

청과물 저장에 관한 연구 (제 1 보)

통기량 조절에 따른 저장실내 기체조성 및 생리화학적 변화에 대하여

손태화 · 최종욱 · 김성달*

경북대학교 농과대학 · *효성 여자대학

(1971년 12월 7일 수리)

A Study on the Storage of Fresh Fruits and Vegetables (I)

Changes of the Internal Atmosphere in Storage Room and the
Biochemical Changes of Apple Fruits by Controlled Ventilation

by

Tae Hwa Sohn, Jong Uck Choi and Sung Dal Kim*

College of Agriculture, Kyung Pook University, *Hyo-sung Women's College

(Received December 7, 1971)

Abstract

This experiment was conducted to observe the changes of composition of atmosphere in storage room by controlled ventilation under normal and sub-atmospheric conditions, and the biochemical changes in apple texture under these conditions. The results were as follows;

- 1) By controlled ventilation, concentration of carbon dioxide in storage room was optionally regulated and constantly maintained.
- 2) Among compositions of internal atmosphere of apple, especially, concentration of ethylene was much decreased at apple stored under sub-atmospheric condition than that stored under normal atmospheric condition.
- 3) Acidity of apple stored under sub-atmospheric condition was much greater than that of apple stored under normal atmospheric condition.
- 4) Respiratory quotients of apple, which was stored under normal and sub-atmospheric conditions, were shown to be high. But decarboxylation of added pyruvate was found more active in slices prepared from apple stored under sub-atmospheric condition.

1. 서 언

본 연구는 사과와 감압저장(減壓貯藏)에 관한 연구⁽²⁴⁻²⁶⁾의 일환으로 기체유통량조절(氣體流通量調節)에 의한 저장실내 기체조성변화와 이와같은 상태에서 장기간 저장을 하였을 때 사과의 과육조직내부(果肉組織內部)의 생리화학적 변화에 대하여 연구 검토하였다.

현재 과실등 청과물의 저장생명(貯藏生命)의 연장수단으로 환경기체를 변화시킴으로써 호흡에 영향을 크게 미친다^(2-4, 10-14, 19)는 것을 알고서 이에 대해서 많은 연구가 진행되었다. 이 연구의 결과^(2, 10-14, 20)로써 1940년 경에 미국에서 처음으로 C.A. 저장법이 실용화되었다. 이 저장법은 산소량 감소시키고 탄산가스를 증가시킴으로써 저장과실의 호흡을 억제시켜 청과물의 저장력을

증대시켜주는 것이다. C.A. 저장에 다른 저장에 비하여 산의 감소가 적었고⁽¹⁰⁾, maleic acid의 탈탄산의 대사제에 변화가 일어나고, 또 maleic acid dehydrogenase의 activity가 저하되었으며, 일정기간 C.A. 조건하의 환경에서 대기상태로 환원하였을 때 호흡계에 변화를 가져왔다는 Dilley의 보고가 있다. 이러한 점등으로 미루어 보면 아직 대사제로에 있어서 생리화학적인 연구가 많이 진행되어야 할 줄로 사료된다.

그런데 이 C.A. 저장은 고가의 경영비와 수준높은 기술로 실내의 기체조성을 변화시켜서 저장력을 증대시키는 것으로 국내에서는 그 이용이 불가능하다. 또한 이와같은 사정으로 일본에서도 C.A. 저장을 변형시킨 저장법에 대하여 연구중에 있다.^(4,30)

저자들은 일정 기체유통량의 조절로 실내기체조성을 간단히 C.A. 저장의 기체조성의 농도에 접근시키고, 또 감압의 수단으로 과육조직내부의 기체조성을 변형시킴으로서 저장력을 높이기 위한 기초시험을 하었기에 여기에 보고하는 바이다.

2. 실험재료 및 방법

가. 공시 재료

공시사과는 1970년 9월 26일에 수확한 홍옥과 동년 10월 25일에 수확한 국광을 본 대학 농화학관 저온실에 저장한 것을 공시재료로 사용하였다.

나. 실험장치 개요

Fig. 1과 같다.

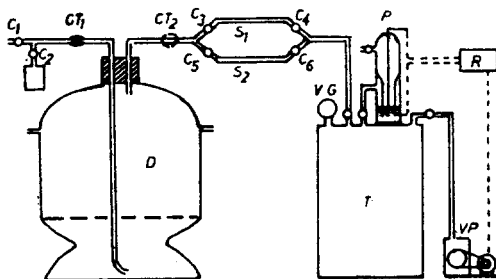


Fig. 1. Diagram of laboratory equipment

D, Desiccator. T, Vacuum tank. VP, Vacuum pump R, Relay. P, Autpressure controller. CT₁, CT₂, Ventilator. S₁, S₂, Sampling tube. V.G., Vacuum gauge.

