

# 農産物の CA貯藏

慶北大學校 食品工學科 崔鍾旭, 孫泰率

## 1. 개요

CA 저장은 1821년 블란서에서 과실의 저장수명을 가능한 한 연장시키기 위한 취지에서 복숭아, 서양배, 사과등을 1개월 내지 3개월 보존할 수 있다는 연구 보고가 당시 주목을 받았다는 보고가 있다.

CA의 기원은 1917년 KIDD와 WEST가 변형 환경대기하에 저장한 과실과 채소의 호흡작용에 관한 연구를 수행하여 1927년 최초의 실용화 연구를 실시하였다.

1950년부터 구미지역에서 CA저장은 양적으로 잘 보급이 되었고 질적으로 눈부시게 발전되었다. 저장 대상도 과실 뿐만 아니라 채소에도 응용되었다. CA저장에 관련된 연구도 각국에서 활발히 진행되고, 다방면에 걸쳐 행하여지고 있는 실정이다.

한국에서 CA저장에 관한 연구는 1980년경부터 소개되기 시작하였으나 시설장비의 부족과 저장기술의 미숙으로 실패되었고 실험실적 연구는 농진청에서 시행하였으나 실용적인 결과는 나오지 못하였다. 그러던 중 1989년 한국정부가 FAO와 CA저장에 관한 연구를 체결하여 이 PROJECT(FAO/ROK/TCP/8952)를 경북대학교 농업과학기술연구소에서 수행하게 되었다.

본 연구소에서는 이제 3년차 연구를 수행중이며 그간의 결과로 정부당국 생산자 및 생산자 단체와 기업에서 CA저장에 대한 관심을 가지게 되었다.

## 2. CA (Controlled Atmosphere)의 중요성

CA의 기원은 1917년 KIDD와 WEST가 변형 환경대기하에 저장한 과실과 채소의 호흡작용에 관한 연구를 수행하여 1927년에 최초의 실용화 연구를 실시하였다. 환경대기중 산소를 감소시키고 탄산가스 농도를 증대시킴으로서 채소의 대사작용이 감소되었고, 온도의 저하로 이 대사작용이 더욱 더 크게 감소되는것을 확인하였다. (Table 1, 2)

이러한 이점을 알게된 많은 기술자들은 이 특수한 저장 형태에 맞는 과실과 채소의 저장에 있어서 CA를 응용하였다.

Table 1 : Effect of temperature of ratio of respiration for same apple varieties

Cultivar	-1°C	0°C	+2.5°C	+3.5°C	+4.5°C
Delicious	3.1	3.4	4.2	4.6	5.1
Golden Delicious	3.3	3.7	4.5	5.0	5.5
Jonathan	3.6	4.0	4.9	5.4	6.0
Rome Beauty	2.4	2.6	3.2	3.6	4.0
Stayman Winesap	3.7	4.1	5.0	5.6	6.2

Relative value got by several measure

Table 2 : Rates of respiration of apples at 3.3°C relative to rates in air = 100

% O <sub>2</sub>	% CO <sub>2</sub>	% Respiration
21	0	100
8	0	60
8	2	57
8	5	52
3	0	49
3	2	47
3	5	43
1.5	0	39
1.5	5	25

탄산가스 증가와 산소 감소에 대한 감응은 여러가지 과실과 채소의 품종에 따라 많은 차이가 있어(Table.3) 이들의 최적기체 농도는 넓은 범위로 변할 수도 있다. 최적 기체 조성의 선택은 품종과 속도, 그리고 환경과 재배조건에 엄격히 제한을 받는다. 그러므로

Table 3 : Rates of respiration of some apple varieties at C.A. and regular air

Cultivar	storage			respiration intensity			
	°C	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	C. A.		R. A.	
				CO <sub>2</sub> *	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
Golden Delicious	0	3	5	33	30	70	56
Red Delicious	0	3	5	35	27	50	35
Red Delicious	0	3	0	40	27	50	35
Stayman	0	3	5	60	35	70	50
Belle de Boskoop	4	3	0	59	28	97	60
Reine de Renette	4	3	0	90	42	128	92

\* l/ton/24h

저장조건은 여러 재배 지역에서의 경험에 따라 다소 차이가 있다.(Table.4) 오늘 날 많은 품종에 대한 CA의 효과는 아직 충분히 알려져 있지 않고 있으며 환경대기 조성은 실용적 수준까지 추천되지 않고 있다.

Table 4 : Storage condition suggested for Jonathan apples in different countries

Country	Temperature °C	O <sub>2</sub> %	CO <sub>2</sub> %
Italy	2.5	3	2/3
"	3	2.5/3	3
Australia	0	3	5
Netherland	3	3/5	1
"	4	4/5	4/4.5
"	4	3/4	0/3
New Zealand	3/4	3/5	4/5
England	4/5	3/5	0/6
Belgium	3/3.1	3/4	2.5/3.5
France	3/4	3	2/3
Germany	3/4	2.5/3.5	3/3.5
Switzerland	1	2	7
"	4	3/4	3/4
Canada	0	3	3/5
U. S. A	0	2/5	2/5
"	4	5	5

여러가지 품종을 대기변화에 따른 감응도로 분류하면 다음과 같다.

CA효과가 큰 품종

과실: Annona, Actinidia, 밤, 버찌, 사과, 승도 복숭아(nectarine), 배, 복숭아, 서양 오얏(plum)

채소: Artichoke 아스파라가스, 싹눈양배추, 배추, 부로커리, 토마토, 꽃상치 cauliflower, 오이, 양파, 마늘, 양송이, 부추, 양배추

CA효과가 적은 품종

과실: 살구, grafefruit

채소: peas, 시금치, 감자

CA효과가 약간 또는 거의 없는 품종

과실: mandarin, 오렌지, 포도, 바나나

채소: 고추, 사향참외, 가지.

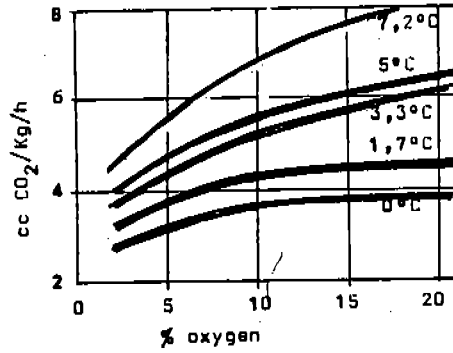
몇몇 과실과 채소의 수송 전과 수송 중 고농도 탄산가스 충격으로 상당히 효과가 있으며 그 결과는 다음과 같다.

과실: 딸기, 가지, raspberry, bilberry, blackberry, grapefruit, lemon, 감과 banana

채소: 완두콩, 아스파라가스, 양송이, 시금치, 무우

과실의 CA저장의 실제적 효과는 다음과 같이 요약된다.

- ① 호흡 작용의 감소, 즉 climacteric maximum의 감소 및 호흡의 일시 상승 전과 후의 기간의 확대 (Fig. 1)
- ② 산소와 에틸렌의 상호 작용에 기인된 에틸렌의 대사 작용에 미치는 효과의 감소로 노화 증상의 발현의 지연
- ③ 저장력의 증대, 즉 2배의 저장력과 노화현상도 상당히 지연 (Fig. 2)
- ④ 조직의 경도의 보존(Fig. 3), 이는 세포막에 작용하는 효소들에 미치는 탄산 농도의 영향에 기인
- ⑤ 높은 팽윤성, 과실에 다즙 및 바삭바삭한 물성이 높다.
- ⑥ 산도(Fig. 3), 당도와 비타민 C의 손실이 적음. 영양적, 기호적 품질이 우수함.



from Fidler

Fig. 1: Effect of O<sub>2</sub> concentration and temperature on respiration rate of Cox's orange Pippin apples

