

KERÄSALAATIN KAASUVARASTOINTI

IRMA SUHONEN

Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitos, Viik

Saapunut 7. 1. 1969

Kaasuvarastointi, jolla tässä tarkoitetaan ilman lämpötilan, happi- ja hiilidioksidipitoisuuksien säätelyyn perustuvaa varastointimenetelmää, on yleistä säilyttäessä hedelmiä eräissä maissa, kuten Englannissa, missä tämä varastointimenetelmä ensimmäisenä kehitettiin (WEST 1951, KIDD 1964, ANON. 1965). Vihannesten kaasuvarastointia tunnetaan edellistä vähemmän. Tosin jo 1930-luvulla tutkittiin varaston ilman koostumuksen, lähinnä hiilidioksidipitoisuuden, vaikutusta vihanneksien voittumiseen (BROOKS et al. 1936) tai säilymiseen (KIDD & WEST 1932), mutta nämä tutkimukset eivät johtaneet käytännön sovellutuksiin.

Runsaat kaksikymmentä vuotta myöhemmin vihannesten varastoinnin muodostuttua muuttuneiden tuotanto- ja markkinointitapojen johdosta tärkeäksi kysymykseksi, kiinnitettiin jälleen huomiota vihannesten kaasuvarastointiin. Tutkittavina ovat olleet mm. kaalit (LIEBERMAN & HARDENBURG 1954, LYONS & RAPPAPORT 1962), tomaatti (EAVES & LOCKHART 1961, TOMKINS 1963), kurkku (EAKS 1956, APELAND 1961), parsia (LIPTON 1965, LOUGHEED & DEWEY 1966) ja porkkana (TOMKINS 1959, VAN DEN BERG & LENZ 1966). Vihannesten kaasuvarastoinnista suoritettujen tutkimusten tuloksia sovelletaan käytäntöön lähinnä kuljetus- (ANON. 1966) ja markkinointipakkauksia suunniteltaessa. Varsinainen kaasuvarastointi on satunnaista (FIDLER 1963).

Edellä mainituissa tutkimuksissa varastona käytettiin tiiviitä astioita, joiden sisään johdettiin sopivaa kaasuseosta tai joissa olevan ilman koostumus muuttui astioihin sijoitettujen kasvinosien hengityksen takia. Ilman koostumuksen säätö tapahtui johtamalla jatkuvasti uutta kaasuseosta astiaan, hiilidioksidia absorboivia aineita käyttäen tai tuulettaen. Kun Helsingin yliopiston puutarhatieteen laitoksella alettiin selvittää salaatin kaasuvarastointia, päädyttiin menetelmän valinnassa yksinkertaisimpaan: kaasuvarastossa ilman koostumus muuttui salaatin hengitystoiminnan johdosta, ja ilman hiilidioksidipitoisuuden säätö suoritettiin tuulettaen. Seuraavassa selostetaan v. 1963—66 ja 1968 suoritettuja tutkimuksia. Alustavia tuloksia asiasta on esitetty jo v. 1967 (VOIPIO & HÅRDH 1967).

Aineisto ja menetelmät

Tutkimukseen tarvittava salaatti (lajikkeet Herttaässä ja Great Lakes) viljeltiin Viikissä Puutarhatieteen laitoksen koekentällä. Aikaisemmin on selostettu viljelytoimenpiteitä, sadonkorjuuta ja tuotteiden kunnostusta (VOIPPIO 1966). Säilytyksen ajaksi tuotteet pakattiin puulaatikoihin.

Kaasuvarastointia varten rakennettiin 12 tiivistä sinkkikaappia, jotka sijoitettiin varastoon, missä ilman lämpötila oli 1—2° ja suhteellinen kosteus 90—95 %. Kaappien tilavuus oli 336 l. Niiden etuseinämässä oli tiiviisti suljettava oviaukko, etuseinämän kulmissa 3.5 cm:n läpimittaiset pyöreät aukot, jotka voitiin sulkea tulpilla. Lisäksi oli etuseinämän yläreunassa tuuletusta varten 5 pyöreää 4 mm:n läpimittaista reikää.

Kun varastoitava salaatti oli suljettu kaappiin, muuttui kaapissa olevan ilman koostumus kasvien hengityksen johdosta. Hiilidioksidipitoisuuden noustua tavoitemäärään aloitettiin ilman koostumuksen säätö, joka suoritettiin kaapissa olevia tuuletusreikiä avaamalla tai sulkemalla. Vuosina 1964—1965 haluttaessa CO₂-pitoisuuden pysyvän pienempänä kuin 1 %:na, hiilidioksidipitoisuuden säätö tapahtui absorptiopatsaan (NaOH-liuos) avulla.

Varastoinnin aikana säännöllisin väliajoin määritettiin kaapeissa olevan ilman hiilidioksidipitoisuus Riken-Keiki-kaasuindikaattorilla. Kaappien ilman happipitoisuutta ei tutkimusten aikana mitattu, mutta kirjallisuustietojen perusteella sen laskettiin olevan likimäärin 21 — CO₂ % (KUPRIANOFF 1960). Näin ei O₂-pitoisuutta kuitenkaan voida laskea niistä kokeista, joissa käytettiin NaOH-liuosta hiilidioksidipitoisuuden säätelyyn.

Kokeiden aikana ei kaappeja avattu, koska tällöin ilman koostumus olisi hetkessä muuttunut. Siksi ei säilytyksen aikana myöskään tarkastettu kasvien kuntoa, vaan säilyvyydestä tehtiin havainnot vasta kokeen loputtua, jolloin tuotteet punnittiin, kunnostettiin ja arvoiteltiin. Punnitustulokset ilmaistaan prosentteina tutkittavan erän alkuperäisestä kunnostetusta painosta ja kaasuvarastoinnin tuloksia verrataan samanaikaisesti suoritettuna kylmävarastoinnin (1—2°, 90—95 % suht. kost.) tuloksiin (vrt. VOIPPIO 1966).