압력조절장치 및 통기량조절

압력조절장치는 Fig. 1의 P의 부분으로 상세히 나타내면 Fig. 2와 같다.

즉 C₂를 막고 vacuum pump를 동작시켜 T의 압력을 VG.가 660 Torr.에 도달할 때까지 배기시키면 B내의 기체는 A로 빠져게 된다. 다음 저장실에서 공기가 T로 배기되므로 A내의 압력은 B보다 낮아져 a의 수

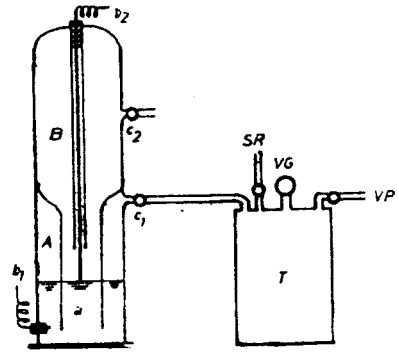


Fig. 2. Auto-pressure controller

a, Na₂SO₄ saturated solution. b₁, b₂, Electric cord. c₁, c₂, Vacuum cock. VG, Vacuum gauge. T, Vacuum tank. VP, Vacuum pump, SR, Storage room.

위는 B로 올라가며 B로 올라간 수위가 도선 b₁에 접촉하면 다시 VP가 동작하여 A,B의 압력이 동일하게 되면 수위가 낮아져서 동작이 정지된다. 이때 수온으로는 접촉면의 산화로 말미암아 계속 사용이 어려워 Na₂SO₄포화용액을 사용한 결과 수위차는 약 3 mm이었다. c₂의 개폐로서 T내의 압력을 임의로 변경, 조절하였다

통기량조절은 본 연구실에서 가공한 모세관을 저장실인 desiccator에 장치하였다. 이때 저장실내를 감압으로 하고자 할 때는 air 공급관(Fig. 1중 CT₁)에, 그리고 상압으로 하고자 할 때는 air 배기관(Fig. 1중 CT₂)에 장치하여 통기시켰다.

다. Gas 조성 측정방법

저장실내 air를 syringe로 채취하여 Scholänder micro-gas analyzer로 측정하였다.

라. 저장구분

저장구분은 Table. 1과 같다.

Table 1. Classification of storage

Kind of apple	Conditions of storage		Weight of Apple (kg)
	Pressure	Rate of Vent (ml/min)	
Jonathan	N.A.P.	2.85	11.5
	S.A.P.	2.60	11.5
	S.A.P.	3.00	11.5
Rolls	N.A.P.	3.00	15.0
	S.A.P.	2.60	15.0
	S.A.P.	3.30	15.0

Temperature of storage 0°C
 Volume of storage room 45 l
 N.A.P.: Normal atm. pressure
 S.A.P.: Sub-atm. pressure

마. 산도측정

산도측정은 상법⁽²⁰⁾에 준하였다.

바. 조직호흡의 변화

내경 8 mm의 stainless steel borer로 과실의 흉부를 채취하여 microtome으로 0.5 mm로 slice하여 1 gr을 평량하여 Warburg's manometric apparatus로 측정하였다. 사용한 buffer solution은 phosphate buffer (pH 5.0)이며 30°C에서 측정하였다.

호흡기질 및 호흡억제제의 첨가효과를 보기 위하여 sodium pyruvate(최종농도, $5 \times 10^{-2}M$), dinitrophenol(최종농도, $10^{-6}M$), monoiodo acetate(최종농도, $10^{-2}M$), sodium fluoroide(최종농도, $2 \times 10^{-2}M$)을 첨가시켜 30°C에서 측정하였다.

기질첨가효과 및 저해물은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{첨가효과(저해)율} = \frac{\text{첨가시의 수치}}{\text{비첨가시의 수치}} \times 100(\%)$$

3. 결과 및 고찰

Table 2는 사과와 저장중 실내환경기체조성변화에 대하여 조사한 것이다.

