



青果物の貯蔵における減圧処理の効果に関する研究 (第1報) : バナナ, トマト, 西洋ナシの追熟抑制効果 について(園芸農学)

寺井, 弘文
水野, 進

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 13(2):227-233

(Issue Date)

1979

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00228586>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00228586>



青果物の貯蔵における減圧処理の効果に関する研究

第1報 バナナ, トマト, 西洋ナシの追熟抑制効果について

寺井 弘文*・水野 進*

(昭和53年8月1日受理)

STUDIES ON THE EFFECT OF SUBATMOSPHERIC PRESSURE TREATMENT FOR STORAGE OF FRUITS AND VEGETABLES

1. Effect of Ripening Retardation of Bananas, Tomatoes, and Pears

Hirofumi TERAJ and Susumu MIZUNO

Abstract

Effect of subatmospheric pressure storage on ripening of banana, tomato, and pear fruits were examined.

Banana fruits were stored in various modified gases, that is air (760 mmHg), 40% O₂ + 60% N₂ (380 mmHg), 100% O₂ (150mmHg), and 20% O₂ + 80% He (760 mmHg) at 25°C. Each diffusion coefficient of these gases to ethylene is 0.145, 0.293, 0.766, and 0.282 respectively, and the partial pressure of oxygen is all 0.2 atm. The ripening of banana fruits treated with above conditions were delayed by one or two days in proportion to the increase in the diffusion coefficient.

The fruits were also stored at various atmospheres of 10% O₂ 760 mmHg, 380 mmHg air, 4% O₂ 760 mmHg, and 150 mmHg air at 25°C, and partial pressures of oxygen of the atmosphere are 0.1 atm. for former two treatments and 0.04 atm. for latter two treatments respectively. Consequently it appears that reduced partial pressure of oxygen is effective to retard the ripening. However, lower pressure of atmosphere in same partial pressure of oxygen is not so effective to delay ripening.

When tomato fruits and pear fruits were stored in same atmospheric conditions as banana fruits (10% O₂ 760 mmHg, 380 mmHg air, 4% O₂ 760 mmHg, and 150 mmHg air) at 20 °C and 10 °C, ripening of tomato fruits were markedly delayed at 4% O₂ and 150 mmHg air at both temperatures, but ripening of pear fruits were not so delayed as that of tomato fruits.

These results suggest that the effect of subatmospheric pressure storage to delay fruit ripening is due to a reduction of partial pressure of oxygen rather than a function of diffusion of ethylene from the fruits and that the best condition of subatmospheric pressure storage for fruits is different.

緒 言

近年、果実・野菜の生産増加ならびに産地の集中化および消費都市の巨大化にともない農産物の流通過程は複雑化し、生産物の物理的、品質的ロスが増加の傾向にあり、これの軽減は重要な課題となっている。一般に生鮮青果物は消費段階まで呼吸を行っており、呼吸基質としての生体内成分の消耗を考えるなら、できるだけ呼吸の低い状態での流通・貯蔵が必要である。このため、ここ30年来、種々の技術・方法が考案され、低温流通を主体

とするコールドチェーン、あるいは低温と結びついたCA貯蔵など、近年の発展は著しいものがある。しかし、CA貯蔵はその零空気ガスを適正に保つことが繁雑であり、当初予想されたほど実際には利用されるに至っていない。

HUMMEL ら⁶⁾ および WORKMAN ら¹¹⁾ は果実・野菜を低温下で減圧状態におくことにより、CA貯蔵よりさらに効果的に貯蔵できることを報告し、これは減圧により、酸素分圧が低下するのみでなく、生体内より発生する種々の揮発生物質を拡散させ、農産物の老化を抑制するためであるとした。さらに、つづいて BURG ら^{1,2)},