Kokeiden selostus ja tulokset

Alustavissa salaatin (lajike Herttaässä) kaasuvarastointikokeissa v. 1963—64 selvitetiin, onko mahdollista varastoida salaattia umpinaisessa tilassa ja minkälaiseksi varastointitappiot muodostuvat verrattuna kylmävarastoinnin tappioihin. V. 1963 kaasuvarastointiaika oli varsin pitkä, 40 vrk, ja kaasuvaraston ilman CO₂-pitoisuus 0.04—2 %. Tällöin kokonaistappio oli 80 %. Seuraavana vuonna kaasuvarastointiaika oli enintään kolme viikkoa. Vertailtaessa kokeiden loputtua kaasuvarastoinnin ja kylmävarastoinnin tappioita toisiinsa (taulukko 1) havaittiin, että haihtumis- ja kokonaistappiot olivat edellisessä varastointitavassa pienemmät kuin jälkimmäisessä. Viikon pituisena aikana kaasuvarastossa salaattierät menettivät haihdunnan takia 4—5 % painostaan. Kunnostusta nämä salaatit eivät tarvitse. Kaksi viikkoa kaasuvarastossa olleiden erien kokonaistappio oli 14—15 %. Kun kaasuvarastointia jatkettiin kolme viikkoa, olivat koejäsenten kokonaistappiot toisistaan poikkeavat. Pienin kokonaistappio 26 % mitattiin erässä, jonka alkuperäinen paino oli 8 kg ja jonka varastoinnin aikana ilman CO₂-pitoisuus nousi 5 %:iin. 39 %:n kokonaistappio todettiin alkujaan 4 kg:n suuruisessa salaattierässä, jonka varastoilman CO₂-pitoisuus pidettiin absorptiopatsaan avulla 0.5 %:na, ja 44 %:n kokonaistappio samansuurui-

Taulukko 1. Salaatin (Herttaässä) varastointi v. 1964.
Table 1. Storage of lettuce (Passe Partout) in 1964.

Varastointitapa <i>Storage method</i>	Erän alku- peräinen paino	Varastointi- aika	CO ₂ %	Tappiot <i>Storage losses</i> %	
	<i>Weight of stored lot kg</i>	<i>Storage period vrk days</i>		Haihdunta <i>Evaporation</i>	Kokonais <i>Total</i>
Kaasuvarastointi <i>Gas storage</i>	4	7	0.04—1.4	4	4
	»	14	0.04—2.0	6	14
	»	21	0.04—2.5 a	7	44
	»	»	0.04—0.5 c	5	39
	8	7	0.04—3.0	5	5
	»	14	0.04—5.0	5	15
»	21	0.04—5.3 b	5	26	
Kylmävarastointi <i>Cold storage</i>		7	0.04	9	20
		14	»	13	36
		21	»	22	56

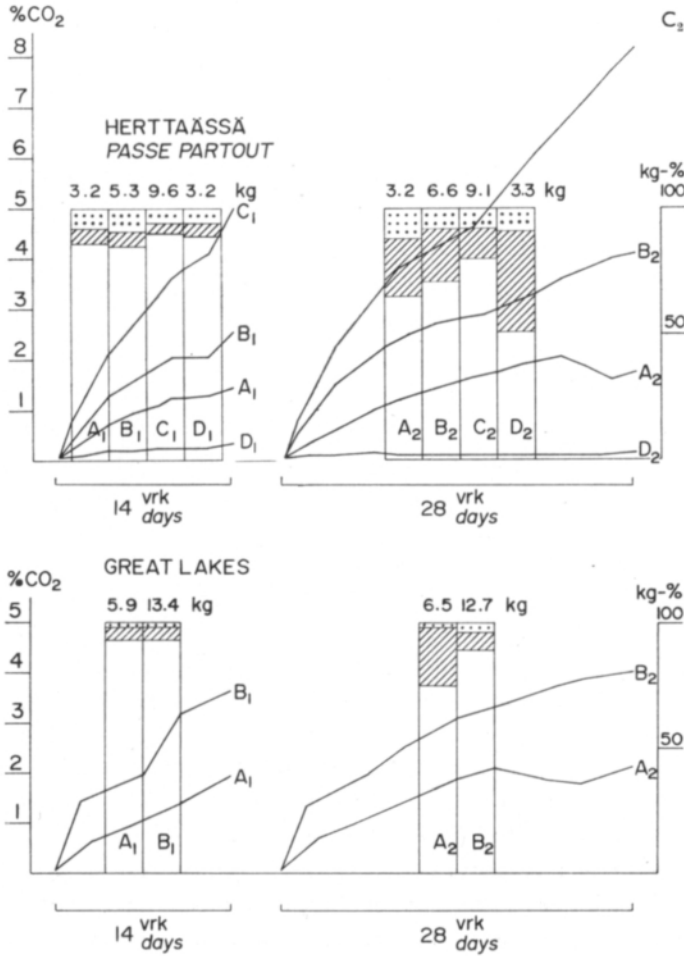
a = tuuletus, kun *ventilation when* CO₂ % > 2 %
 b = » » » » » » > 5 %
 c = CO₂-pitoisuuden säätö NaOH-liuoksen avulla
NaOH solution as the CO₂ absorbent

sessä koejäsenessä, jonka varastoinnin aikana ilman CO₂-pitoisuus oli 0.04—2.5 %. Haihtumistappioissa sen sijaan oli vain vähäisiä eroavuuksia. Ilman CO₂-pitoisuuksia mitattaessa havaittiin, että CO₂-pitoisuuden lisääntyminen oli lähes kaksi kertaa nopeampaa 8 kg salaattia sisältäneissä kaapeissa kuin 4 kg sisältäneissä.