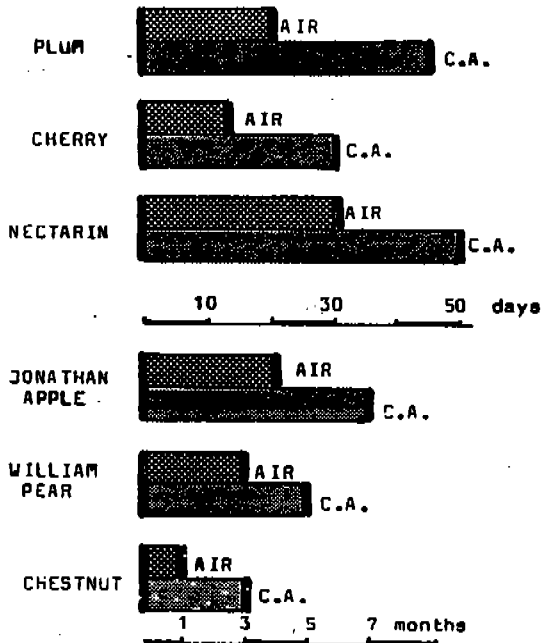
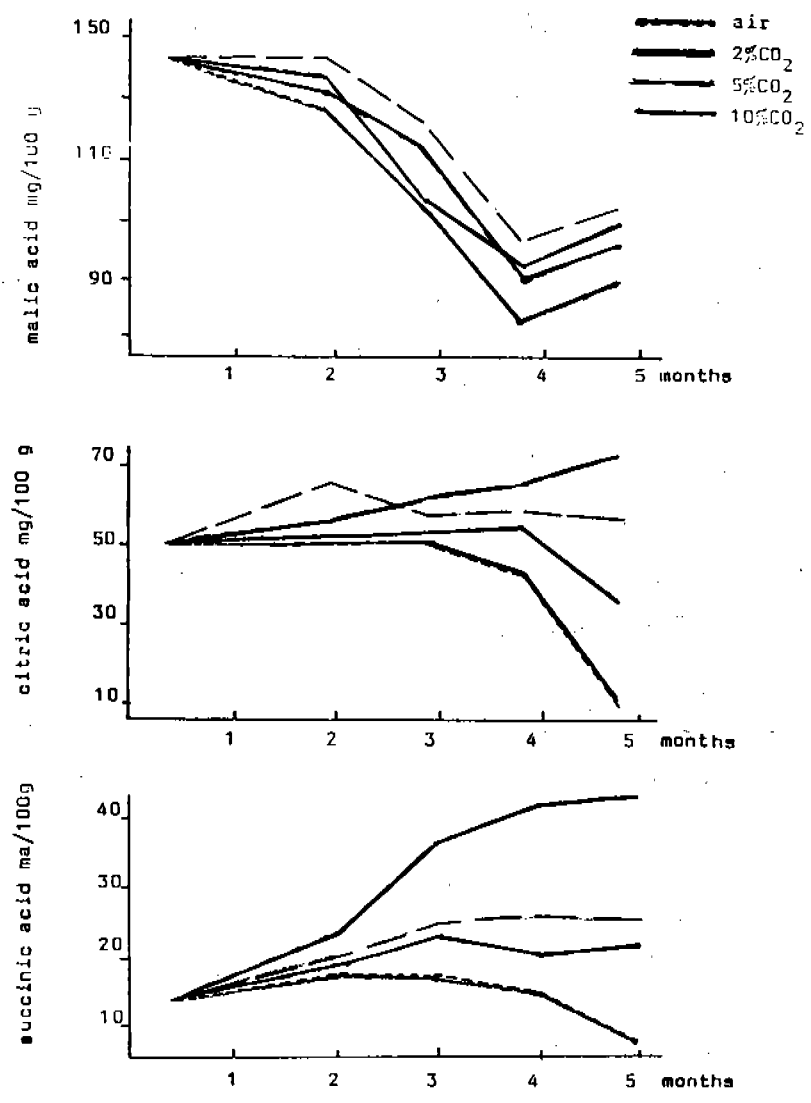


Fig. 2: Length of storage of several fruit at regular air and C.A.



from Williams and Patterson, 1964

Fig. 3: Changes in malic, citric and succinic acid content in Bartlett pears flesh

- ⑦ 엽록소의 제한적 분해, 색소의 안정성이 높다.
- ⑧ 저온 장애, spot, 부패, 갈변, water core 및 scald 등 생리적 장애 현상이 억제 또는 제한
- ⑨ 특히 저산소, 고농도 대기하에서 곰팡이의 감소.
- ⑩ 저장후 유통 중의 self life가 연장

상기 서술한 것점외에 CA에 의해 일어나는 몇가지 문제점이 있다. 즉 품종에 따라 CO<sub>2</sub>에 의한 민감성을 경시해서는 안된다. celeriac, 당근, 고추, 배추와 밀감류에서 CO<sub>2</sub>는 곰팡이의 증식과 생리적 장애를 자극시킨다고 보고 되고 있다. 더욱이 이와 같은 민감도는 기후 인자, 무기질 영양 인자와 수확시 속도에 제한받기 때문에 항상 알려지지 않고 있다.

고 CO<sub>2</sub>농도의 존재는 딸기에서는 acetaldehyde와 알콜 생성을 촉진시키며 pome fruit에서는 페놀화합물의 대사에서 나타나는 갈변과 장애 특히 에스테르의 생성으로 이취 현상이 나타난다.

고 농도 CO<sub>2</sub>에 저장시 근채류와 구근채소류는 호흡 작용이 강하여 그 결과로 장애 현상, 저장력의 감소, 썩어짐과 부패가 증대될 수 있다. 고 농도 CO<sub>2</sub>는 오이, cauliflower, 셀러리, 양파 등에서 연화가 촉진된다. 또한 고농도 탄산가스에 노출된 사과와 아스파라가스에서 아스코르빈산 농도가 급격히 감소된다.

CA의 폭넓은 실용화단계의 적합성 여러가지 측면에서 평가되며 특히 정성적 관점, 즉 비타민C의 낮은 손실, 색깔 발현(황색화)지연, 산도의 낮은 감소, 보다 높은 팽윤성과 조직 견고성 등에서 평가할 수 있다.

### 3. CA저장의 발전

CA저장의 연구 방향은 과거 수년 동안 최적 기체 조성에 대한 연구에 의한 새로운 경험과 산업기술의 발달에 따른 새로운 장비의 출현과 새로운 공급기와 건축 기술의 발달의 기초로 점진적으로 변하고 있다. 과실 호흡작용에 의한 산소와 탄산가스의 환경대기는 산소 11-16%, 탄산가스 5-10%의 수준에서 평형상태에 도달하며 분리장치의 사용으로 환경대기를 제한 농도인 산소 2-3%, 탄산가스 2-5%로 변형시키고 있다. 더욱이 최근에는 극소의  $O_2$ (1-1.5%),  $CO_2$ (0-1%)수준에서 연구되고 있다. 이 같은 결과는 냉동시스템,  $CO_2$ 와 대사산물(휘발성 물질, 에틸렌)을 제거하는 장치 및 불활성 기체환경을 만드는데 사용되는 장치의 우수한 수행의 덕분에 이루어진다. 그래서 CA조작의 기술들이 제안되었으며 이들간에 상당한 차이점이 있다.

연구의 경향과 CA 방법의 발전단계를 요약하면 다음과 같다.