* 保蔵加工学研究室

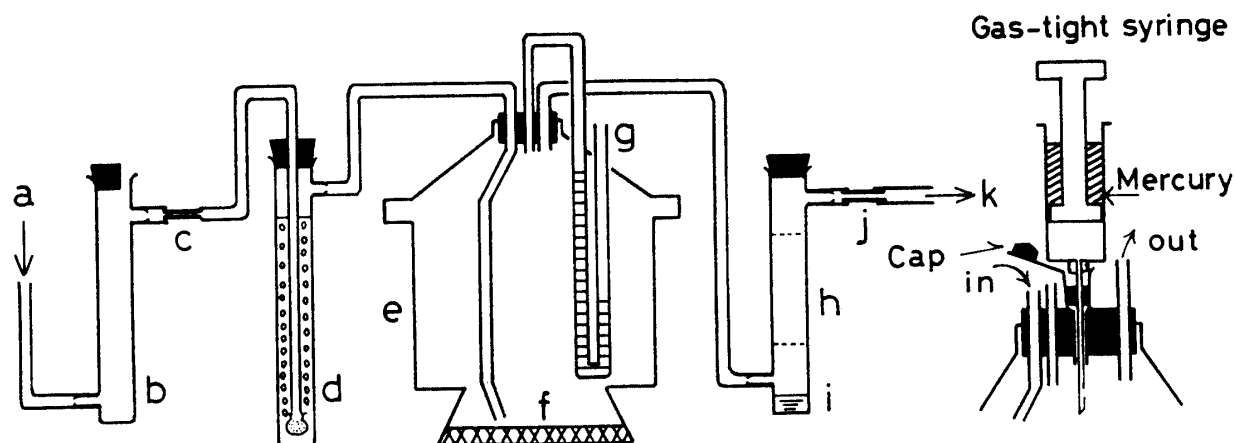


Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for storage of fruits at subatmospheric pressures and sampling method of the gas from the container for measurement of carbon dioxide and ethylene evolved from the fruits.

a: air or mixed gas, b: buffer tube, c: capillary tube, d: humidifier, e: container, f: wire net, g: manometer, h: flow meter, i: soap solution, j: capillary tube, k: aspirator.

TOLLE⁹⁾, WU^ら¹²⁾, SALUNKHE^ら⁷⁾は、実験室規模の装置により、トマト、ジャガイモ、バナナ、アボカド、マンゴー、チェリー、ライム、グアバ、リンゴ、モモ、西洋ナシ、アズナなど、さらに多くの青果物について減圧貯蔵の著しい効果を明らかにした。一方、商業的には1975年、Grumman Allid Industries, Inc. が流通用および貯蔵用として実際利用に着手し、その操作の簡便さから、今後、減圧利用の貯蔵・流通機構の開発利用が予想されている。

一般に青果物は各々特有の生理を営むものであり、また、利用時のstageもそれぞれ異なり、諸外国の結果が直ちに利用されるとは限らないところから、筆者らはこれらの点を解決することを目的とし、まず追熟果につき、従来のCA貯蔵と比較しつつ、減圧貯蔵の効果を検討した。

実験材料および方法

材料として、バナナ、トマト、西洋ナシを使用した。バナナは1976年神戸東部市場より購入したフィリピン産の緑熟果を用いた。トマト（大型福寿）は市販苗を1977年5月6日、神戸大学実験圃場に移植し、慣行法により栽培した開花後38日の追熟の均一な緑熟果を実験に供した。また、西洋ナシは兵庫県ナシ試験地（香住町）産のパートレットを1977年8月18日収穫し、熟度の均一な緑熟果を選出し使用した。

減圧試験には第1図に示した装置を考案し、毛細管C、Jを組合せることにより所定の減圧ならびに通気量を得た。また減圧下での容器内からのガスの採取は同図に示した方法で行い、ガスタイトの注射器の筒部とピストン

部の間隙に水銀をつめ、ガス漏れを防止し、さらに採取後は採取穴にキャップをし、正確をきした。

容器内に通気したガスの成分ならびにその減圧度は、成分ガスの拡散係数の違いによる追熟への影響をみた実験（第2図、第3図）では、酸素分圧0.2気圧（約150 mmHg）を得るため、40% O₂+60% N₂の混合ガスを380 mmHgの圧力で通気し、また、100%の酸素を150 mmHgの減圧のもとで供給した。さらに、ヘリウムガス80%+酸素20%の常圧での混合ガスについても試みた。一方、酸素分圧の違いならびに減圧が追熟におよぼす影響を調べた実験については10% O₂+90% N₂ (760 mmHg), 4% O₂+90% N₂ (760 mmHg), またそれぞれと同酸素分圧の380 mmHg 空気, 150 mmHg 空気区を設け、さらに対照区として760 mmHg 空気区も設定した。貯蔵温度はバナナについては25°C、トマト、西洋ナシは10°Cおよび20°Cとし、貯蔵後期にはトマト、西洋ナシは減圧ならびに低酸素状態を解除し、20°C 空気通気下に置いた。

果実からの炭酸ガス生成ならびに、エチレン生成の測定は採取したガスをそれぞれTCD型、FID型ガスクロマトグラフィにより行い、熟度の判定については図に示した基準により果皮色をscoreとして点数で表わし用いた。

なお、それぞれの通気状態に対するエチレンの拡散係数推定法には次の各式を使用した。

藤田の気相における拡散係数式³⁾

$$D_{12} = \frac{0.00070 T^{1.833}}{\left[\left(\frac{T_c}{P_c} \right)_1^{1/3} + \left(\frac{T_c}{P_c} \right)_2^{1/3} \right]^3} \sqrt{\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}} \quad (\text{Cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1})$$

T_c=臨界温度[°K] P_c=臨界圧(atm.)

