

## 청과물 저장에 관한 연구(제 2 보)

—사과 저장에 있어서 환경압력 및 기체조성이 사과조직내  
기체조성과 Ethylene 생성에 미치는 영향—

손 태 화 · 최 중 욱 · 서 온 · 수\*

경북대학교 농과대학 농화학과

\*경북대학교 대학원 농화학과

### A Study on the storage of Fresh Fruits and Vegetables (Part II)

Effects of Intercellular atmosphere and Ethylene evolution by controll of external pressure and gas composition in Apple Fruits.

Sohn Tae Hwa, Jong Uck Choi, and Ohn Soo Seu.\*

Dept. Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Kyung Pook National University.

\*Dept. Agricultural Chemistry, Graduate School, Kyung Pook National University.

(Received March 24, 1973)

### Abstract

Experiments were carried out to clarify changes of intercellular gas composition, respiration and ethylene evolution by controlled external atmospheric pressure and external gas composition on apples. Jonathan apples, harvested 25, in September and Rolls apples, harvested 25, in October, 1971 and 1972 were used.

Results obtained were as follows:

1. Intercellular gas volumes were proportionally changed by the given pressure, and the given pressure remarkably affected internal gas composition and volume of apples.

As intercellular gas volumes were reached in their equilibrium within 5 min. after treatment, the internal atmospheric conditions became constant rapidly.

2. The increase of internal CO<sub>2</sub> production was co-related with an amount of internal O<sub>2</sub> consumption, therefore, the decreasing period of internal O<sub>2</sub> consumption was equalled to the period of climacteric rise in respiration.

3. The increasing of CO<sub>2</sub> production followed evolution of C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> and this phenomenon on SAP part. was subsequent to NAP part

4. In sub-atmospheric storage, CA effect was also obtained by control of low O<sub>2</sub> and high CO<sub>2</sub> concentration.

## 서 론

과실, 소채등의 저장 생명을 장기간 유지시키는 수단으로 환경기체를 변경시키는 일은 이미 잘 알려져 있으며 CA 저장(controlled atmospheric storage)이란 이름으로 널리 이용되고 있다. 그러나 이것의 실용화에 있어서는 청과물의 종류, 품종, 재배조건 등에 따라 환경기체조성에 차이가 많아 아직 많은 문제점을 가지고 있다. 이와같은 문제는 환경온도 환경습도 등에도 영향이 있으나 특히 환경 기체중의 산소농도 탄산가스농도 및 휘발성분의 농도 등이 과실에 미치는 영향이 크며, 산소 농도가 과실에 미치는 영향에 대해서는 많은 보문이 있고, <sup>1,2,3,4,5,6,7</sup> 탄산가스 농도가 과실에 미치는 영향에 대해서도 <sup>8,9,10,11,12,13,14</sup> 많이 보고되고 있다. 그러나 환경조건이 조직내부의 기체조성에 미치는 영향에 대해서는 거의 연구되어 있지 않으며 특히 저자들이 시도중인 환경압력 변화에 의한 청과물의 저장에 미치는 영향에 대한 보고는 거의 찾을 수 없다. 저자들은 전보<sup>15</sup>에서 저장실내의 환경기체 조성을 통기량조절로서 일정한 조성을 유지할 수 있음을 실험적으로 밝혔는데 이때의 과실내의 기체 조성 변화에 대하여 조사하였으며 아울러 환경압력 변화에 의한 기체 조성 변화에 대하여 고찰하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 공시재료

실험재료는 사과재배를 많이하는 경북 경산군 안심면 소재 농원에서 재배된 20~25년생 나무에서 채취하였으며 수확시기가 저장력에 미치는 영향<sup>16</sup>을 고려하여 홍옥은 1971년 9월 25일, 국광은 동년 10월 25일에 수확한 것을 사용하였다.

### 2. 시험장치

전보<sup>15</sup>와 동일장치를 이용하였다.