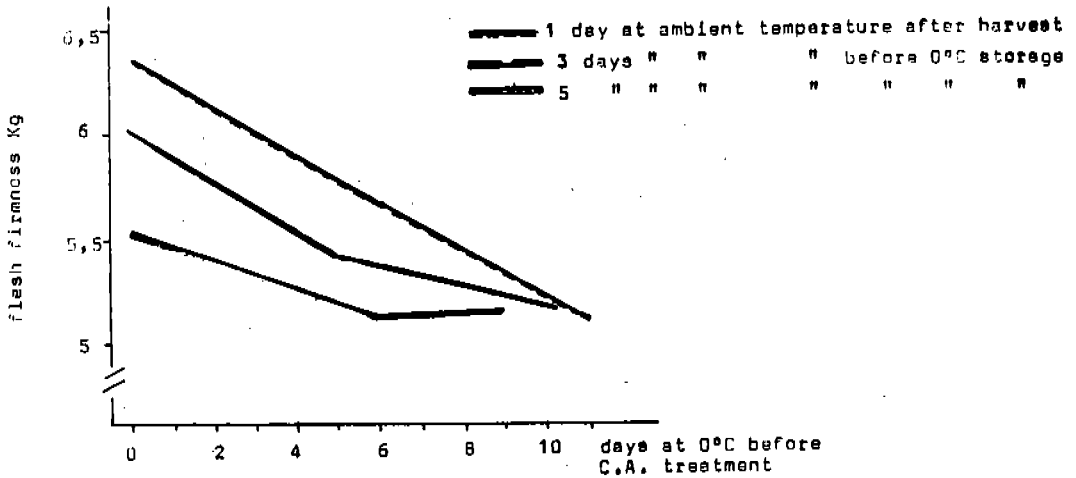
- 1) 평형상태의  $O_2$ 와  $CO_2$ (저장실내  $CO_2$ 흡수장치가 없음)
- 2)  $CO_2$  제거, 고농도 수준(7-10%)
- 3)  $CO_2$  제거, 저농도수준(0-3%)
- 4)  $O_2$ 의 감소 그결과  $CO_2$ 감소 (ULO : Ultra Low Oxygen)
- 5)  $O_2$ 의 수준을 1% 이하로 감소 (HLO : Hyper Low Oxygen)
- 6) Hypobaric Condition
- 7) 감압 조건 (LPCA)
- 8) Low ethylene CA (LECA)
- 9) 급속 기체 및 온도의 감소 (RCA)
- 10)  $CO_2$ 를 이용한 예비처리
- 11) Dynamic C.A (여러가지 형태)
- 12) 초기 산소자극 (IOS)

제안된 방법들 중에서 이미 저장고에 채택되어진 가장 흥미있는 기술은 ULO, RCA,  $CO_2$ 예비처리, LECA이다.



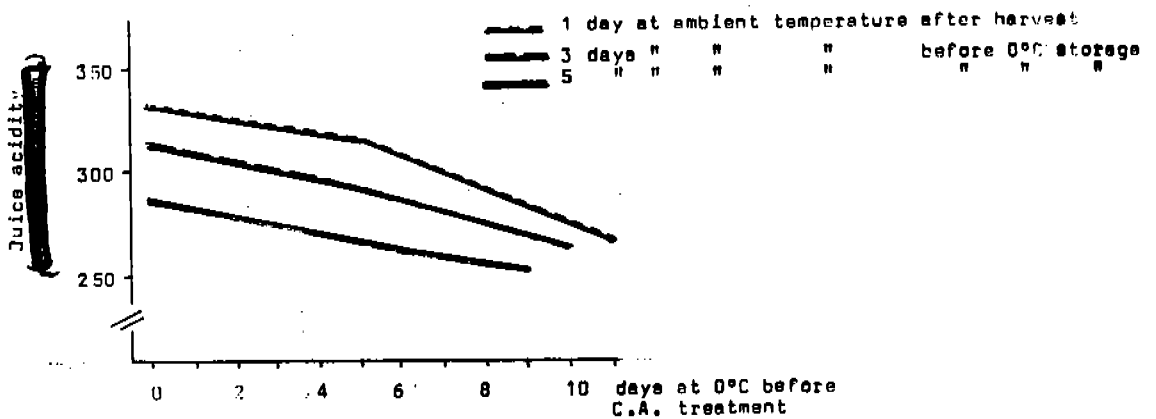
많은 연구결과에서 CA저장의 온도와 O<sub>2</sub>조건에 도달하는 시간을 단축하는것이 CA저장조건의 초기및 중간단계가 지연된것에 비하여 사과와 저장력이 우수함을 보고하고있다.

이 기술의 잇점은 숙성지연, 높은 경도, 산도의 저감소, 높은 팽윤성과 결과적으로 증산작용의 저하에 기인된 중량감소가 적다는 것을 들수 있다. 또한 생리적 장애(특히 Scald)가 저장중 극소 나타난다. (Fig. 4.5)



from Lau and Looney, 1982

Fig. 4: Flesh firmness of Golden Delicious apples as influenced by post harvest holding periods at ambient temperature implementing rapid C.A.



from Lau and Looney, 1982

Fig. 5: Juice acidity of Golden Delicious apples as influenced by post harvest holding period at ambient temperature before implementing rapid C.A.

공기를 질소가스로 치환하는 방법은 산소연소법(Open-loop 또는 Closed-loop generator) 또는 액체질소 사용법, 공기를 산소와 질소로 분리할 수 있는 plastic-filter 장치를 사용함으로써 달성할 수 있다.

급속 냉각은 저장실의 신속한 밀폐와 최적저장 환경조건을 달성하기 위하여 forced air in tunnel 또는 수냉식등의 예냉을 채택하면 가능하다. 그러나 저장실의 냉각능력이 뒤떨어지면 기대하는 결과를 달성하기는 어렵다.

고성능 냉동능력의 저장실(총 저장 능력에 대하여 1일 30-40%)의 채택은 높은 경비문 제외에 CA조건의 설정과 저산소, 저탄산가스의 정확한 조건의 유지등 일련의 다음단계 에서 어려움이 많이 있다. 이들의 어려움은 갑자기 냉각된 공기에 의해 나타내는 밀도의 변화와 공기를 고속으로 움직이는 fan의 압력에 기인되는 환경대기의 변화에 의하여 자주 일어난다.

저장실에 생산물의 입고시 냉각의 신속성에 대하여 Para and Devres(1988)의 긍정적인 평가 보고서를 주목해야 한다. 즉, 과실의 품온을 신속히 냉각하였을 경우 사과와 상업 적 저장고의 전력소비가 5.3% 절약되었고 증량감소가 10.6% 낮아졌음을 강조하였다.

과피 변색과 core 조직내의 cavity 형성을 하는 현상(asphyxia)을 방지하기 위하여 과 실품온이 5°C이하로 내려갔을때 산소농도를 감소시켜야 한다고 강조하고 있다. 비생물 학적 방법을 사용할때 산소는 일시에 최종 CA조건까지 감소되지 않는다. 즉 이것은 생 리학적 견지나 경제적 견지에서나 필요치 않는 사항이다.

산소농도를 2-3%까지 저하시키는데 질소 또는 연료의 소비가 대량 초래되므로 현명한 방법이 아니다. 즉 이 경우 공기가 치환되는것이 아니고 혼합기체가 저장실 내부에 형 성되기 때문이다. 이 기술을 급속 냉각상태하 사용한다면 호흡률은 이미 산소의 10%미 만 감소에 따라 심한 억제를 받는다. 산소 7-8%농도에 도달하기 위하여 저장실 체적에 상당하는 질소량이 소비 될것이다. 정상적으로 입고된 저장실 내에서 공기량은 빈저장실 체적의 2/3에 해당된다.

환경대기로 부터 산소의 급속감소는 총괄저장기간이 짧은 핵과류와 채소의 저장에 특 히 효과적인 방법이다.

산소연소방식을 채택하였을 경우 문제는 생성된 CO<sub>2</sub>의 조속한 제거의 방법이다. 이 방 법은 비경제적이고 그리고 청과물 품질면에서 장점은 불확실하다. 몇몇 품종에서는 환 경대기내 고CO<sub>2</sub>농도에 일시적인 처리는 잇점이 있다고 증명되었다. (Shock treatment)

저장온도와 변형대기에 신속히 도달하기 위한 운전조건은 다음과 같다.