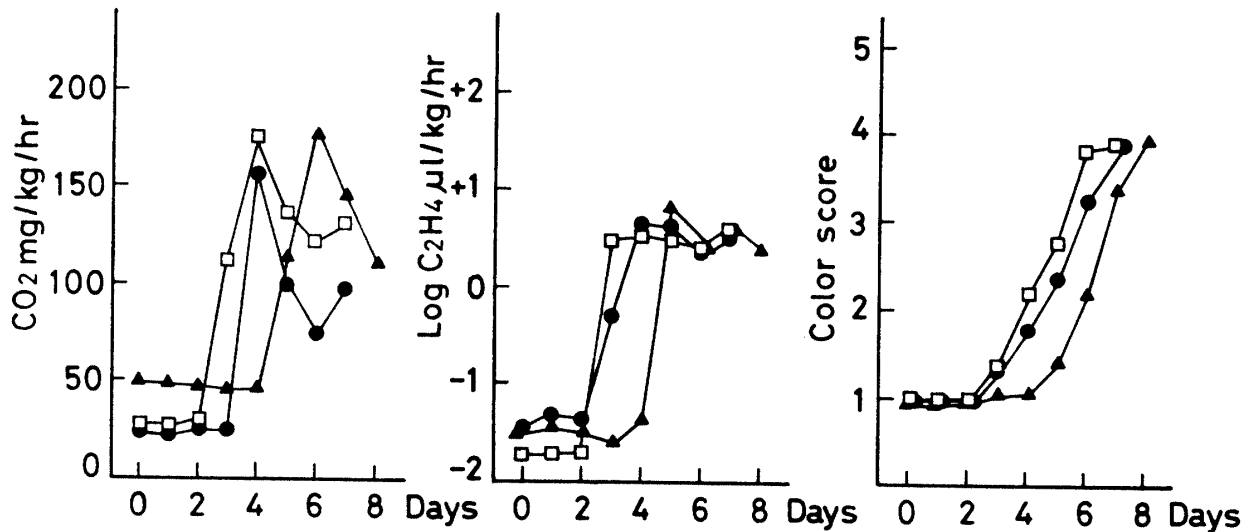


Fig. 2. Effect of subatmospheric pressure gases with 0.2 atm. partial pressure of oxygen on respiration, ethylene production and development of color score of banana fruits during storage at 25°C.
□—□ control (760 mmHg air), ●—● 40% O₂ + 60% N₂ (380 mmHg), ▲—▲ 100% O₂ (150 mmHg) color score of banana fruit: 1. green, 2. light green, 3. light yellow, 4. yellow, 5. brown spot.