### 3. 조직내 기체채취 및 측정방법

조직내 기체채취는 Beyer 및 Morgan의 장치<sup>17</sup>와 Bussell 및 Maxie<sup>18</sup>의 방법을 일부 변형하여 Fig. 1과 같이 하여 측정하였다.

Fig. 1에서 A는 과실 조직내 기체의 탈기장치이며 B는 A에서 탈기된 기체를 채취 또는 양을 측정하는 장치이다. 즉 먼저 장치 A에서 진공 desiccator(a)에 saturated  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  solution(i)를 적량 채우고 여기에 collection flask(c)의 cock(d)를 열어 flask 내부의 공기를 배출시키면서(i)에 잠기게 한다. 다음 cock(d)가 있는 고무관으로

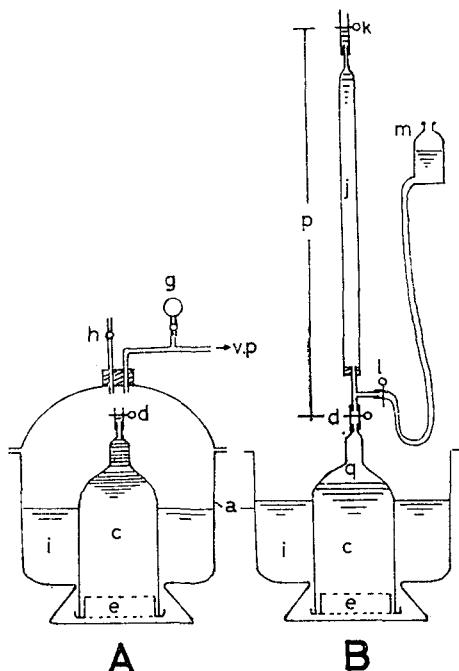


Fig. 1 Apparatus for intercellular gas extraction.

- |                      |                                       |
|----------------------|---------------------------------------|
| a. Vacuum Desiccator | c. Collection flask                   |
| d. h. k. l. Cork     | e. Apple slicer                       |
| g. Vacuum gage       | i. Saturated $\text{Na}_2\text{SO}_4$ |
| j. Gas biuret        | m. Leveling bottle                    |

부터 흡인하여 collection flask내의 공기가 완전히 제거되면 (d)를 밀폐한다. 이때 flask 하부에는 공시 사과의 조직내 공기를 충분히 탈기시키기 위한 수단으로 사과절단기(e)를 부착시켜 두었다. 다음 공시사과의 표피에 있는 air bubble을 제거하기 위하여 0.01% surfactant 용액에 침지시킨다. 이어서 collection flask내에 공기가 들어가지 않게 주의하면서 flask를 들어서 그 바닥에 air bubble을 제거한 사과를 넣어 flask를 위에서 눌러서 절단시킨다. 다음 desiccator를 닫고 진공펌프(VP)로 소정 압력이 될때까지 감압한다. 이때 과실내에서 배출된 기체는 collection flask 상부에 모이게 된다. 다음 설정 시간이 되면 cock(h)를 열어 desiccator 내부를 상압으로 하여 뚜껑을 열고 B와 같이 장치한다. 즉, leveling bottle(m)가 달린 기체buret(j)를 collection flask 상부에 달린 고무관에 연결하고 cock(1)을 열어서(m)에 있

는  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  solution(i)으로 (p)부분에 있는 공기를 치환한다. 완전히 치환되고 나면(1)을 닫고 (d)를 열어 (c)의 상부에 모여 있는 과실조직내 기체(Q)를 gas buret에 옮기게하여 그 양을 측정한다. 기체조성조사를 할 때는 gas buret 상부에 장치한 고무관으로 부터 syringe로 채취하여 사용하였다. 그리고 과실내 기체의 총량을 측정할 때에 10 Torr.에서 3분간 감압하여 조사하였으며 과실내 기체조성만을 조사할 때는 400~420 Torr.에서 3분간 감압하여 syringe로 채취한 것을 Scholänder micro-gas-analyzer로 측정하였으며 전체 조작시간은 5분 이내로 하였다.