Jatkettaessa salaatin kaasuvarastointikokeita v. 1965 selvitettiin edelleen salaattimäärän vaikutusta ilman CO₂-pitoisuuteen, varastoinnin pituuden (2 tai 4 viikkoa) vaikutusta tappioihin ja sitä, kuinka salaatti säilyy kaasuvarastossa, jonka ilman CO₂-pitoisuus absorptiopatsaan avulla pidetään pienempänä kuin 0.5 %:na (Herttaässä, erät D₁ ja D₂, kuva 1). Toisena tutkittavana lajikkeena Herttaässä ohessa oli Great Lakes. Tulokset kokeista esitetään kuvassa 1, jossa esitetyistä CO₂%-käyristä nähdään, että varastointijakson ensimmäisinä vuorokausina kaappien ilman CO₂-pitoisuus nousi nopeimmin, mikä oli todettavissa myös edellisen vuoden mittaustuloksista. Tämän jälkeen CO₂-pitoisuus nousi miltei suoraviivaisesti, kunnes tuuletus (Great Lakes erä A₂ ja Herttaässä erä A₂) aloitettiin. Nousunopeus oli riippuvainen kaapissa olevasta salaattimäärästä ja -lajikkeesta. Great Lakes -salaattia sisältäneissä kaapeissa ilman CO₂-pitoisuus nousi hitaammin kilomäärää kohti kuin Herttaässä sisältäneissä kaapeissa, mikä ilmenee seuraavista 14. varastointivuorokauden aikana saaduista mittaustuloksista.

Herttaässä		Great Lakes	
3.2 kg	1.45 % CO ₂	5.9 kg	1.95 % CO ₂
3.2 »	1.55 »	6.5 »	1.90 »
5.3 »	2.55 »	12.7 »	3.20 »
6.6 »	2.80 »	13.4 »	3.65 »
9.1 »	4.50 »		
9.6 »	5.00 »		

Kahden viikon pituisen kaasuvastointijakson päätyttyä v. 1965 oli Herttaässä-salaatin haihtumistappio 6—9 % ja kokonaistappio 10—15 %, Great Lakes -salaatin 2 % ja 7 % (kuva 1). Samaa lajiketta käsittävien koejäsenten välillä ei säilyvyydessä mainittavia eroja ollut. Neljä viikkoa jatkuneen kaasuvastoinnin jälkeen oli Herttaässä-erien haihtumistappio 8—12 %, mutta kokonaistappioissa oli huomattavia eroja. Heikoimmin (kokonaistappio 49 %) säilyi erä D₂, jonka alkuperäinen paino oli 3.3 kg ja jonka varastoinnin aikana CO₂-pitoisuus oli n. 0.1 %. Vastaavansuuruisen erän A₂, jota varastoititiin 0.04—2 %:n CO₂-pitoisuudessa, kokonaistappio oli 35 %. Pienin kokonaistappio (20 %) todettiin erässä



Kuva 1. Salaatin (Herttaässä ja Great Lakes) kaasuvastoinnin aikana vallinneet ilman CO₂-pitoisuudet (%), erien alkuperäiset painot (kg) ja varastointitappiot (%) v. 1965.

Figure 1. Gas storage of lettuce (*Passe Partout* and *Great Lakes*) in 1965, the CO₂-concentrations of air (%) during storage, the original weights (kg) of different lots and the storage losses (%).

- = haihtumistappio
losses by evaporation
- = kunnostustappio
trimming losses

CO₂, jonka alkuperäinen paino oli 9.1 kg ja jonka varastoinnin aikana ilman CO₂-pitoisuus nousi 8 %:iin. Great Lakes -salaatin kokonaistappiot 4 viikkoa jatkuneen varastoinnin päätyttyä olivat 35 % (6.5 kg, 0.04—2 % CO₂) ja 11 % (12.7 kg, 0.04—4 % CO₂) (kuva 1).

Vuonna 1966 toistettiin koe kaasuvävarastoinnin pituuden vaikutuksesta tappioiden suuruuteen ja kilomäärään vaikutuksesta ilman CO₂-pitoisuuteen. Tulokset tästä kokeesta esitetään taulukossa 2 (koe I), josta käy ilmi, että kaasuvävarastossa tappiot olivat pienemmät kuin kylmävarastossa. Herttaässä kohdalla kuitenkin säilyvyyden lisääntyminen oli selvempää kuin Great Lakes -lajikkeen kohdalla. Kaasuvävarastossa olleen Herttaässä kokonaistappio oli puolta pienempi kuin kylmävarastossa säilytetyn, mutta Great Lakes -lajikkeen kohdalla ero oli vain 2—3 %. Hiilidioksidimäärän kehitystä tutkittaessa havaittiin sama suuntaus kuin edellisinä vuosina.

Taulukko 2. Salaatin (Herttaässä = H, Great Lakes = G) varastointi v. 1966.