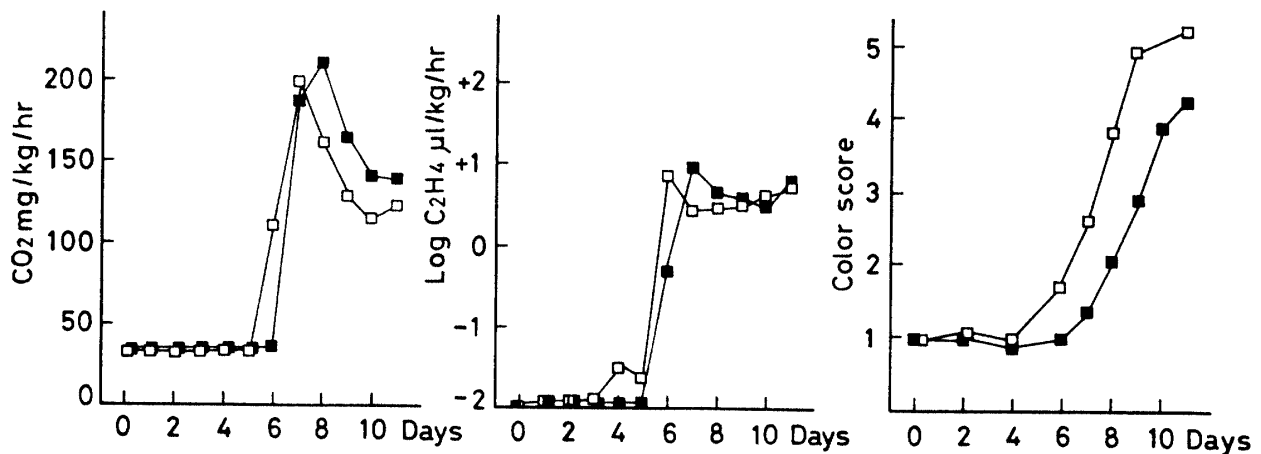


Fig. 3. Effect of helium gas on respiration, ethylene production and development of color score of banana fruits during storage at 25°C.
□—□ control (760 mmHg air), ■—■ helium gas contained 20% oxygen (760 mmHg) color score of banana fruit: same as figure 2.

WILKE の多成分系拡散係数式¹⁰⁾

$$D_A' = \frac{1 - y_A}{\frac{y_B}{D_{AB}} + \frac{y_C}{D_{AC}} + \frac{y_D}{D_{AD}} + \dots} \quad D_{AB}, D_{AC} \dots = \text{成分AのBまたはC...ガス中における2分子系拡散係数}$$

FULLER らの二成分系の拡散係数式⁴⁾

$$D_{AB} = \frac{1.00 \times 10^{-8} T^{1.75} \left(\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B} \right)^{1/2}}{P \left[\left(\sum V_i \right)^{1/3} + \left(\sum V_j \right)^{1/3} \right]^2} \quad (\text{cm}^2 \cdot \text{sec}^{-1})$$

T=温度[°K] P=圧力(atm.) M=分子量

$\sum V_i = A$ 成分分子の拡散分子容

実験結果および考察

第2図, 第3図は, 酸素分圧を0.2気圧と一定にし, エチレンに対する気相の拡散係数を空気 (760 mmHg) 0.145, 40% O₂ + 60% N₂ (380 mmHg) 0.293, 100% O₂ (150 mmHg) 0.766, 20% O₂ + 80% He (760 mmHg) 0.282, と変え, 貯蔵容器内の気相の拡散係数がバナナの追熟におよぼす影響について調べた結果である。空気に比べて 380 mmHg 区, ヘリウム区で2倍, 150 mmHg 区で5倍のエチレン拡散係数が計算上推定されるが, 実際の呼吸, エチレン生成の様相は貯蔵開始よりそれぞれ

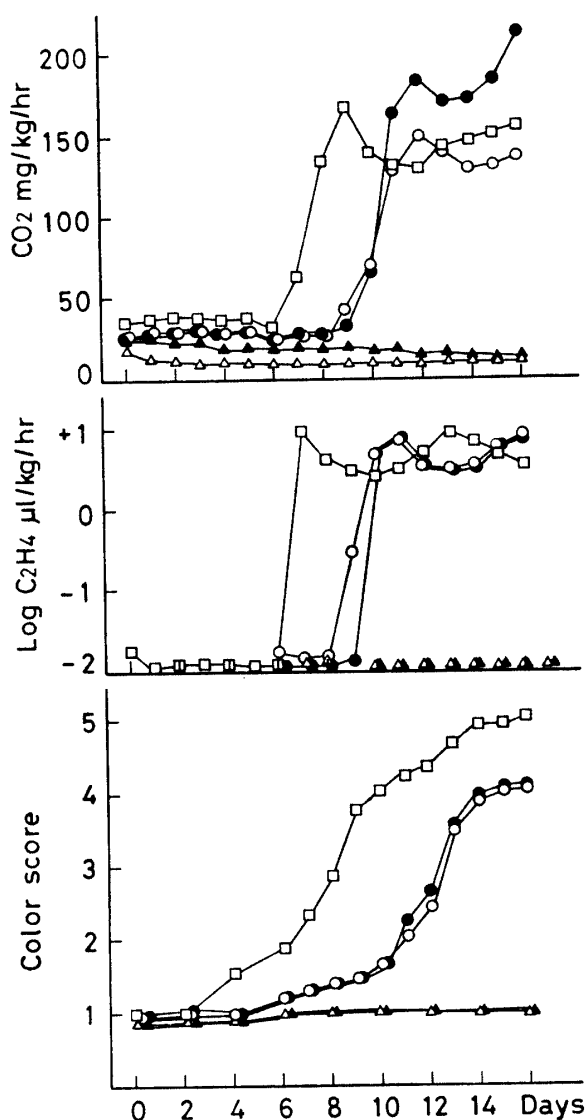


Fig. 4. Effect of subatmospheric pressure storage on respiration, ethylene production and development of color score of banana fruits at 25°C.