- 1) 생산물의 예냉처리, 즉 저장실에 2일내 입고.
- 2) 24 시간이내 산소를 6-8%까지 감소.
- 3) CO<sub>2</sub>농도는 CO<sub>2</sub>충격처리를 하지않은 경우라도 산소농도와 거의 동일한 수준까지 감소.
- 4) 4-6일 동안 O<sub>2</sub>는 1.5-2%까지 감소되고 CO<sub>2</sub>는 처리하는 품목도 품종에 따라 산소농도와 동일수준 또는 더 낮은수준 까지 감소

저장실간 기밀성이 우수하고 부대시설이 적당할경우 ULO형 저장이 가장바람직하다. 이 경우 산소는 1%수준으로 고정하고 탄산가스는 0.5-1.5%범위내에 수준으로 고정한다.

#### 4. 환경 대기의 선택

Kidd와 West의 첫번째 이론적 경험 이래 CA의 실용적 응용까지 10년의 세월이 흘렀다. 이어 50년간 일련의 연구가 진행되고 특히 새로운 건축기술과 지원장비가 개발됨에 따라 획기적인 발전이 이루어졌다.

개발기간 동안 저장효과를 개선하기 위하여 CA저장법과 특수기술의 채택에 대한 많은 제안이 나왔다.

최근 산소 1%이하 그리고 탄산가스가 전혀없는 환경대기(소위 HLO system)의 채택을 제시하고 있다. 더욱이 LPCA, DYNAMIC C.A. CO<sub>2</sub>의 간헐적 처리, IOS등은 기술적 어려움과 경제적 경쟁의 불확실성으로 다음 수년동안에는 실제 응용하기는 어려울것이다.

실제 응용가능성 측면에서 가장 흥미있는 기술은 ULO, LECA이다. 이환경 대기의 조건을 실현하기 위하여 저장고의 건축기술 뿐 만 아니라 분석및 순수분리 장치가 특별히 요구된다.

오늘날 이기술산업은 이러한 장비들을 공급 해주어 이들기술들이 특별한 어려움 없이 적용할 수 있는데 반해 앞서 말한 H.L.O, LPCA등은 이론적으로 많은 장점이 있으나 실제 응용하는데는 어려움이 많다.

급속냉각(RAPID COOLING)은 숙성과정을 억제하여 실제 과실은 녹색을 띠고 경도가 단단하며 산의 농도가 높게 남아있다. 저산소를 겸용한 RCA는 이들 결과를 나타내고 있다 (Fig. 6) 에틸렌을 동시에 감소시키고 이들 합성을 억제하므로써 조직의 경도(Fig. 7) 산도(Fig. 8)그리고 과피색(Fig. 9)에 있어서 영향이 뚜렷하다. 실제로 탄산가스의 억제작용에 기인된 효과는 대사활성의 감소로 나타나지 않았다.

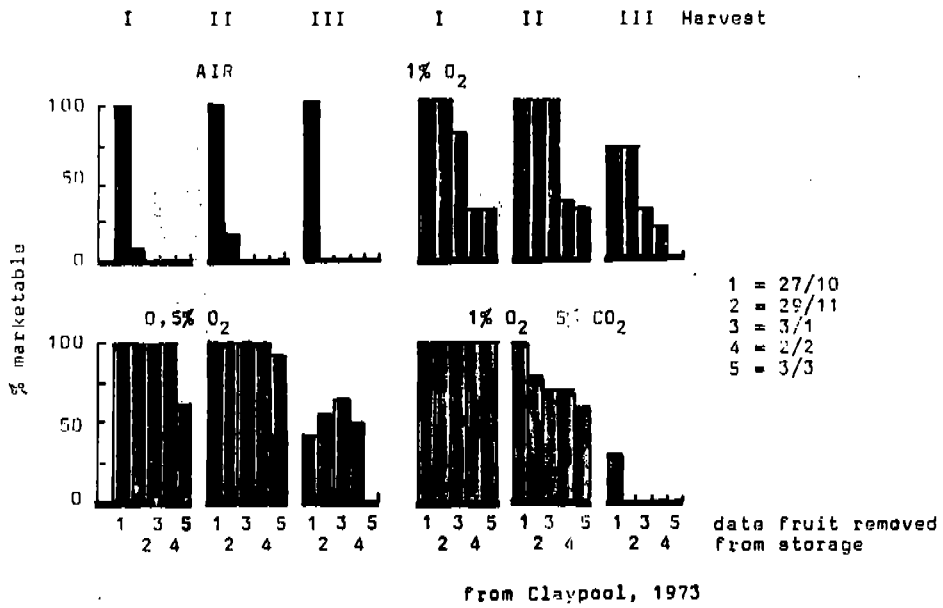


Fig. 6: Marketable Bartlett pear judged by internal and external condition of fruit following reopening after storage in atmosphere as indicated

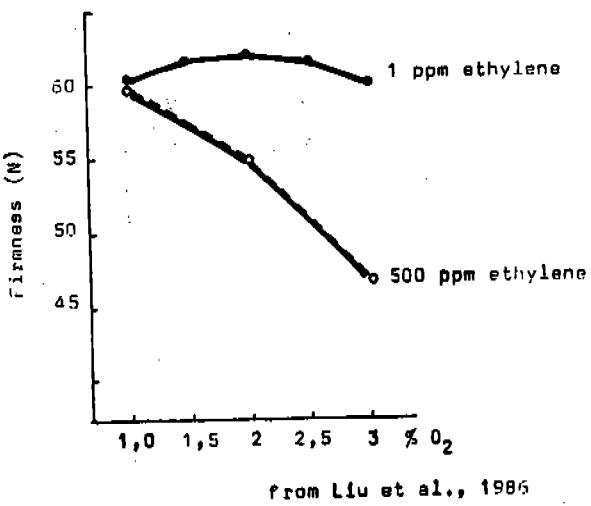


Fig. 7: Effecting of O<sub>2</sub> and ethylene concentration in storage on the firmness of apples

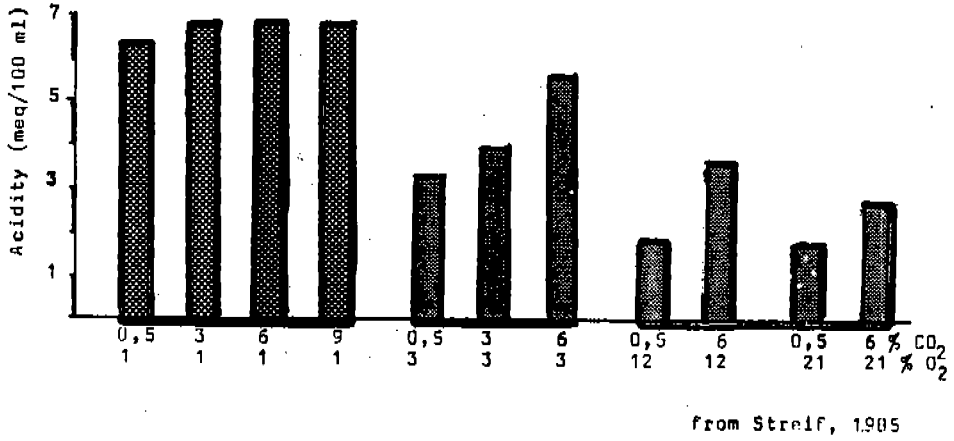


Fig. 8: Effect of C.A. on acidity in Golden Delicious apples

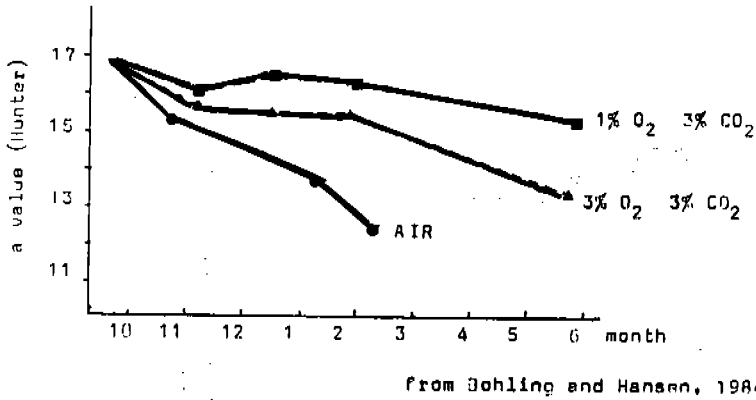


Fig. 9: Green colour modification (a Hunter) during storages at different condition on Golden Delicious apples

저 산소농도를 채택할때 환경대기내 CO<sub>2</sub>농도는 저장품목 및 품종에 따라 달라진다. 사과 Delicious 품종은 O<sub>2</sub> 1-1.5%, CO<sub>2</sub> 0.5-1%구에서 좋은 결과인데 반해 사과 Golden 품종은 CO<sub>2</sub> 3%구에서 결과가 좋았다. 배 품종(Abate Fetel, Conference 와 Kaiser)과실의 경우 O<sub>2</sub> 4%이상, CO<sub>2</sub> 극소량농도이나 William (Bartlett) 품종에서 O<sub>2</sub> 3%, CO<sub>2</sub> 3-7% 농도에서 아무런 장해현상이 없다.