Table 2. Storage of lettuce (Passe Partout = H, Great Lakes = G) in 1966

Varastointitapa Storage method	Lajike Variety	Erän alku- peräinen paino kg Weight of stored lot kg	CO ₂ %	Varastointiaika Length of storage				
				14 vrk days		28 vrk days		
				Haih- dunta % Evapo- ration %	Kokonais- tappio % Total losses %	CO ₂ %	Haih- dunta % Evapo- ration %	Kokonais- tappio % Total losses %
Kaasuvävarastointi, koe I	H	3.5	0.04—1.8	10	18	0.04—2.2 a	9	24
Gas storage, test	I	»	0.04—4.0	7	15	0.04—5.2 b	9	22
	G	»	0.04—2.2	4	15	0.04—4.8	5	21
	H	12	0.04—6.2	5	11	0.04—9.2	6	19
Kaasuvävarastointi, koe II	H	15	0.04—8.0	4	9	0.04—10.2	5	20
Gas storage, test	II	»	» 0.04—7.6	5	9	0.04—9.2	7	25
	G	23	0.04—7.2	3	11	0.04—15.2	3	88
	»	»	»			0.04—15.4	4	86
Kylmävarastointi	H		0.04	20	38	0.04	28	50
Cold storage	G		0.04	7	18	0.04	10	23

a = tuuletus, kun ventilation when CO₂ % > 2 %

b = » » » » » > 5 %

Edellä esitetyn kokeen rinnalla suoritettiin v. 1966 myös toinen koe, jossa pyrittiin selvittämään, kuinka korkealle kaappien ilman CO₂-pitoisuus nousee, jos niihin pannaan niin paljon salaattia, kuin sitä turmelematta on mahdollista, ja aiheutuuko korkeasta CO₂-pitoisuudesta vaurioita. Herttaässä-salaattia mahtui kaappiin 15 kg ja Great Lakes -salaattia 23 kg. Varastointiaika tässä kokeessa oli 2 tai 4 viikkoa, ja kokeen tulokset esitetään taulukossa 2 (koe II).

Kun kaasuvävarastointia kokeessa II oli jatkunut 2 viikkoa, oli Herttaässä sisäläneissä kaapeissa CO₂-pitoisuus noussut 7.6—8 %:iin ja Great Lakesia sisältäneissä 7.2 %:iin. Näiden erien kokonaistappio oli 9—11 %. Neljän viikon kuluessa nousi CO₂-pitoisuus Herttaässä sisäläneissä kaapeissa 9.2—10.2 %:iin ja Great Lakesia sisältäneissä 15.2—

15.4 %:iin. Herttaässä kokonaistappio oli 20—25 %. Great Lakes -salaatin kokonaistappio oli suuri, 86—88 %, mikä johtui siitä, että miltei kaikki kerät olivat sisäosistaan vioittuneita.

Koska v. 1964—66 suoritetuissa Herttaässä-salaatin kaasuvastointikokeissa ilmeni käänteinen suhde kokonaistappion ja CO₂-pitoisuuden välillä, suoritettiin v. 1968 2 tarkistuskoetta erilaisten CO₂-pitoisuuksien vaikutuksesta tappioihin. Näissä kokeissa kuhunkin kaappiin varastoitettiin 10 kg salaattia ja kaappien ilman CO₂-pitoisuudet säädettiin tuuletuksen avulla eri tavoitetasoille: 0.04—1 %, 0.04—2 %, 0.04—5 % ja 0.04—10 %. Lisäksi selvitettiin rinnakkaiserien avulla hajonnan suuruutta ja sen syitä.

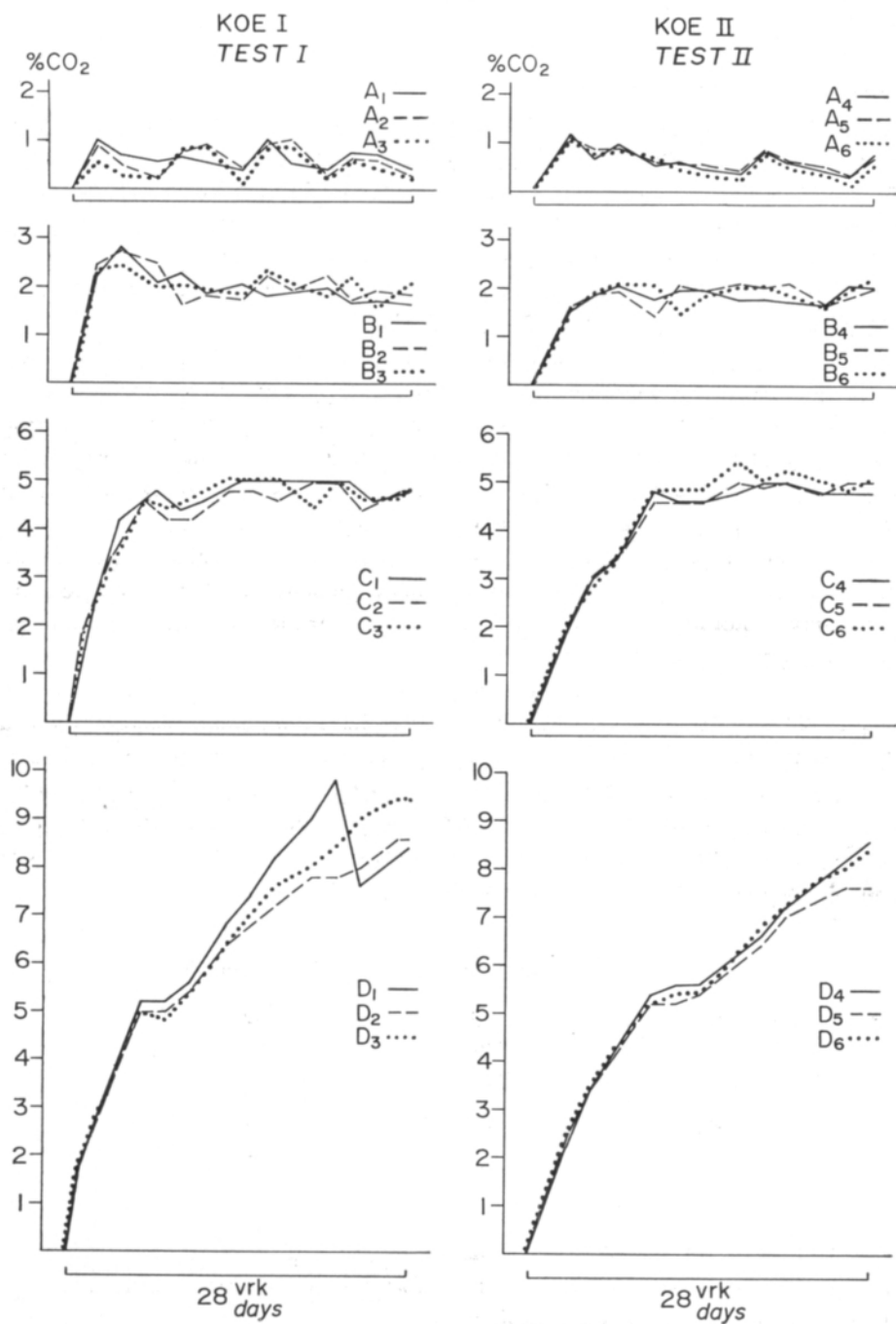
Molempia kokeita varten viljeltiin salaattierät, joista ensimmäinen vietiin varastoon 22.—23. 7. (kerien lämpötila korjattaessa 11—14°) ja toinen 23. 8. (kerien lämpötila korjattaessa 23—26°). Kaasuvastointikokeitten ohessa suoritettiin kokeet kylmävarastossa. Tuloksista (taulukko 3) varmentui käsitys, jonka mukaan Herttaässä kokonaistappio on sitä pienempi, mitä korkeampi on CO₂-pitoisuus. Niinpä 0.04—1 %:n CO₂-pitoisuutta vastaava keskimääräinen kokonaistappio oli 39 %, 0.04—2 %:a vastaava 34 %, 0.04—5 %:a vastaava 30 % ja 0.04—10 %:n CO₂-pitoisuutta vastaava kokonaistappio 28 %. Keskimääräinen haihtumistappio sen sijaan näytti olevan riippumaton vallitsevasta CO₂-pitoisuudesta. Vertailtaessa kokeen I ja kokeen II keskimääräisiä kokonaistappioita todettiin, että kokeessa I kaasuvastoinnin tappiot olivat pienemmät, 31 %, kuin kokeessa II, 35 %. Kylmävarastoinnin kokonaistappiot asettuivat suuruudeltaan päinvastaiseen järjestykseen: koe I 76 % ja koe II 51 %.