□—□ control (760 mmHg air),
○—○ 10% oxygen (760 mmHg),
●—● 380 mmHg air,
△—△ 4% oxygen (760 mmHg),
▲—▲ 150 mmHg air
color score of banana fruit: same as figure 2.

の急増までには、380 mmHg 区では空気区より、さらに 1 日要し、150 mmHg 区では 2 日必要とした。また 380 mmHg 区とほぼ同じ拡散係数をもつヘリウム区については炭酸ガス生成の増加は空気区に比べ 1 日程度遅れ、エチレン生成も最大生成量に達するのに 1 日程度の遅れとなった。このことから追熟が始まるには生体内にあるレベル以上のエチレン濃度が必要とされる¹⁾が、拡散係数が高ければこのレベルに達するのが遅れ、しかもこれは係数に比例するものであることが示された。

つぎに空気を 380 mmHg, 150 mmHg で通気し、これと同じ酸素分圧の CA 状態を 760 mmHg 区で設定し、追熟様相を比較したところ第 4 図の結果を得た。酸素分圧 0.04 気圧の状態、すなわち 4% O₂ 区、150 mmHg 区では両区ともエチレンの生成はなく追熟しなかった。これに対し、酸素分圧 0.1 気圧の状態 (10% O₂, 380 mmHg) ではエチレンの生成の急増期が分圧 0.2 気圧の対照区に比べ 10% O₂ 区で約 2 日、380 mmHg 区で 3 日程度の遅延が認められた。炭酸ガス生成については両区とも対照区より約 3 日遅れの増加となり、着色の進行は 4~5 日の遅延となった。これらのことから拡散係数を高めることによりエチレン生成の増加をある程度抑制し、追熟を遅らせることがわかった。しかし、酸素分圧 0.1 気圧、0.04 気圧のもとでは減圧の効果はあまり認められず、酸素分圧の低下が追熟抑制に対し、効果的に作用するものと思われた。

つぎに、トマトについての結果を第 5 図 (20°C), 第 6 図 (10°C) に表わした。第 5 図に示したように 10% O₂ 区および 380 mmHg 区は空気通気区 (760 mmHg air) に比べエチレン生成の増加時期はほぼ同時であったが、最大値に達するまでは、380 mmHg 区では 2 日程度、10% O₂ 区では 5~6 日遅れた。呼吸の climacteric peak については 3~4 日遅れ、果皮色の着色についてもほぼ同様の傾向を得た。第 6 図の 10°C 貯蔵については、空気通気区 (760 mmHg air) でも追熟は遅く、20°C で認められたような各区間の顕著な差異はみられなかったものの、エチレン生成では空気区と 380 mmHg 区が比較的高く、炭酸ガス生成では空気区がやや高い傾向を得た。一方、4% O₂ 区、150 mmHg 区については 10°C, 20°C 両者とも第 4 図に示したバナナの場合と同様追熟は進行しなかった。そこで 20°C 区については 4% O₂, 150 mmHg 両区を減圧、CA 状態から解除したところ、ただちに追熟を開始し、最初からの通気区と同様の炭酸ガス生成、エチレン生成量を得、正常に追熟した。10°C 区についても、それぞれの条件を解除して 20°C 空気通気下に置いたところ、追熟は急速に進行し、正常に追熟がなされた。

西洋ナシについてもトマトと同様な実験を行い、その結果を第 7 図 (20°C), 第 8 図 (10°C) に示した。20°C においてはエチレン発生に関して 380 mmHg 区および 10% O₂ 区とも空気通気区 (760 mmHg air) とほぼ同量であった。炭酸ガス生成は初期には差異が認められなかったが 10 日以後はその最大値は空気通気区が高く、ついで 380 mmHg 区、10% O₂ 区の順となった。150 mmHg 区、4% O₂ 区についてはバナナ、トマトの場合とはやや異なり、エチレン生成、炭酸ガス生成の増加は他区に比べ