Passa Crassana Pear 에서 저장온도 0°C에서 저산소와 무 CO<sub>2</sub> 농도구에서도 조직의 변색과 연화현상이 서서히 진행되는데 비해, 비교적 늦게 나타나는 내부갈변은 방지할 수 없다. 이런 변화의 빈도를 감소하기 위하여 5°C 이상 온도, 고농도 CO<sub>2</sub> (8%) 로 처리한다. (Fig. 10) 이런 조건하에서 검은 황색이 발현되는데 이것은 에틸렌을 제거하므로 방지할 수 있다

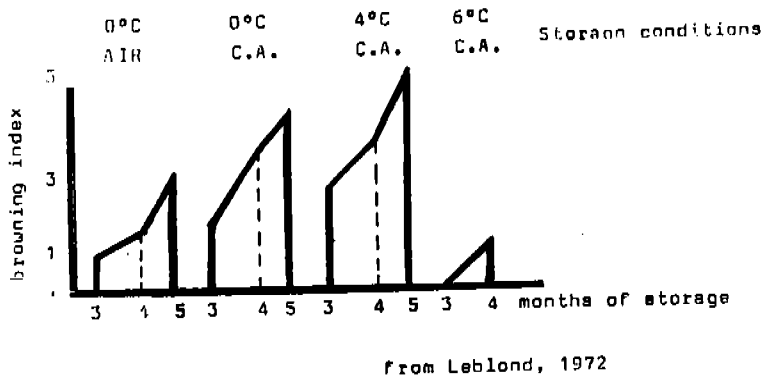


Fig.10: Internal browning in Passa Crassane pear at different storage time in regular air and C.A. ( 5% O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> )

ULO 기술을 채택할때 시간당 6-8 air replacment 할수 있는 송풍기로 저장실내 공기의 연속적 순환이 요구된다. 또한 정상적 공기순환을 촉진하고, 실내 대사산물의 축적과 실내 위치에 따른 온도차를 방지하기위하여 합리적인 적재방법이 채택되는것도 중요하다.

탄산가스의 존재는 Flavor에 관계하는 휘발성 물질의 생성을 억제한다.

어느정도 식미의 결핍현상이 일어날 수 있는 휘발성물질의 결핍은 저 산소농도 대기하에서 더욱 확실하다(Fig.11)

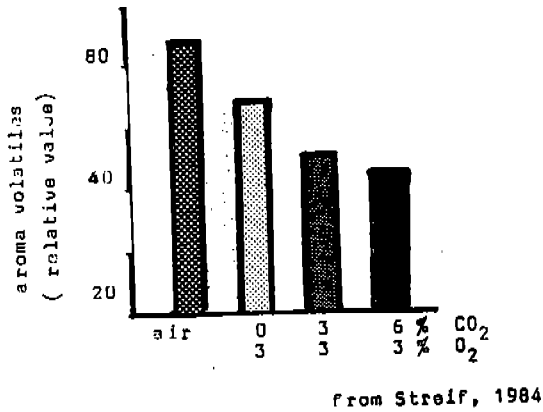


Fig.11: Effect of different composition of C.A. on production of volatiles at 20°C in Golden Delicious apples

## 5. CA에 있어서 에틸렌의 중요성

성숙호르몬인 에틸렌은 산소 존재하에서 생합성된다. 생합성은 조직내 산소가 낮은 농도, 또는 탄산가스가 높은 농도 일때 심하게 억제된다. 또한 exogenous 에틸렌은 호흡율을 완화시키므로 저장실내 환경대기의 에틸렌은 제거해야 된다.

에틸렌의 저장에 미치는 영향 특히 CA하에서 영향은 최근에 재검토하여 그중요성이 저온 및 저산소 조건하에서 실제로 과소평가 되었음이 증명되었다. 양조건하에서 에틸렌의 존재는 무영향으로 간주되었다 그런데 최근 3°C이하, 산소 2%미만의 환경조건에서 과실을 저장하더라도 preclimacteric stage에서 에틸렌의 제거는 사과와 산도 조직경도에서 보다 우수하게 유지할수 있다는것을 증명하였다. (Fig. 12) 또한 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>는 에틸렌 생성에 있어서 상호 간섭한다. (Fig. 13)

대형 상업용 저장고에서 에틸렌의 완전제거는 촉매분리 방식(Catalytic purification unit)을 채택하는것이 효과적이며 소형저장고 또는 미량의 에틸렌이 존재하여도 저장결과에 위협이 없는경우 점토에 과망간산칼륨을 포함시킨 흡착제로 구성된 화학분리방식 (Chemical purification unit)를 채택한다.

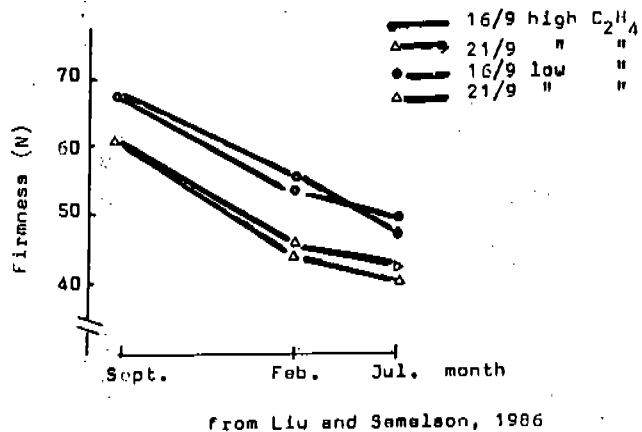


Fig.12: Changes in flesh firmness of McIntosh apples in high and low ethylene C.A. storage

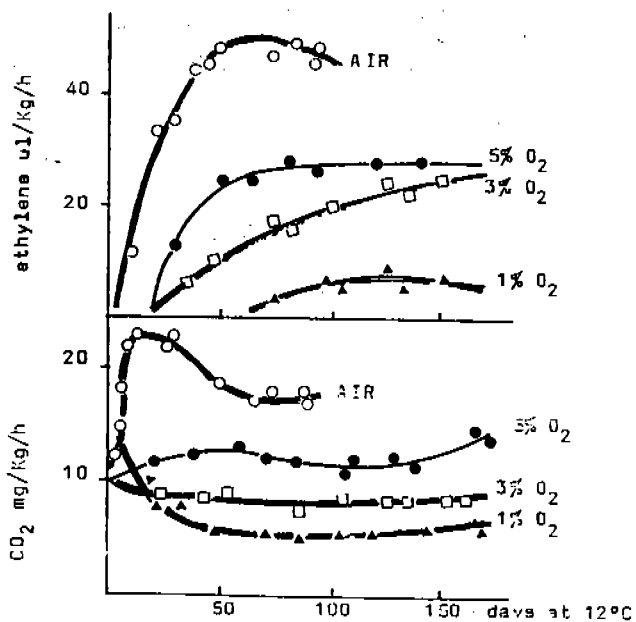


Fig.13: Respiration and ethylene production of Cox's apples stored at 12 C



분리장치의 의 적합성은 화학적방법에 의한 분리 효율성이 낮은것에 의존하지 않고 분리장치에 의하여 치환된 공기량과 저장고내 공기량의 부적당한 비율에 따른다.