Rinnakkaiserien hajonta oli suurinta koejäsenessä 1, jonka varastoinnin aikana CO₂-pitoisuus oli 0.04—1 %. Kokeessa I suurimman ja pienimmän kokonaistappion erotus oli 10 % ja kokeessa II 9 %. Muiden rinnakkaiserien suurimman ja pienimmän kokonaistappion erotus vaihteli välillä 1—6 %. Varastoinnin aikana vallinneita CO₂-pitoisuuksia tarkasteltaessa (kuva 2) voitiin havaita, että koejäsenessä 1. oli suhteellisesti suurimmat erot ilman CO₂-pitoisuuksissa ja että jo 0.1 %:n ero keskimääräisessä CO₂-pitoisuudessa näytti aiheuttavan säilyvyyseroja, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään.

	Keskim. CO ₂ %	Kok.tappio %
Koe I	0.49	42
	0.61	32
	0.66	34
Koe II	0.53	44
	0.57	46
	0.67	37

Ilman CO₂-pitoisuuksia mitattaessa taas ilmeni, että kokeessa I hiilidioksidia kehittyi nopeammin kuin kokeessa II (kuva 2). Esimerkiksi 5 %:n raja saavutettiin kokeessa I n. 6 vrk:n ja kokeessa II n. 10 vrk:n kuluttua kokeen aloituksesta. Lisäksi havaittiin, että niissä kaapeissa, joissa CO₂-pitoisuuden haluttiin nousevan 10 %:iin, CO₂%:n kasvu pysähtyi parin päivän ajaksi silloin, kun CO₂-pitoisuus oli n. 5 %. Kokeessa I tämä vaihe esiintyi 6—8 vrk:n kuluttua kokeen aloituksesta ja kokeessa II 12—14 vrk:n kuluttua.

Kaasuvastointikokeitten rinnalla suoritettiin kylmävarastossa v. 1968 kokeen II



Kuva 2. Salaatin (Herttaässä) kaasuvarastoinnin aikana vallinneet ilman CO₂-pitoisuudet (%) kokeessa I ja II vuonna 1968.

Figure 2. The CO₂-concentrations of air (%) during gas storage of lettuce (*Passe Partout*) in tests I and II in 1968.

yhteydessä myös koe rei'ittämättömään tai rei'itettyyn muoviin pakatun salaatin säilyvyydestä. Muoviin pakatun salaatin kokonaistappio neliviikkoisen varastoinnin päätyttyä (taulukko 3) oli 31—32 % ja haihtumistappio 0.6 %.

Vuosina 1966 ja 1968 tehtiin myös havaintoja lehdenreunapolteen esiintymisestä Herttaässä-salaatissa satoa korjattaessa ja varastoinnin päätyttyä. V. 1966 satoa korjattaessa todettiin silminhavaittavasti poltteen vioittamaksi 10 kerää 100:sta, mutta v. 1968 kerät olivat terveitä. Neljä viikkoa jatkuneen varastoinnin päätyttyä tavattiin poltteen vioittamia kerä seuraavasti.