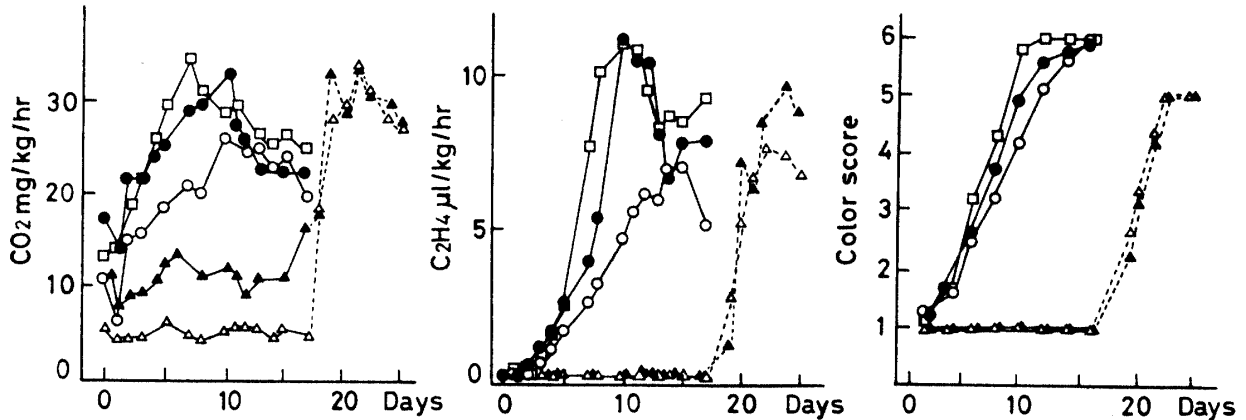


Fig. 5. Effect of subatmospheric pressure storage on respiration, ethylene production and development of color score of tomato fruits at 20°C.

□—□ control (760 mmHg air), ○—○ 10% oxygen (760 mmHg), ●—● 380 mmHg air, △—△ 4% oxygen (760 mmHg), ▲—▲ 150 mmHg air, storage in the flow of air at 20°C.

color score of tomato fruit: 1. mature green, 2. breaker, 3. light pink, 4. dark pink, 5. table ripe, 6. canning ripe.

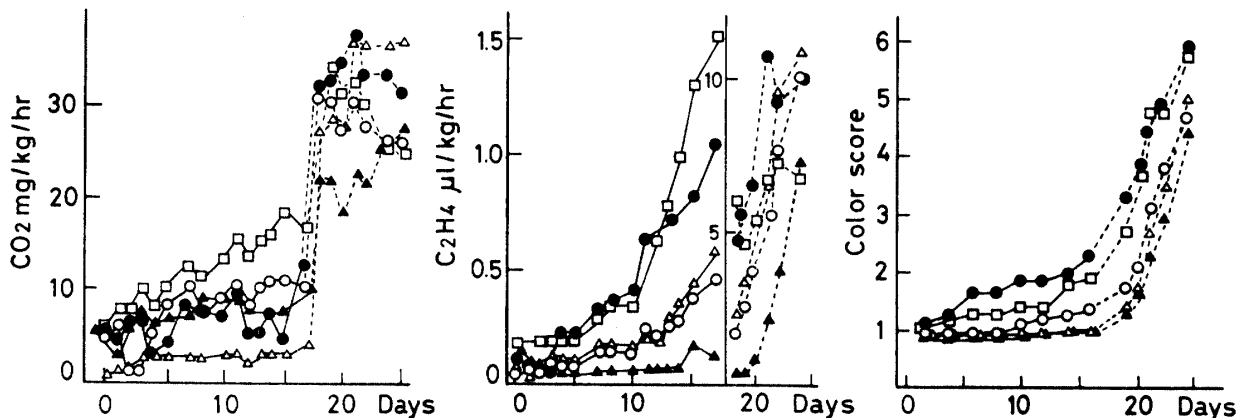


Fig. 6. Effect of subatmospheric pressure storage on respiration, ethylene production and development of color score of tomato fruits at 10°C.

□—□ control (760 mmHg air), ○—○ 10% oxygen (760 mmHg), ●—● 380 mmHg air, △—△ 4% oxygen (760 mmHg), ▲—▲ 150 mmHg air, storage in the flow of air at 20°C.

color score of tomato fruit: same as figure 5.