Johnsson⁽⁶⁾은 C.A chamber내의 대기를 분자체를 설치한 관내를 통과시킴으로써 CO₂의 제거를 실시하였다. 그래서 순환대기의 유속을 조절함으로써 C.A chamber내의 탄산가스농도를 일정하게 유지시킬 수 있다고 보고하였다. 또한 Smock⁽²⁷⁾는 실용규모의 C.A 저장고를 이용하여 실내의 탄산가스 농도를 물로 조절할 때에 있어서 여러가지 조건에 대하여 연구한 보고가 있다. 1963년에 Smith는 과일의 CO₂를 함유한 공기를 고의(庫外)로 유도하여 소석회에 흡수시키는 방법을 연구하였으며 Uota⁽²⁰⁾는 밀폐 system의 C.A chamber의 탄산가스 농도유지에 관하여 보고하였는데 물의 유속을 조절함으로써 일정하게 유지시킬 수 있음을 말하고 있다 최근 Handa⁽⁶⁾ 등은 C.A chamber내의 산소에 따라 탄산가스농도를 일정하게 유지시키는 실험에서 산소는 C.A 조건에 근접시킬 수 있었으나 탄산가스는 조절이 부족함을 나타내고 있다. 또한 이 방법은 저장실의 기밀성을 높여야 하며, 장기저장중 폭기(漂氣)장치의 교체 등 여러가지 난점을 볼 수 있다.

금번 본인들은 간편한 모세관장치를 이용하여 일정량의 air를 통기 시킴으로 실내의 탄산가스 농도의 유지와 ethylene 배출을 목적으로 시험하였다.

Table 2에서 보는 바와 같이 진 저장기간 중 탄산가스 농도의 변동범위가 아주 근소함을 볼 수 있었다. 즉 각 통기별탄산가스 농도의 변동범위는 $4.5 \pm 0.3\%$, $4.8 \pm 0.3\%$, $4.5 \pm 0.3\%$ 로 일반 C.A 조건에 근사한 환경조성을 유지할 수 있다고 생각하였다. 산소의 농도는 저장고의 탄산가스를 air 중의 산소량에서 뺀 값이라고

Table 2. Changes of carbon dioxide in storage room during storage (%)

Sample	Rate Vent. ml/min	Days in storage					
		11	25	40	54	63	70
ROLLS	3.0	4.3	4.6	4.4	4.7	4.8	4.4
	2.6	5.0	5.1	4.8	5.3	4.5	4.8
	3.3	4.9	4.8	4.0	4.2	4.4	4.0
JONATHAN	2.9	5.2	5.0	5.3	5.5	5.6	5.0
	2.6	5.7	5.6	5.5	5.4	5.5	5.1
	3.0	4.6	4.4	5.3	5.2	5.1	4.8

생각하면 산소가 약간 높은 경향이 있으나 이것은 Thomas⁽²⁸⁾의 보고에 의하면 감안되리라 생각된다. 즉 Thomas는 과실의 호흡에 있어서 산소가 충분히 존재할 때에도 탄산가스 농도가 높으면 조직산화의 기구가 불활성화되어 본 저장에서와 같이 호흡작용이 일어나지 않는다는 보고가 있다. 그러나 본인들은 앞으로 산소농도의 조절에 관하여 연구할 생각이다.

Table 3. Gas composition and air volume in apple texture

	O ₂	CO ₂	C ₂ H ₄	Air vol. / 100 g
N.A.P.	18.09	2.96	6.25	32.2
S.A.P.	16.49	4.22	4.16	25.3
S.A.P. N.A.P.	0.91	1.43	0.67	0.78

Table 3은 이상의 상태하에서 상압구(760 Torr.)와 감압구(660 Torr.)의 과육조직내부의 가스조성을 시험한 것이다. 상압구와 감압구의 조직내 기체조성에 있어서 전체 기체량은 감압구가 상압구에 비하여 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 산소와 탄산가스의 농도는 상압구에서는 산소, 탄산가스가 18.09, 2.96%인데 비하여 감압구에서는 16.49, 4.22%이었다. 특히 과실의 성숙호르몬인 ethylene은 감압구가 상압구(6.25 μg/ml)보다 현저히 낮은 4.16 μg/ml을 나타내었다. 이와같은 현상은 감압으로 인하여 과육내의 air량이 감소됨으로 호흡에 영향을 미쳤으리라 생각된다. 덧붙여 과실의 성숙호르몬인 ethylene을 과실조직외부로 배기시켜준다고 하겠다.

Table 4는 저장중 사과와 호흡기질인 산의 변화를 조사한 것이다. 상압구와 감압구를 비교하면 저장 1개월내에는 동일한 감소가 일어났으나 그 이후부터는 상압구가 급격한 감소현상이 일어났는데 비해 감압구는 완만한 감소가 일어났다. 이것은 앞에서도 언급한 바와

Table 4. Changes in acid contents during storage (%)

Treatment	Days in storage						
	0	32	62	94	124	164	300
N.A.P.	0.68	0.65	0.61	0.58	0.55	0.50	0.15
S.A.P.	0.68	0.65	0.63	0.63	0.60	0.56	0.37

같이 호흡의 억제로 인하여 호흡기질인 산의 소비가 감압구가 상압구보다 적었다고 생각된다.

