészítéséhez és szaktudásukkal támogatták munkámat.

Dr. Fodor Péternek és Gyepes Attilának a gázkromatográfiás vizsgálatok során nyújtott önzetlen segítségükért.

Dr. Román Mariannak a mikrobiológiai vizsgálatok során nyújtott segítségért.

Dr. Dalmadi Istvánnak a statisztikai elemzések során nyújtott szakmai támogatásáért.

Külön köszönet illeti családomat, szeretteimet és barátaimat, hogy támogattak, bátorítottak és bíztattak doktori munkám elvégzése során.