#### 4. 실험구분

실험구분은 Table 1.과 같이 설정하였다.

Table 1. Classification of experiment

Composition of external gases	pressure	Temp. °C
O <sub>2</sub> 5 CO <sub>2</sub> 15 N <sub>2</sub> 80	NAP* SAP**	0
O <sub>2</sub> 20 CO <sub>2</sub> 0 N <sub>2</sub> 80	NAP SAP	20

\* NAP: (760 Torr.) Normal Atmospheric Pressure.

\*\*SAP: (660 Torr.) Sub-atmospheric pressure

Table 2. Changes of intercellular gas volumes by external pressure

Time(min)	5	10	30	60	120	Theoretical value
External press						
660 Torr	26.55~ 29.15	26.48~ 28.34	26.56~ 28.12	26.75~ 28.01	26.34~ 28.24	26.45~ 28.05
360 Torr.	14.67~ 15.93	14.71~ 15.35	14.32~ 15.40	14.45~ 15.60	14.56~ 15.21	14.428~ 15.30

\*ml/100g fresh weight

압처리하였을때의 이론치와 근사한 값을 나타내고 있어 환경압력 변화가 기체량변화에 매우 예민함을 알수 있다.

#### 2. 과실조직내 기체조성 변화와 호흡량 및 Ethylene 생성과의 관계

Fig. 2은 상온에서 감압구와 상압구별로 처리한 사과과육내의 CO<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>의 변화이다. Fig. 2에서 보는 바와같이 환경 기체조성을 CO<sub>2</sub> 0%, O<sub>2</sub> 20%로 유지하면서 상온에서 처리하였을 때의 조직내 기

#### 5. 호흡량 및 Ethylene 측정

호흡량 측정은 손<sup>16)</sup>의 방법에 따랐으며 ethylene 측정은 Young 등<sup>19)</sup>의 방법에 준하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 1. 환경압력 변화에 의한 과육내의 기체량의 변화.

저장실내의 환경압력을 달리하였을때 그 경과시간에 따르는 과실조직내의 전체 기체량의 변화는 Table 2와 같다.

Table 2의 결과와 비교하기 위하여 상압에 둔 사과의 기체량을 측정하였더니 30.46~32.29 ml/100g이었으므로, 사과가 상당히 많은 기체를 보유하고 있음을 알수 있다. 그리고 과실개체에 따른 차이가 많았는데 이와같은 차이는 감압 처리구에 서도 볼수 있었다. 저자들이 사용한 사과는 개체에 의한 여러가지 측정오차를 줄이기 위하여 180~200g 되는 것을 사용하였는데 과실내 기체량에 이러한 차이가 있었음은 재배조건 등에 기인한 것으로 사료된다. 그런데 감압하였을 때의 결과를 보면 660 Torr. 처리구에서는 5분만에 26.55~29.15 ml로 감소되었고 이와같은 감소량은 조사 시간 120분후에도 거의 변화가 없으며 360Torr. 처리구에서도 5분 후의 결과가 조사기간중 변화가 없음을 볼때 환경압력 변화가 과육내 기체량에 미치는 영향은 매우 예민하여 처리후 5분이면 과육내 기체량은 평행에 이음을 알수 있다. 이것은 감

체조성 변화는 CO<sub>2</sub>농도는 1일째 상압구가 4.5%, 감압구가 4.3%, 2일째 상압구가 6.8%, 감압구가 5.0%로 과육내 호흡의 증가를 보았으며 그후는 점차 감소하여 7일 이후는 안정된 값을 나타내고 있다. 반면에 O<sub>2</sub>농도의 변화는 전체적으로 CO<sub>2</sub>와는 대조적이었으며 1일째 상압구는 14.1%로 감소하기 시작하였으며 감압구는 13.6%로 역시 감소하였으며 2일째 상압구는 11.6% 감압구는 13.3%이었으며 그후는 점차 증가하여 7일 이후는 안정