Table 5. Effects of sub-atmospheric pressure on O₂ uptake, CO₂ output and the respiratory quotient of slices from normal and sub-atmospheric pressure

	Days in storage				
	88	95	126	153	335
O ₂ μl/g/hr	35.0	36.8	36.4	30.0	51.4
N.A.P.CO ₂ μl/g/hr	79.2	87.4	82.2	60.2	102.2
R.Q.	2.2	2.3	2.2	2.0	1.9
O ₂ μl/g/hr	47.8	31.8	34.2	39.8	32.0
S.A.P.CO ₂ μl/g/hr	90.8	64.2	83.4	85.4	64.1
R.Q.	1.9	2.2	2.4	2.4	2.0

Table 5는 저장중 사과와 호흡률의 변화이다. 호흡대사면에 있어서는 사과도 저온감압저장에 따라 호흡억제효과가 있다고 생각된다. 즉 조직절편의 호흡에 관해서는 Table 4와 같이 호흡의 증대현상이 나타났으며 사과도 climacteric peak을 가진 과실로서 상압구에서는 저장 후 95일경에 호흡의 climacteric peak가 나타났고 이때의 R.Q.는 2.3으로 상당히 상승하였으며 그후 점차 감소하여 저장말기에는 R.Q.가 1.9였다. 이에 반하여 감압구에서는 호흡의 climacteric peak가 저장 후 126일경에 나타났으며 이때의 R.Q.는 2.4로 높았으며 이후 점차 감소하여 저장말기에는 R.Q.가 2.0이었다. 이와같이 감압처리로 말미암아 사과과실의 호흡이 상당히 지연되리라 생각된다. 환경요인의 변화에 따른 과실의 호흡의 증대현상은 잘 알려진 생체반응의 하나로 특히 7선조사에 의한 호흡증대현상은 많이 볼수 있다. (16, 18, 22, 23) 또한 저온저장중에서는 호흡이 증대하는 경향이 있으며 이것은 Lewis(15)가 고구마괴근으로 시험하여 확인하였고 峇田(7)의 굴저온저장에서도 확인된 바 있다.

Table 6은 호흡기질로 sodium pyruvate의 O₂호흡량 CO₂배출량에 대한 첨가효과를 실험한 결과이다. 조사 농속 banana에 대해서 茶珍(1)은 조직절편의 CO₂배출량에 대한 피루빈산소다의 첨가효과는 무처리구보다 늦게 증대하며 조사 tamato 과에서는(16) banana와는 반대

Table 6. Effects of addition of pyruvate on respiration in apple tissues taken from fruits stored at normal and sub-atmospheric pressure

	Days in storage				
	88	95	126	153	335
N.A.P. O ₂ -uptake	53*	43	44	50	16
CO ₂ -output	114	130	156	360	—
S.A.P. O ₂ -uptake	49	46	47	58	49
CO ₂ -output	180	189	177	118	110

*Percent of non-added.

로 무처리구에 비해 빨리 증대한다고 보고한 바 있다. 실험결과 이들의 첨가효과는 저장 중 증대하는 것으로 감압구가 상압구에 비해 CO₂배출량이 높은 경향을 나타내었다.

이와같이 CO₂배출량에 대하여 sodium pyruvate의 효과가 증대한다는 것은 pyruvic decarboxylase의 활성이 증대되는 것을 의미한다.

Table 7. Effect of addition of DNP on O₂ uptake in apple tissues taken from fruits stored at normal and sub-atmospheric pressure

Treatment	Days in storage				
	88	95	126	153	335
N.A.P.	63*	65	46	75	48
S.A.P.	75	65	62	86	46

Measurement at 30°C

* % of non-added

Table 8. Effects of respiratory inhibitor addition on O₂ uptake in apple tissue slices of fruits stored at normal and sub-atmospheric pressure

Treatment	Days in storage									
	88		95		126		153		335	
	NaF	MIA	NaF	MIA	NaF	MIA	NaF	MIA	NaF	MIA
N.A.P.	38*	67	134		47	66	64	80	25	57
S.A.P.	127		36	28	77	76	22	52	26	65

% of Non-added

산화와 인산화에 대한 문제는 생체의 대사과정의 중심적 역할을 담당한다고 생각되어, 과실의 호흡이 DNP에 대한 동향에 대하여는 이미 생육중의 사과(21), 수확후의 사과(19) 및 수확기의 Avocado(7)에 실험된 바 있다 저자들은 사과의 감압저장시 산화와 인산화의 공역울

지해하는 DNP의 O₂흡수량에 대한 첨가효과를 실험한 것이다. Table 7에서와 같이 전체기간을 통해 보면 첨가효과가 없었다. 그러나 저장중 DNP 효과가 점차 상실되어 감을 알 수 있었다.