遅れたものの明確に認められた。しかし、果皮色の進行ならびに追熟はかなり抑制された。10°C 区については各測定項目の消長はほぼ 20°C と同様の傾向を示すものであったが、20°C に比べ遅れた。しかし、西洋ナシは 10°C 下でもかなりのエチレン生成が認められ追熟が進行するところから、トマトの場合とは異なった結果が示された。すなわちトマトにおいては 4% O₂ または 150 mmHg なら 20°C でもかなり追熟抑制が可能であるのに対し、西洋ナシでは 10°C でもこの酸素分圧では長期の貯蔵には不十分であった。したがって西洋ナシの長期間の貯蔵にはより低温またはより低い酸素分圧が必要であるものと考えられた。

以上の結果から減圧による追熟抑制の効果は果実内からのエチレングスの拡散効果より酸素分圧の低下に負うところがあるかに大きく、拡散的效果を期待するには高レベルな低圧を必要とするものと考えられた。しかし、CA 的效果を減圧により簡単に得ることができることから、この貯蔵法の有効性が示唆された。また、一方 CA 貯蔵において各青果物による最適 CA 条件が異なるように^{5,8)}、減圧法においても最適条件が異なることが、実験に用いた材料の同条件に対する追熟様相の違いから予想せられ、したがってさらに多くの材料による調査が必要であるものと思われた。

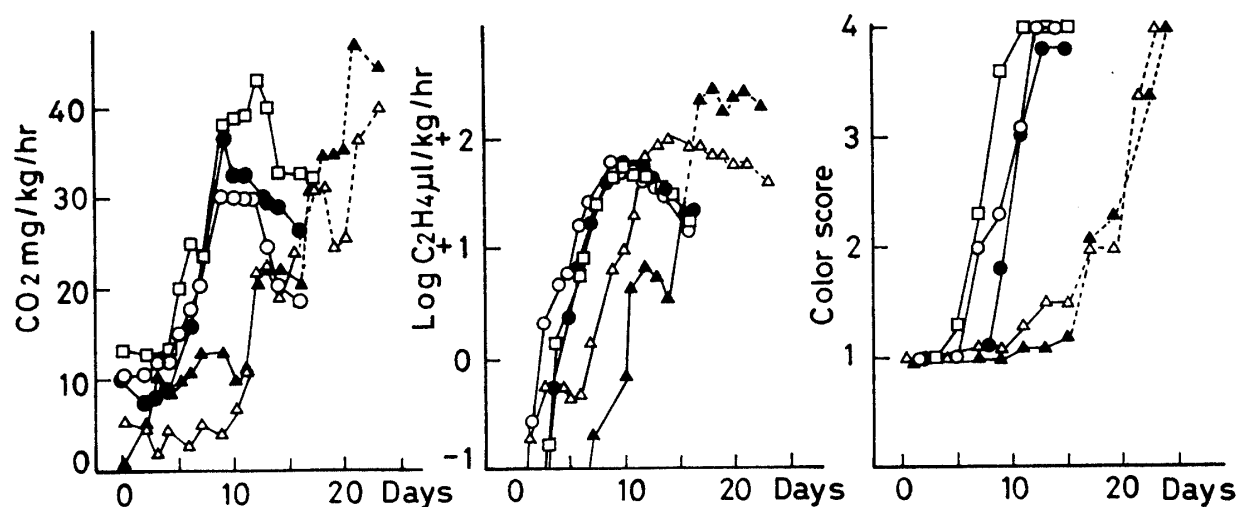


Fig. 7. Effect of subatmospheric pressure storage on respiration, ethylene production and development of color score of pear fruits at 20°C.

□—□ control (760 mmHg air), ○—○ 10% oxygen (760 mmHg), ●—● 380 mmHg air, △—△ 4% oxygen (760 mmHg), ▲—▲ 150 mmHg air, storage in the flow of air at 20°C.
color score of pear fruit: 1. green, 2. light green, 3. light yellow, 4. yellow.