과실의 에틸렌 생성의 억제, 숙성의 지연, 저장생명의 연장을 위하여 LECA기술을 채택하는데 이는 과실의 급속냉각과 CA환경대기의 신속조성이 이루어져야 한다. (Fig. 14)

결론적으로 사과 그리고 기타 에틸렌 민감성 품종을 저장한 저장고에서 에틸렌의 제거는 아래의 사실을 확인하였다.

- ① 높은 조직경도(수확시기에 따라 차이)
- ② 저장력의 연장(강한 호흡억제)
- ③ 휘발성물질과 기타 물질 생성의 감소
- ④ 엽록소 분해의 감소
- ⑤ Scald의 억제

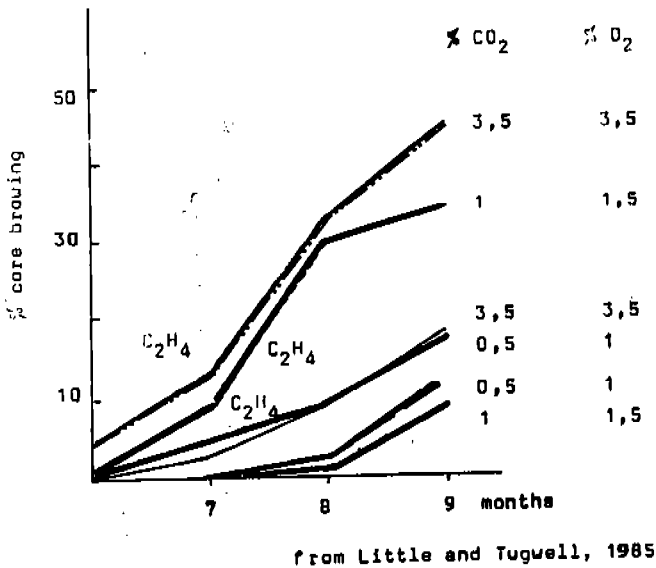


Fig.14: Incidence of core browning on Granny Smith apples associated with high ethylene during conventional C.A., ULO and HLO storage

## 6. CA 건설에 관한 기술적 문제

### 1) 저장실의 구조적 특성

저장실의 완전한 기밀성이 CA를 실행하기 위한 첫번째 조건이며 적절한 기체기밀성을 얻고자하면, 특히 저장실벽과 저장실문의 구조적 특성이 필연적이다. 또한 그밖의 요인은 CO<sub>2</sub> 제거장치 (Scrubber)의 기술적 특징과 기밀성에 직접 영향을 미치는 냉동장치의 규모등이 매우 중요하다.

벽체는벽돌, 또는아연도금강판, 또는Polyester resin의 panel(polyuretane계)로 축조된다. 압력변화에 따라 생기는 응력을 이겨낼 panel의 탄력이 접합부(특히 천장과 벽체, 벽과 바닥)의 안전성에 문제가 된다. 완전 밀폐를 위하여 특수 구조장치가 요구된다. 벽체와 천장의 접합부는 탄력이 있어야 한다.바닥에 있어서 벽체는 바닥안에 매립되어야 하며 벽-바닥 일치성은 Polyethylene sheet로 벽을 따라 도포하고 최종적으로 작은 보호벽을 쌓는다. (Fig. 15)

불충분한 기체기밀성은 바다구조에서 문제가 일어난다. antiwear 표면은 저산소 농도의 기체기밀성을 보장할 수없다. 단열재와 bearing concrete 사이에 기체의 barrier를 설치해 주는데 그것은 melt-welded plastic lami nate sheet로 벽체 높이에 최저 50 cm 까지 도포해야 한다.

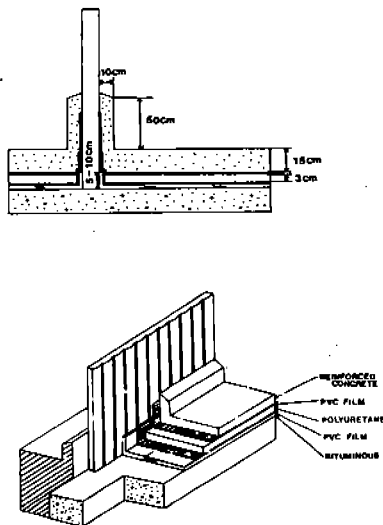


Fig.15: Structure of wall and floor

높은 구조적 안정성을 보장하는 잇점 외에 판넬(두께 14-15 cm)은 단열 능력의 우수성으로 에너지 소비면에 상당한 이점, 즉 종래의 판넬(두께 10-12cm)에 비하여 10%의 에너지 절약을 제공한다. 만약 벽체가 벽돌로 건설되었다면 종래의 단열재와 방수벽 이외에 fibier glass-farbic reinforced polyester resin을 사용하여 기밀성을 보완할 수 있다. 그러나 이것의 주 결점은 쉽게 깨지는 경우이나 이것은 수지와 farbic piece로 재밀봉 수 있다. 재료를 분석하면 1m<sup>2</sup>당 polyester 1600 g, fiberglassfabric 225 g, 마무리도포 300 g으로 전체적으로 2150 g/cm<sup>2</sup>이 소요된다.

냉동기와 CA장치가 작동 중과 증발기의 제설시 압력의 변화가 심하게 일어난다. 첫번 경우는 감압 상태이고 마지막 경우는 과압 상태이며 이 압력변화는 수두 10-40 mm의 범위이다. 이런 압력변화를 보상하기 위하여 보상공기 주머니 (breathe bag, 재질:Nylon과 polyethylene)과 hydrostatic-head valve를 장치한다. (Fig. 16)

저산소 환경대기를 실시하고자하는 현재의 경향에서는 CA저장실내 증발기의 특성이 매우 중요하다. 냉동 능력이 초과된 저장고에서 작동중 또는 실제 저장 기간 중 냉동 능력의 과잉으로 압력 변화가 일어나 낮은 산소 수준을 유지하는데 어려움이 있다.

CA저장실의 기체 기밀성을 평가하기 위하여 2가지측정 방법이 개발되어 있다. 가장 널리 사용되는 측정방법은신속성과 단순성의 관점에서 가압 측정법이 널리 사용된다. (Fig. 17,18) 제2의 방법은 저장실내의 CO<sub>2</sub> 분압 측정법이다. 이 방법은 시험 기간이 1-4일 정도 걸리기 때문에 널리 사용되지 않는다. 그러나 이 방법은 냉동 설비의 작동에 기인되는 복합적 기밀성 문제에 대하여 신뢰성을 갖는다. (Fig. 19)

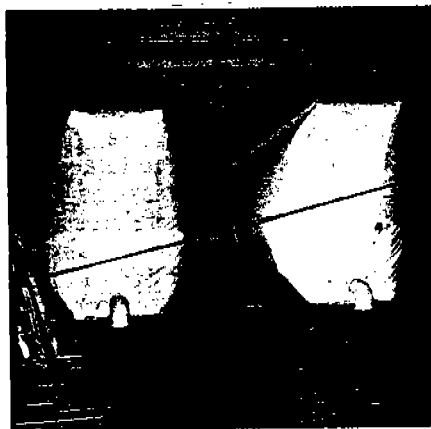


Fig.16: Breathe bag for compensation on the roof of C.A.room

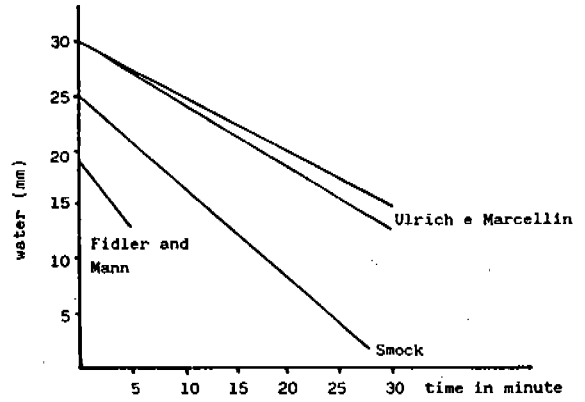
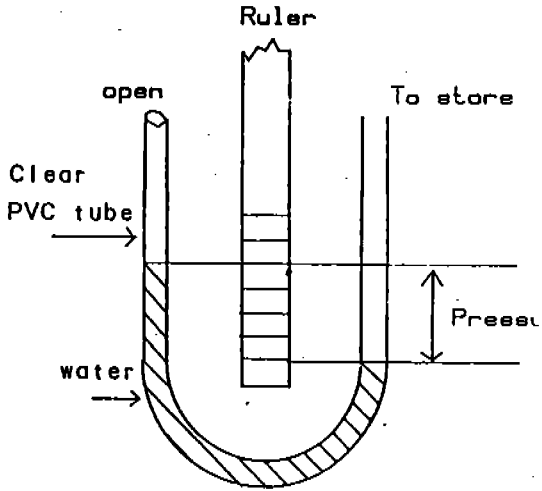