호흡저해제를 첨가시켰을 때의 O₂흡수에 미치는 영향은 Table 8과 같다.

분화소다와 monoiodo acetate의 첨가시 호흡에 억제 현상이 나타났으나 상압구와 감압구사이에는 차이가 없었다.

4. 결 론

사과의 감압저장중 통기량조절에 의한 저장실내의 기체조성의 변화와 이 상태에서 저장과실의 생리화학적 변화에 대하여 실험한 결과는 다음과 같다.

- 1) 통기량조절로서 저장실내의 CO₂ 농도를 임의로 조절할 수 있었다.
- 2) 과육내부의 기체조성 중 특히 에틸렌농도는 감압구가 상압구보다 현저히 낮았다.
- 3) 감압저장의 과실의 산도는 상압저장의 과실의 산도에 비하여 완만히 감소하였다.
- 4) 사과의 조직호흡은 상압구, 감압구 모두 높았으며 피루빈산소다 첨가에 대한 CO₂ 배출량의 증대효과는 감압구가 약간 높았다.

문 헌

- 1) 茶珍和雄, 加藤藤一, 緒方邦安: 日本食品工業學會誌, 12, 367 (1965).
- 2) Fidler, J. C.: *J. Expt. Bot.*, 2, 41 (1951).
- 3) Fidler, J. C. and North, C. J.: *J. Hort. Sci.*, 42, 189 (1967).
- 4) Honda, Y. and Ishiguro, O.: 日本園藝學雜誌, 36, 362 (1967).
- 5) Honda, Y. and Ishiguro, O.: 日本園藝學雜誌, 39, 378 (1970).
- 6) Honda, Y., Ishiguro, O. and Numaguchi, H.: 日本園藝學雜誌, 39, 375 (1970).
- 7) 岩田 隆, 中川藤也, 緒方邦安, : 日本園藝學雜誌, 37, 383 (1968).
- 8) Johsson, J.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 83, 172 (1963).
- 9) 加藤藤一, 茶珍和雄, 緒方邦安, : 日本園藝學雜誌, 36, 83 (1967).
- 10) Jurin, V. and Karel, M.: *Food Technol.*, 17, 104 (1963).
- 11) Kidd, F. and West, C.: *New Phytol.*, 38, 105 (1939).
- 12) Kidd, F. and West, C.: *Rep. Food Invest. Bd.*, H.M.S.O., London, pp.97~101 (1935).
- 13) Kidd, F. and West, C.: *Rep. Food Invest. Bd.*, H.M.S.O., London, 33 (1928).
- 14) Kidd, F. and West, C.: *Rep. Food Invest. Bd.*, H.M.S.O., London pp.102~108 (1937).
- 15) Lewis, D. A. and Morris L. L.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 68, 421 (1956).
- 16) Maxie, E. C. and Abdel-Karder A.: *Advan. Food Res.*, 15, 105 (1966).
- 17) Millerd, A., Bonner, J. and Biale, J.: *Plant Physiol.*, 28, 521 (1953).
- 18) 緒方邦安, 茶珍和雄: 日本食品工業學會誌, 16, 167 (1969).
- 19) 岡本辰夫, 原田順厚: 日本農藝化學會誌, 33, 753 (1959).
- 20) Olsen, K. L. and Schmer, H. A.: *U.S. Dept. Agr., Marketing Red. Rep.*, No. 654 (1964).
- 21) Person, J. A. and Robertson, R. N.: *Austral. J. Biol. Sci.*, 7, 1 (1954).
- 22) Romani, R. J.: *Radiation Botany*, 6, 87 (1966).
- 23) Romani, R. J.: *Advan. Food Res.*, 15, 57 (1966).
- 24) Sohn, T. H., Kim, K. S., Hong, S. Y., and Park, Y. T.: 韓國農化學會誌, 11, 67 (1969).
- 25) 손태화, 김광수, 이갑량, 홍순영: 韓國農化學會誌, 11, 77 (1969).
- 26) 손태화: 과기처 보고서, (1970).
- 27) Smock, R. M. and Yatsu, L.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 75, 53 (1960).
- 28) Thomas: 果樹の良品生産技術, 誠文堂新光社, p-273 (1968).
- 29) 東京大學農藝化學實驗書(別卷), 朝倉書店, 東京, p-156 (1960).
- 30) Uota, M.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 78, 43 (1961).