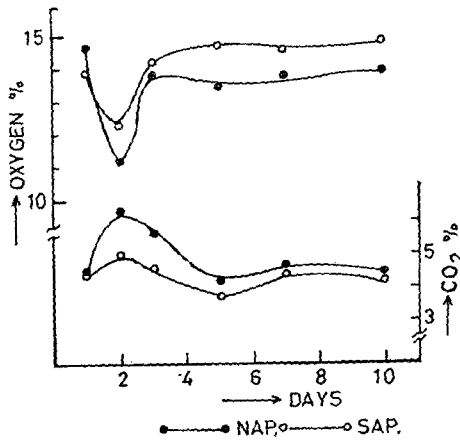


Fig. 2. Concentration of intercellular oxygen and CO<sub>2</sub> by control of NAP and SAP at room temperature.

된 값을 보여 주고 있다. 여기서 보면 과육내의 호흡의 상승은 과육내의 O<sub>2</sub> 소비량과 관계가 있다고 추측된다. 즉 상압구, 감압구는 그 양에는 차가 있으나 CO<sub>2</sub>의 상승과 O<sub>2</sub>의 감소는 동시에 일어남을 알 수 있다. 다시 말하면 O<sub>2</sub>의 소비량으로부터 호흡의 양적인 관계를 추정할 수 있으며 과육내의 O<sub>2</sub>농도가 확실히 저하된 부분이 climacteric rise의 시기와 일치한다는 長井<sup>20)</sup>의 보고와 일치함을 알 수 있다.

Fig. 3은 환경기체조성이 CO<sub>2</sub> 0%, O<sub>2</sub> 20% 이

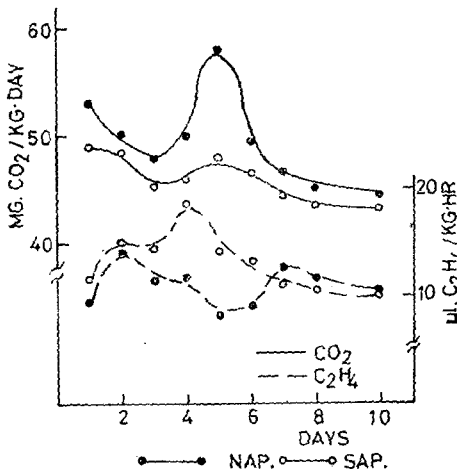


Fig. 3. Changes of C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> evolution and CO<sub>2</sub> production by control of NAP and SAP at room temperature.