Kaasuvarastointi v. 1966		tautisia 25 kerää 100:sta		
» v. 1968 koe I	»	9	»	»
» » koe II	»	10	»	»
Kylmävarastointi v. 1966		» 56	»	»
» v. 1968 koe I	»	32	»	»
» » koe II	»	10	»	»

Varastoinnin aikana siis poltteen vioittamien kerien määrä lisääntyi, kaasugarastossa kuitenkin vähemmän kuin kylmävarastossa.

Tulosten tarkastelu

Aloitettaessa salaatin kaasugarastointitutkimukset esiintyi epä tietoisuutta siitä, voidaanko salaattia lainkaan varastoida umpinaisessa tilassa. Tarjolla oli mahdollisuus, että salaatti kehittämiensä eritteiden, esim. hiilidioksidin (Brooks et al. 1936) tai etyleenin (Rood 1956), vaikutuksesta vioittuisi. Alustavat tutkimukset kuitenkin osoittivat, ettei kaasugarastossa kellastumista tai muuta muuttuneeseen ilman koostumukseen viittaavaa näkyvää vioitusta ollut. Sen sijaan heti kaasugarastosta oton jälkeen salaatissa oli todettavissa tunkkautunut haju, joka kuitenkin pian haihtui. Salaatin maussa ei outoja piirteitä havaittu.

Alustavissa kokeissa kävi myös ilmi, että kaasugarastossa tappiot muodostuivat pienemmiksi kuin kylmävarastossa. Jatkokokeissa tämä suuntaus vahvistui nimenomaan Herttaässä-lajikkeen kohdalla. Vuosina 1964—66 ja 1968 kaasugarastossa Herttaässän kokonaistappio oli keskimäärin puolta pienempi kuin kylmävarastossa.

Haihdunta kaasugarastossa oli vähäisempää kuin kylmävarastossa, sen määrä pieneni varastoidun salaattierän suuretessa, ja varastointiajan pidetessä haihdunnan määrä kasvoi vain vähän. Kaikki edellä mainitut seikat viittaavat siihen, että kaappien sulkemisen jälkeen salaatti luovutti vettä, kunnes kosteustasapaino saavutettiin. Koska kosteutta ei kaappien ilmasta sanottavasti poistunut (joskus kaappeja aukaistaessa havaittiin vettä tiivistyneen kaapin seinämiin), kuten kylmävarastossa oli laita, salaatista tapahtuva kokonaishaihdunta jäi pieneksi.

Korkean suhteellisen kosteuden lisäksi myös ilman koostumuksella oli vaikutusta kokonaistappion määrään. Kun kaasugarastossa ilman CO₂-pitoisuus oli 10 % tai sitä pienempi, oli todettavissa käänteinen suhde hiilidioksidipitoisuuden ja kokonaistappioiden välillä. Vielä niin alhaisissa kuin alle 1 %:n hiilidioksidipitoisuuksissa näytti pitoisuuseroilla

olevan merkitystä. Edellä esitettyjen tutkimusten perusteella ei kuitenkaan voida, koska tutkimuksessa ei erikseen selvitetty happipitoisuuden alentamisen merkitystä, lopullisesti sanoa, missä määrin ilman CO₂-pitoisuuden lisääntyminen ja O₂-pitoisuuden aleneminen osaltaan vaikuttivat lopputulokseen.

Aikaisemmissa vihannesten kaasuvarastointitutkimuksissa on selvästi saatu viite siitä, että vasta happipitoisuuden ollessa hyvin alhainen päästään vihannesten värin muutosten ehkäisyssä samansuuntaiseen tulokseen kuin ilman lisätyn CO₂-pitoisuuden avulla. Niinpä EAVES ja LOCKHART (1961) totesivat tomaatin kaasuvarastointitutkimuksissa, että CO₂-pitoisuuden nostaminen 5 %:iin hidasti tomaatin kypsymistä ja että kypsymisen hidastuminen saatiin myös aikaan alentamalla ilman O₂-pitoisuus 2.5 %:iin. APELANDIN (1961) tutkimuksissa taas kurkkujen kellastuminen hidastui, kun ilman CO₂-pitoisuus kohosi 0:sta 5 %:iin, mutta myös happipitoisuuden alentamisella 16 %:sta 5 %:iin oli kellastumista hidastava vaikutus. LIEBERMAN ja HARDENBURG (1954) puolestaan totesivat, että parsakaalin kellastuminen kaasuvarastossa oli yhtä nopeaa, kun O₂-pitoisuus alennettiin 1 %:iin tai kun ilman CO₂-pitoisuus nousi 22 %:iin O₂-pitoisuuden samanaikaisesti ollessa 10—21 %.

Värin muutosten ohella on kaasuvaraston ilman koostumuksella todettu olevan muitakin säilyvyyttä lisääviä vaikutuksia. Ilman O₂-pitoisuuden alentuessa tiedetään hengityksen intensiteetin hidastuvan (esim. LIEBERMAN & HARDENBURG l.c.), korkealla CO₂-pitoisuudella on taas mikrobien toimintaa rajoittava vaikutus (esim. EAVES & LOCKHART 1961).

Salaatista eritty Borgströmin (1957) mukaan 30—55 mg CO₂:a kiloa kohti tunnissa, mikä edellyttäisi kokeissa käytetyissä kaapeissa päivittäistä 0.1—0.2 %:n suuruisia CO₂-pitoisuuden nousua salaattikiloa kohti. Tämän perusteella ei kaappien ilman CO₂-pitoisuuden lisääntymistä varastoinnin pidetessä kuitenkaan voitu ennustaa. Jo kahden varastointivuorokauden jälkeen mittauksia suoritettaessa todettiin, että esim. Herttaässä sisäläneissä kaapeissa ilman CO₂-pitoisuus oli lisääntynyt keskimäärin vain 0.08 %/kg/vrk. 14. varastointivuorokauden mittaustulosten perusteella laskettu keskimääräinen nousunopeus oli vielä pienempi, 0.04 %/kg/vrk. Varastointiajan pidetessä siis hiilidioksidin erittyminen vähenee.