Fig.17: Evaluation of efficiency of C.A. storage room by fall in pressure

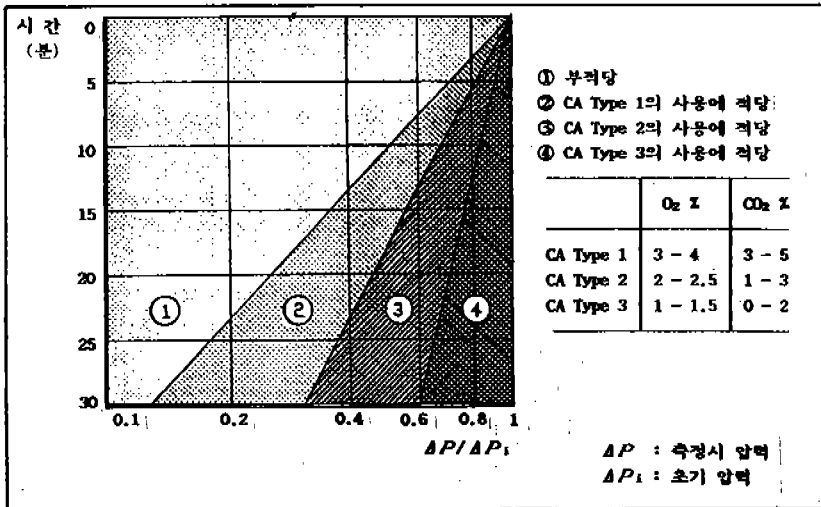


Fig.18: Test of gas tightness

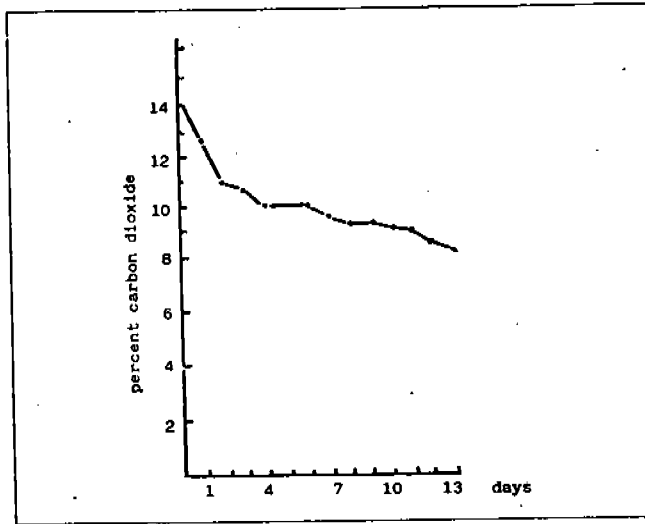


Fig.19: Rate of leakage of carbon dioxide from gastight metal-shell structure

## 2) 탄산가스와 에틸렌 제거를 위한 설비

저장청과물의 대사활동이 저장고내 환경대기를 구성하는 기체혼합물을 연속적으로 변형시킨다. 그러므로 이들 조건들을 최적으로 유지하기 위하여 CA저장설비인 CO<sub>2</sub>흡수장치(Scrubber)를 설치하여 예측된 환경대기농도를 유지조절한다. CO<sub>2</sub>흡수장치의 조작은 여러가지 기초원리에 따라 수종의 장치가 개발되고 있으며 그 기능성과 효율성에서 여러가지 특징을 나타낸다.

미국에서는 현재까지 lime을 고효능력의 특성때문에 흡착제로 사용하고 있으나 유럽에서는 조작상의 문제점으로 사용하지 않는다. 이태리에서는 활성탄에 과망간산칼리 또는 ethanolamine을 흡착시킨 흡착제를 사용하는 중앙집중식 system (centralized system)을 개발하여 24 시간 작동동안 300 Kg이상의 CO<sub>2</sub>를 제거 시키는 기술을 개발하였고 최근에는 각 저장실마다 소형 scrubber를 설치하는 개별식 system(individual system)을 고안 하였다. 이 개별식 방법은 공기이동에 의한 감압현상이 없고, 각실내부 CO<sub>2</sub>농도를 1% 미만으로 유지 할수 있다. (Fig. 20) 여러가지 기능적 조작은 각scrubber와 중앙 컴퓨터 제어분석 system과 연결되어 자동적으로 대기분석, 통제된다.

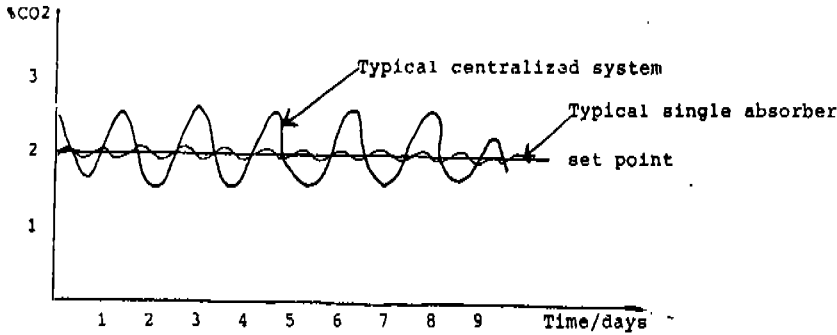


Fig. 20: Graph of difference between absorber effect in the room

에틸렌 제거장치는 CA저장실의 에틸렌 조절을 위한 필수장비이다. 장치의종류는 화학적 흡착방법과 물리적(산화적) 제거방법이 있다. 화학적 방법은 KMnO<sub>4</sub>를 Clay 입자에 충전시켜서 담은 통과 송풍장치로 구성되어있다. 그러나 이 방법은 강한 흡착력은 있으나 흡착시간이 매우 짧다.

현재 catalytic-fed 분리장치는 효율성과 제거능력에서 가장 신뢰 할 수 있는 장치이다. 여러가지 모델이 과거에 제시되었으나 현재 산업적 수준에서 가장 널리 보급된 모델이 diffused model이다. (Fig. 21)

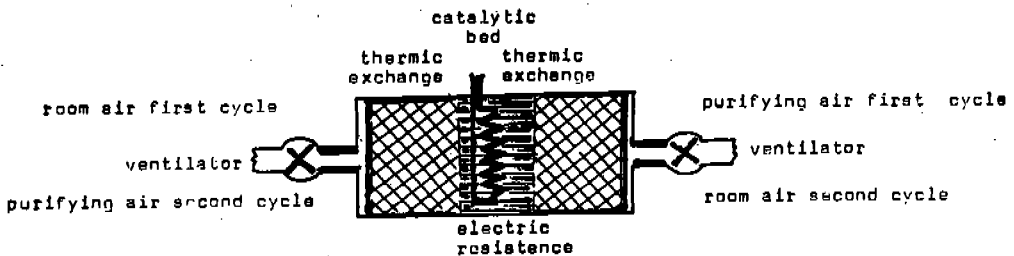


Fig. 21: Pattern of catalytic scrubber at alternating operation

### 3) 질소 발생 장치

질소가스에 의한 산소수준을 감소시키는 것은 매우 어려운 문제가 있다. 만약 액체질소를 사용한다면 저장고내 공기는 적당 산소농도에 도달할때까지 치환시켜야한다. 이경우 질소공급 배관이 필요하며 가스도입구와 가스배출구가 상호반대방향에 장착되어야 한다.