며 상온처리인 경우에 있어서의 호흡량과 ethylene의 변화이다. 환경기체의 처리기간중 climacteric minimum은 3일째에, maximum은 5일째이며, 그후 점차 감소하여 안정된 값을 보여 주고 있다. 그런데 Fig. 2의 조직내 CO<sub>2</sub>의 변화와 비교하면 climacteric peak가 일어나는 것이 경시적으로 차이가 있음을 알 수 있다. 즉 조직내 CO<sub>2</sub>의 climacteric peak는 처리후 2일째인데 비하여 환경기체중의 CO<sub>2</sub>의 climacteric peak는 5일째에 나타나고 있어 조직내 CO<sub>2</sub>의 상승peak가 일어나는 시기가 일반적으로 말하는 호흡의 climacteric rise의 시작이라고 볼 수 있다. 즉 이것은 조직내 O<sub>2</sub>농도의 변화와 비교하면 O<sub>2</sub>농도가 급격히 저하하는 시기(Fig. 2)가 climacteric rise의 시작시기와 일치된다고 생각된다. 그리고 청과물에 있어서 ethylene 생성에 관해서는 많은 학술<sup>21, 22, 23, 24, 25)</sup>이 있으며 호흡의 climacteric 발현에서 endogenous, exogenous의 ethylene이 중요한 역할을 담당한다는 것은 일반적으로 널리 알려져 있다.<sup>22, 24, 25, 27, 28, 29, 30)</sup> ethylene의 변화는 상압구가 1일째 9.58 μl/kg/hr 였던 것이 2일째 최고수치인 14.17 μl/kg/hr에 달한 후 점차 감소하였다가 6일째부터 2차 상승현상이 나타났다. 그런데 감압구는 상압구에 비해서 높은 경향을 나타내 주고 있다. 즉 1일째 11.67 μl/kg/hr 이었던 것이 점차 상승하여 4일째에 최고수치인 18.75 μl/kg/hr에 도달하였으며 그후 점차 감소하였다. Ethylene이 과실의 성숙 hormone은 이미 오래전부터 잘 알려진 사실로 Gehardt 및 Ezell<sup>31)</sup>는 barlett pear에서 호흡과 관계있는 휘발성 물질에 관하여 연구하였고, Hansen<sup>32)</sup>은 pear의 호흡량과 관련하여서 ethylene의 양적 연구를 하였으며, 이밖에도 많은 연구자들에 의해 호흡량과 ethylene의 생성에 관해서 연구되고 있다. 본실험에 있어서 호흡량과 ethylene과의 관계를 보면 상압구와 감압구로 구분 하였을때의 관계를 조사한 것으로 호흡량과 ethylene의 생성량에는 어떤 상관관계가 있음을 나타내고 있다. 상압구에서는 호흡량의 생성량이 처리 3일째 climacteric minimum이었던 것이 5일째 climacteric maximum에 이르러 그후 점차 감소하였으며 ethylene의 생성량은 2일째에 최고점에 도달하고 그후 점차 감소하였으며 6일째 다시 ethylene의 상승이 나타났다. 이와같이 상압구에서 ethylene이 급증후 2일뒤에 climacteric maximum에 도달하였다. 반면에 감압구에서는 호흡의 climacteric maximum은 상압구의 ethylene생성의

최고치에 도달한후 약 1일 늦게 climacteric maximum에 도달하였다. 이와같이 처리구별 농도에는 차이가 있었으나 ethylene 발생 이후에 호흡의 극대현상이 나타났다는 것은 일반적으로 호흡의 climacteric rise의 현상을 가지는 과실에서는 ethylene 생성의 pattern과 CO<sub>2</sub>생성의 pattern이 유사하며 ethylene이 호흡의 climacteric rise를 유발한다는 중요한 역할을 가진다는 것이 인정되고 있으며 <sup>21, 27, 28)</sup> Heinz<sup>33)</sup>는 양배에서 호흡의 상승과 ethylene의 급증은 일치한다고 하였으나 사과에서는 ethylene 생성의 급증과 호흡의 상승시기는 반드시 일치하지는 않았다. 즉 상압, 감압구 모두 ethylene의 발생이 증가한 다음에 호흡의 climacteric rise가 나타났는 것으로 알수 있다. 그리고 상압구에서 처리 6일 이후부터 ethylene이 다시 상승하고 있는데 이때의 과실의 상태를 조사한바 일부 갈변 부패가 일어나고 있었으며 이와같은 사실은 과실의 이상생리현상으로 인하여 ethylene의 발생이 촉진된다고 생각되며 이러한 현상은 Burg 및 Burg<sup>27)</sup>등이 바나나, 망고등에서 얻은 결과와 일치하였다.

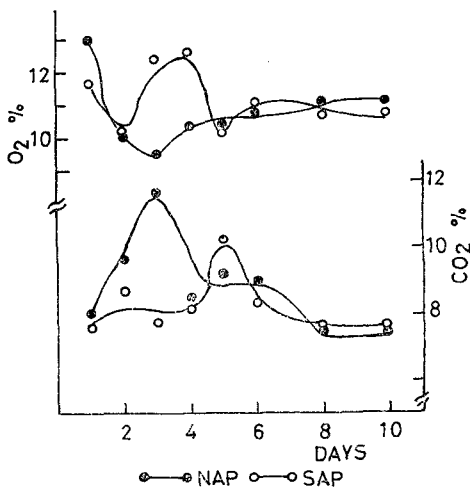


Fig. 4. Concentration of intercellular oxygen and CO<sub>2</sub> by control of external condition (O<sub>2</sub> 15%: CO<sub>2</sub> 5%) at room temperature.