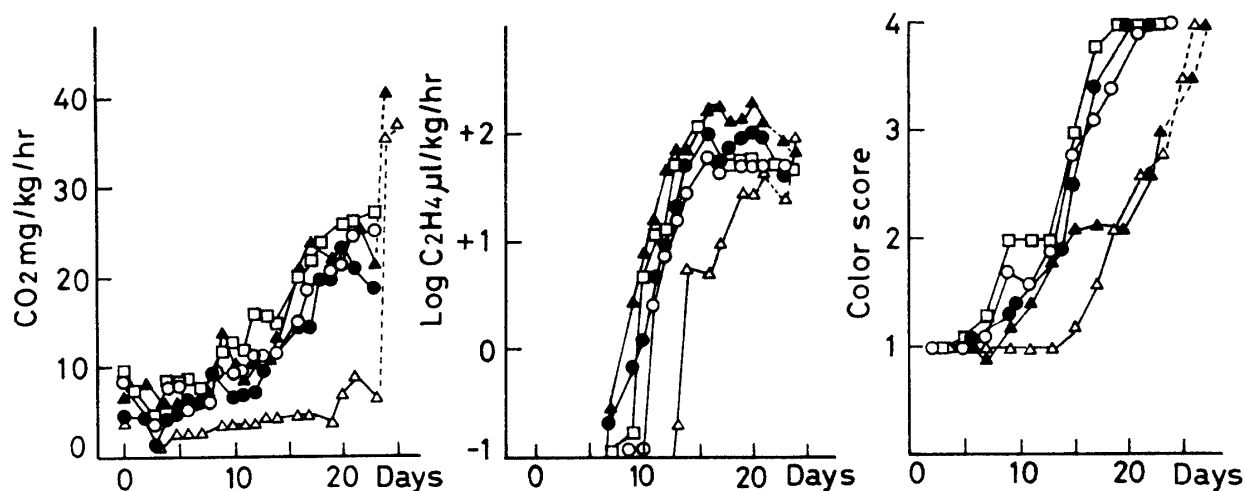


Fig. 8. Effect of subatmospheric pressure storage on respiration, ethylene production and development of color score of pear fruits at 10°C.

□—□ control (760 mmHg air), ○—○ 10% oxygen (760 mmHg), ●—● 380 mmHg air, △—△ 4% oxygen (760 mmHg), ▲—▲ 150 mmHg air, storage in the flow of air at 20°C.
color score of pear fruit: same as figure 7.

摘 要

バナナ、トマト、西洋ナシにつき減圧貯蔵の効果を検討した。

1. 酸素分圧 0.2 気圧の各種の圧力、成分のガスを調製し、バナナを 25°C の下で貯蔵したところ、追熟抑制効果は拡散係数と相関関係にあった。

2. 酸素分圧 0.1 気圧すなわち 10% O₂、380 mmHg

の空気、および 0.04 気圧すなわち 4% O₂、150 mmHg の空気のそれぞれの区についてバナナを用い調査した結果、追熟抑制の効果は主に酸素分圧の低下によるものであることが認められた。

3. トマトにつき 20°C、10°C のもと、上記 2 と同様な条件で実験を行ったところ、20°C 下では 4% O₂ 区、150 mmHg 空気区に、かなりの追熟抑制効果が認められた。しかし、10°C のもとでは対照区 (760 mmHg 空気区)

もかなり追熟が抑制され、酸素分圧低下による追熟抑制効果は顕著ではなかった。

4. 西洋ナシについても上記3と同様の条件で貯蔵したところ、10°C、20°C両区ともトマトほど酸素分圧低下による追熟抑制効果はなく、西洋ナシについてはより低温、またより低圧が必要であるものと思われた。

以上の結果から減圧貯蔵の効果は減圧による拡散係数の増加によるよりむしろ酸素分圧を低下させることに意義があるものと考察された。また、それぞれの青果物により、最適減圧貯蔵条件は異なるものであることが推察された。

引用文献

- 1) BURG, S.P., and E.A. BURG: *Science*, **148**, 1190, 1965.
- 2) BURG, S.P., and E.A. BURG: *Science*, **153**, 314, 1966.
- 3) 藤田重文: 化学機械, **15**, 234, 1951.
- 4) FULLER, E.N., P.D. SCHETTLER, and J.C. GIDDINGS: *Ind. Eng. Chem.*, **58** (5), 19-27, 1966.
- 5) 萩沼之孝: 園芸学全編, 633, 養賢堂, 東京, 1973.
- 6) HUMMEL, C.E., and E.S. STODDARD: *Refrig. Eng.*, **65**, 33-39, 1957.
- 7) SALUNKHE, D.K. and M.T. WU: *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **98**, 113, 1973.
- 8) 田村 勉: 青果保蔵汎論 (緒方邦安編), 194-210, 建帛社, 東京, 1977.
- 9) TOLLE, W.E.: *Agr. Marketing Res. Rept.*, **842**, U.S. Dept. Agr., 1969.
- 10) WILKE C.R.: *Chem. Eng. Progress*, **46**, 95, 1950.
- 11) WORKMAN, M., H.K. PRATT and L.L. MORRIS: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **69**, 352, 1957.
- 12) WU M.T. and D.K. SALUNKHE: *Utah Sci.*, **33**, 29, 1972.