산소농도 감소는 질소발생장치에 의해 실행되며 이런 장치는 여러가지 형태가 있다. 즉 1) Free-flame  $O_2$  Combustion, 2) Catalytic process, 3)  $NH_3$  열 분해에 의해 얻어지는 질소, 4) 질소와 산소에 대해서 선택투과성을 가진 특수 Hollow fiber를 통한 공기의 분리등을 들 수 있다.

최근에 고효율성 물리적 분리방법이 소개되고 있다. 이 장치는 선택적 투과 Plastic의 Hollow fibular membrane으로 구성되어 질소와 산소등 주요공기조성물은 이투과막에 의해 분리된다. (Fig. 22)

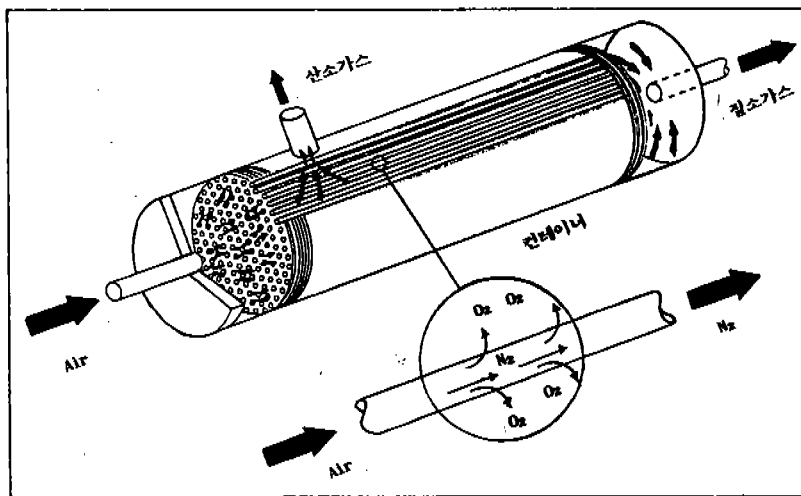


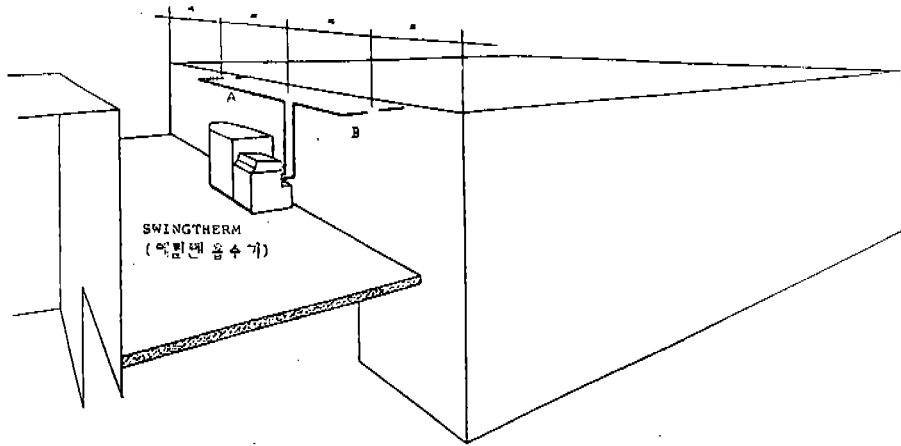
Fig. 22: Structure of a hollow fibre module

# C.A. 저장에 필요한 설비 구성

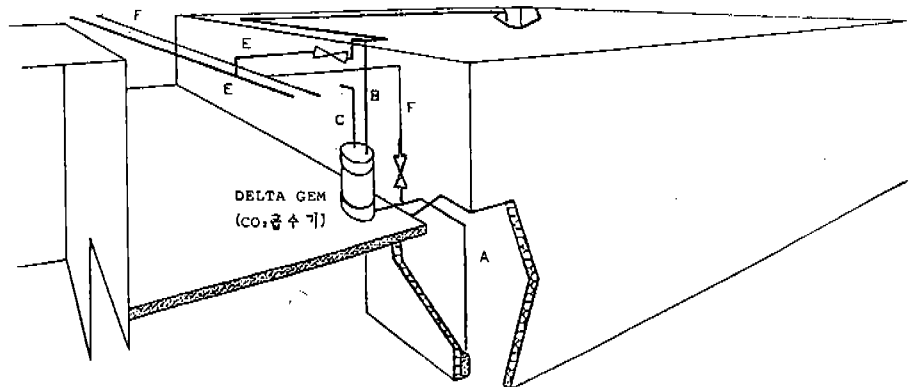
기능	기능
CO <sub>2</sub> 흡수기	<p>과실은 저장고내에서 산소호흡을 하게됨으로 O<sub>2</sub>를 흡수하고 CO<sub>2</sub>를 방출하게 됩니다. 이때 저장고내의 CO<sub>2</sub>농도는 약 2~3% 정도 유지하는 것이 가장 적합한 수준으로 알려져 있습니다.</p> <p>만약, CO<sub>2</sub>농도가 높아지면 과실의 과심에 갈변 현상이 증가됩니다. 따라서, CA 저장에 있어서 CO<sub>2</sub> 흡수기는 필수적인 장비입니다.</p>
질소 발생기	<p>대기는 일반적으로 질소 78%, 산소 21% 그리고, CO<sub>2</sub> 0.03%로 구성되어 있습니다.</p> <p>하지만, CA 저장조건은 약 95%이상의 질소와 약 2~3%의 산소, 약 2~3%의 CO<sub>2</sub>로 구성되는 것이 가장 적합한 조건으로 알려져 있습니다.</p> <p>그러므로, 임의로 질소를 저장고내에 주입시켜 과실의 호흡을 조절할 필요가 있습니다. 따라서, 질소 발생기는 CA 저장에 있어서 가장 중요한 장비중에 하나입니다.</p>
에틸렌 흡수기	<p>과실에서 방출되는 에틸렌은 과실에 성숙을 촉진시켜서 과실의 육질이 나 저장에 막대한 손상을 입히므로 에틸렌을 적절히 제거해야 합니다.</p> <p>그러므로, CA 저장에 있어서는 에틸렌 제거를 위하여 에틸렌 제거용 설비가 필요합니다.</p>
컴퓨터 분석기	<p>각 저장고 내의 대기농도를 측정해서 최적의 CA조건을 만들기 위해서는 수시로 저장고 내의 대기 조성을 검사해야 합니다. 그래서 저장고내의 CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> 농도를 측정해서 이를 제어할 장비가 필요합니다.</p> <p>이러한 필요에 의해서 개발된 것이 컴퓨터 분석기 입니다.</p>
가 습 기	<p>CA 저장고내의 습도유지는 과실의 저장에 있어서 매우 중요합니다.</p> <p>습도가 낮을 경우에는 과실이 건조되며, 외관이 손상되고 과육 조적이 나빠집니다. 반대로, 습도가 높으면 미생물에 오염될 염려가 있으며, 과육질이 연해집니다. 고로 알맞은 상대 습도 유지가 필수적입니다.</p>

\* C.A.의 기본조건으로 완벽한 저온 시스템과 건물의 Gas-Tightness가 필수 요건 입니다.





SWINGTHERM BS 150 - A=B PIPES DIAH. 100 mm



- A = INLET DELTA GEM  $\phi$  60 mm
- B = OUTLET DELTA GEM  $\phi$  60 mm
- C = DISCHARGE DELTA GEM  $\phi$  60 mm
- E = INLET SWAN  $\phi$  60 mm
- F = DISCHARGE SWAN  $\phi$  100 mm