Fig. 4는 상온에서 환경기체조성을 CO<sub>2</sub> 5% O<sub>2</sub> 15%로 처리한 국광조직내의 기체조성 변화이다. 전체적으로 보면 CO<sub>2</sub>농도가 증가함에 따라 O<sub>2</sub> 농도는 감소함을 알수 있다. 상압구에서는 처리후

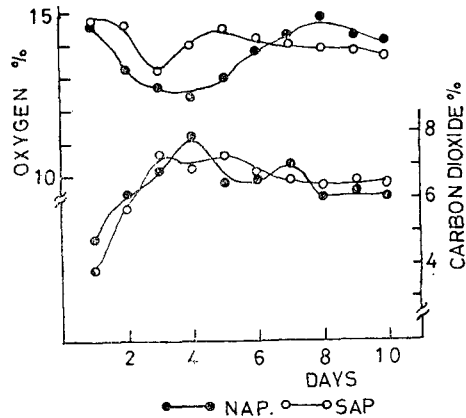


Fig. 5. Concentration of intercellular oxygen and CO<sub>2</sub> by control of external condition (O<sub>2</sub> 15%:CO<sub>2</sub> 5%) at low temperature.

3일째 CO<sub>2</sub>농도의 급증이 일어났으며 이에따라 O<sub>2</sub>농도로 격감하는 현상이 환경기체조성을 CO<sub>2</sub> 0%, O<sub>2</sub> 20%로 한 결과(Fig. 2)와 농도 및 시기적으로는 다소 차이가 있으나 그 경향은 유사한 결과를 나타내고 있다. CA저장은 chamber 내의 O<sub>2</sub> 농도가 과실의 조직내에 직접 영향을 미치지 않기 때문에 chamber내의 저산소화에 의한 과육내의 고탄산가스로 인하여 호흡을 억제하고자 시도한 것이라면 감압저장은 과실이 호흡에 이용되는 산소량을 감소시키고 한편 저자들의 전보<sup>15)</sup>에서의 통기량 조절로서 O<sub>2</sub>농도의 저하와 CO<sub>2</sub>농도의 상승으로 과육내의 저산소 및 고탄산가스 조성을 유지할 수 있어 결국 감압저장에서는 CA효과를 얻을 수 있는 것이라 생각된다.

Fig. 5는 저온에서 환경기체조성을 CO<sub>2</sub> 5%, 및 O<sub>2</sub> 15% 처리한 홍옥 조직내 기체조성변화이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 저온에서 상압, 감압구 모두 조직내기체조성이 환경기체조성에 근접해가는 경향을 나타내고 있다.

#### 요 약

본 연구는 1971년과 1972년 9월 25일 에수확한 홍옥과 동년 10월 25일에 수확한 국광을 시료로하여 이들 사과의 저장에 있어서 환경압력 및 환경기체조성이 사과조직내 기체조성과 호흡 및 ethylene 생성에 미치는 영향을 규명하기 위하여 실험하였던 바 그 결과는 다음과 같다.

1. 과실조직내 기체량은 환경압력에 비례적으로

변화하며, 환경압력이 사과와 조직내 기체조성 및 기체량에 현저하게 영향을 미쳤다.

2. 조직내 CO<sub>2</sub>발생량의 증가는 조직내 O<sub>2</sub>소비량에 관련되며, 그러므로 내부 O<sub>2</sub>소비의 감소되는 시기와 호흡에 있어서 climacteric rise의 시기와 일치하였다.

3. CO<sub>2</sub>발생량의 증가는 ethylene생성후에 나타나며 그리고 상압구의 이와같은 현상은 감압구에 잇달아 일어난다.

4. 감압저장에 있어서도 저산소농도와 고탄산가스농도의 조절로써 CA효과를 얻을 수 있다.