Salaatin kaasuvarastointia suunniteltaessa ja asetettaessa tavoitteeksi erilaisia CO₂-pitoisuuksia tulee edellisen lisäksi otettavaksi huomioon se, että happipitoisuuden aletessa hiilidioksidin erittyminen hidastuu. Tämä merkitsee edellä esitettyä kaasuvarastointimenetelmää käytettäessä sitä, että pientä kilomäärää vastaava CO₂-pitoisuus muodostuu suhteellisesti suuremmaksi kuin suurta kilomäärää vastaava. Herttaässällä eri vuosina esim. 14. varastointivuorokautena mitattujen CO₂-pitoisuuksien (niistä kaapeista, joissa ei CO₂-pitoisuuden säätöä mainittuun havaintopäivään mennessä suoritettu) ja alkuperäisten kilomäärien välinen suoraviivainen korrelaatio ($y_r = 0.61 + 0.47 x$) kuitenkin viittaa siihen, että käytännössä voidaan happipitoisuuden alentumisesta aiheutuvan hiilidioksidin erittymisen hidastumisen ajatella tapahtuvan suoraviivaisesti ainakin silloin, kun O₂-pitoisuus ei alita 10 %:a. Tosin esim. v. 1968 todettiin CO₂ %:n kasvussa tauko, kun CO₂-pitoisuus oli noussut 5 %:iin. Tämä ilmiö voitaneen käsittää hengitysmekanismissa tapahtuvan muutoksen aiheuttamaksi.

Käytännön kannalta lienee kiintoisa myös se havainto, ettei neljän viikon aikana Herttaässä-salaatti täyteen ahdetussakaan kaapissa tai rei'ittämättömässä muovipussissa muut-

tanut ilman koostumusta niin paljoo, että siitä olisi ollut vahingollisia seurauksia. Great Lakes -lajikkeesta saadut kokemukset osoittavat kuitenkin, että lajikohtaiset tutkimukset ovat välttämättömät ja että yli 10 %:n CO₂-pitoisuus saattaa olla vahingollinen.

Hiilidioksidin kehittymisnopeuden suhteen havaittiin eroavuuksia, paitsi lajikkeiden välisiä myös saman lajikkeen, Herttaässä, kohdalla vuonna 1968. Varastoitaessa olivat salaattierät kehitysasteeltaan samat, sen sijaan II-erä oli rapeampaa ja sen korjuulämpötila oli korkeampi kuin I-erän. Näiden eroavuuksien johdosta odotettiin II-erän kehittävän hiilidioksidia nopeammin kuin I-erän. Kuitenkin II-erää sisältäneissä kaapeissa CO₂-pitoisuus nousi hitaammin kuin I-erää sisältäneissä. Selityksenä saattaa olla se, että jo 23—26°:n lämpötilassa, joka oli II-erän kerien lämpötila korjattaessa, salaatin ilmaraot ovat osittain sulkeutuneet, mistä johtuisi hidastuminen hiilidioksidin erittymisessä. Se, että kylmävarastossa II-erästä tapahtuva haihdunta oli huomattavasti pienempää kuin I-erästä, tukee käsitystä ilmarakojen sulkeutuneisuudesta. II-erän haihdunta kaasuväroastossa oli suurempaa kuin I-erän, mikä taas selittynee rakenteellisista eroavuuksista.

Tiivistelmä

Salaatin kaasuväroastointia tutkittiin Viikissä vuosina 1963—66 ja 1968. Tutkittavina lajikkeina olivat avomaalla viljellyt Herttaässä ja Great Lakes. Väroastoinnissa käytettiin menetelmää, jossa ilman koostumusta säädellään kasvinosien hengityksen ja tuuletuksen avulla. Tutkimuksessa selvitettiin tappioitten suuruutta, umpinaisessa tilassa tapahtuvaa ilman koostumuksen muuttumista ja CO₂-pitoisuuden vaikutusta säilyvyyteen.

Kaasuväroastossa salaatin haihtumistappio oli pieni, alle 10 % neljä viikkoa jatkuneessa säilytyksessä. Kylmävarastossa haihdunta saattoi samanpituisena aikana nousta 30 %:iin. Herttaässä-salaatin kokonaistappio kaasuväroastossa oli keskimäärin puolta pienempi kuin kylmävarastossa. Great Lakes -salaatilla ei näin suuria eroja havaittu.

Kaasuväroaston ilman CO₂-pitoisuuden lisääntyessä Herttaässä kokonaistappio pieneni. Great Lakes sen sijaan saattoi muuttaa ilman koostumusta niin paljon, että voituk-
sia aiheutui.

Kilomäärää kohti kehittyi Herttaässästä runsaammin hiilidioksidia kuin Great Lakesista. Väroastointiajan pidetessä CO₂-pitoisuuden nousu kaasuväroastossa hidastui, mikä johtui luontaisesta ja ilman muuttuneen koostumuksen aiheuttamasta hengityksen hidastumisesta.

KIRJALLISUUTTA

- ANON. 1965 Refrigerated stores for fruit. Min. of Agric. Fish. and Food. Bull. No. 159. 29 p.
—»— 1966 Transfresh: A sleeping service. Reprint from Western Grower & Shipper. Yearbook 1966. 4 p.
APELAND, J. 1961. Factors affecting the keeping quality of cucumbers. Meld. nr. 15 fra Inst. for grønsakdyrking. Norges Landbrukshøgskole. 14 s.
BERG, L. VAN DEN & LENZ, C. P. 1966. Effect of temperature, relative humidity, and atmospheric composition on changes in quality of carrots during storage. Food Technol. 20: 954—957.
BORGSTRÖM G. 1957. Hantering av grønsaker. 131 s. Göteborg.
BROOKS, C., BRATLEY, C. O. & MC COLLOCH, L. P. 1936. Transit and storage diseases of fruits and vegetables as affected by initial carbon dioxide treatments. U.S. Dept. of Agr. Tech. Bull. No. 519. 24 p.
EAKS, I. E. 1956. Effect of modified atmospheres on cucumbers at chilling and non-chilling temperatures.

- Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67: 473—478.
- EAVES, C. A. & LOCKHART, C. L. 1961. Storage of tomatoes in artificial atmospheres using the calcium hydroxide absorption method. *J. of Hort. Sci.* 36: 85—92.
- FIDLER, J. C. 1963. Refrigerated storage of fruits and vegetables in the U.K., the British Commonwealth, the U.S.A. and South Africa. *Ditton Lab. Mem. No. 93.* 23 p.
- KIDD, F. 1964. Beginnings of gas storage. Copy of *J. of Refrigeration*. Vol. 7. No 1. 4 p.
- »— & WEST, C. 1932. Gas storage of tomatoes. *Rep. Fd Invest. Bd, Lond.*, 209—211. Ref. TOMKINS, R. G. 1963.
- KUPRIANOFF, J. 1960. Die Zusatzverfahren. *Handbuch der Kältetechnik*. Band 10: 101—126. Berlin.
- LIEBERMAN, M. & HARDENBURG, R. E. 1954. Effect of modified atmospheres on respiration and yellowing of broccoli at 75 degrees F. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 63: 409—414.
- LIPTON, W. J. 1965. Post-harvest responses of asparagus spears to high carbon dioxide and low oxygen atmospheres. *Ibid.* 86: 347—356.
- LOUGHEED, E. C. & DEWEY, D. H. 1966. Factors affecting the tenderizing effect of modified atmospheres on asparagus spears during storage. *Ibid.* 89: 336—345.
- LYONS, J. & RAPPAPORT, L. 1962. Effect of controlled atmospheres on storage quality of brussels sprouts. *Ibid.* 81: 324—331.
- ROOD, P. 1956. Relation of ethylene and post harvest temperature to brown spot of lettuce. *Ibid.* 68: 296—303.
- TOMKINS, R. G. 1959. The conditions for the gas storage of certain fruits and vegetables obtained by the use of a simple small-scale method. *Ditton Lab. Mem. No. 4.* 4 p.
- »— 1963. The effects of temperature, extent of evaporation and restriction of ventilation on the storage life of tomatoes. *J. of Hort. Sci.* 38: 335—347.
- VOIPIO, I. 1966. Keräsalaaatin varastointi. Summary: Storage of head lettuce. *J. Sci. Agric. Soc. Finland.* 38: 15—26.
- »— & HÄRDH, J. E. 1967. Auch bei Gemüse ist Gaslagerung möglich. *Gemüse* 3: 67—68.
- WEST, C. 1951. The history of refrigerated gas storage for horticultural produce. *Proc. of the Eight Intern. Congr. of Refrigeration, London 1951.* pp. 406—409.

SUMMARY

GAS STORAGE OF HEAD LETTUCE

IRMA SUHONEN

Institute of Horticulture, University of Helsinki, Viik

Refrigerated gas storage of field grown lettuce was studied in 1963—66 and in 1968. The gas storage method was of a simple type; the carbon dioxide was produced by the respiring lettuces and the concentration of gas was controlled by the ventilation. In 1964—65 three tests were made using NaOH solution as the CO₂-absorbent. The gas stores were made of zinc, and their capacity was 336 l. The bins were situated in a refrigerated store where the temperature was 1—2° and the relative humidity 90—95 %. The carbon dioxide content of the bin air was determined with the Riken Keiki gas indicator.

The questions studied were: can lettuce be stored in a refrigerated gas store, how big are the gas storage losses, is there any difference between storage losses obtained in cold storage in above mentioned circumstances and in gas storage, is there any difference in the keeping quality of two varieties (Passe Partout and Great Lakes), and what is the influence of different CO₂ levels on the wastage.

According to the results (Tables 1 to 3, and Figure 1), lettuce could be stored in gas bins. The wastage after gas storage was usually smaller than after cold storage. For example, the average gas storage wastage of Passe Partout was only one half of the cold storage wastage. In gas stores the losses were limited by restricted evaporation and by concentration of gases. In the tests the keeping quality of the variety Passe

Partout increased with a higher CO₂-content. The above 10 % CO₂-concentrations were not studied with the Passe Partout lettuce, because even when the bins were packed full of Passe Partout (15 kg/bin), the CO₂-content during the 4 weeks' storage did not exceed 10 %. On the other hand, when the bins were packed full of Great Lakes (23 kg/bin), the CO₂-content of the air during the 4 weeks' storage rose to 15 %, and the lettuce was injured badly.

Measuring the gas concentrations of the air during the tests we noticed that during the first two to three days period the CO₂-content rose most quickly. With a lengthening of the storage period, the accumulation of CO₂ became slower. This was caused by a natural decrease in respiration, and by a reduction of the O₂-concentration. Based on the original weight of stored lettuce, Passe Partout produced quicker CO₂ than Great Lakes. Differences in the rates of CO₂-accumulation were also noted between different lots of the same variety. In 1968 the difference (Figure 2), for example, seemed to depend on the harvesting temperature, which for test I was 11—14° C and for test II 23—26° C. It was assumed that in the latter temperature the stomata of the lettuce are partly closed, and therefore the rate of the CO₂ evolution is reduced.