### 참 고 문 헌

- 1) Kajiura, I., and M. Iwata; J. Jap. Soc. hort. Sci. **40**, 3, 272-279. (1971)
- 2) Biale, J. B.; Proc. Am. Soc. hort. Sci. **91**, 810-820 (1941)
- 3) Ibid: Am. J. Bot. **33**, 363-373 (1946)
- 4) R. E. Young; Ibid. **34**, 301-309 (1947)
- 5) Kajiura, I., and M. Iwata; J. Jap. Soc. hort. Sci. **41**, 1, 98-106 (1972)
- 6) Ibid. **40**, 4, 421-429 (1971)
- 7) Platenius, H.; Plant Physiol. **18**, 671-684 (1943)
- 8) Kidd, F., and C. West; J. Pom. hort. Sci. **14**, 276-294 (1936)
- 9) Guadagni, D. G., J. L. Bomben, and J. B. Hudson; J. Sci. Food Agr. **22**, 3, 110-115 (1971)
- 10) Brooks, C.; Proc. Am. soc. hort. Sci. **37**, 463-466 (1940)
- 11) Faust, M., C. B. Shear, and M. W. Williams; Bot. Rev. **35**, 168-194 (1969)
- 12) Smock, R. M., and A. M. Neubert; Apple and apple product products. Interscience Publ. Inc., N. Y. pp. 486 (1950)
- 13) Thornton, N. C.; Contr. Boyce Thomp. Inst. **16**. 444-457 (1936)
- 14) Porritt, S. W.; Can. J. Plant Sci. **46**, 317-321 (1966)
- 15) Sohn, T. H., J. U. Choi, and S. D. Kim; Korean J. Food Sci. Technol. **4**, 1, 13-17 (1972)
- 16) Sohn, T. H., H. S. Yoon, S. Y. Hong, J. H. Seu, K. S. Kim, Y. T. Park, K. R. Lee, and T. J. Kwon; Proc. Inst. Indust. Sci. **4**, pp. 319 (1970)
- 17) Beyer, Jr. E. M., and P. W. Morgan; Plant Physiol. **46**, 352-354 (1970)
- 18) Bussel, J., and E. C. Maxie; Proc. Am. Soc. hort. Sci. **88**, 151-159 (1966)
- 19) Young, R. E., H. K. Pratt and J. B. Biale; Anal. Chem. **24**, 551-555 (1952)
- 20) Nagai, K. and J. Kamagura; 日園學春季大會發表要旨 pp. 342 (1971)
- 21) Biale, J. B.; Ann. Rev. Plant Physiol. **1**, 183-206 (1950)
- 22) Biale, J. B.; Advances in Food Research. **10**, 293-354 (1960)
- 23) Burg, S. P.; Plant Physiol. **13**, 265-302 (1962)
- 24) E. A. Burg; Science **148**, 1190-1196 (1965)
- 25) Hansen, E.; Ann. Rev. Plant Physiol. **17**, 459-480 (1966)
- 26) 今開英雅, 植物化學調節, 3, 100-110 (1968)
- 27) Burg, S. P. and E. A. Burg; Plant Physiol. **37**. 179-189 (1962)
- 28) 邨田卓夫, 食工誌 **17**, 462-466 (1970)
- 29) Pratt, H. K. and J. D. Goeshl; Ann. Rev. Plant Physiol. **20**, 541-584 (1969)
- 30) Spencer, M.; Plantt Biochemistry pp. 793-825. Academic press N. Y. and London (1965)
- 31) Gerhardt, F. and B. D. Ezell; Proc. Am. Soc. hort. Sci. **36**, 423-426 (1938)
- 32) Hansen, E.; Bot. Gaz. **103**, 543-558 (1940)
- 33) Heina, D. E., R. K. Creveling, and W. G. Jenn Jings J. Food Sci. **30**. 641-643 (1965)