

# 高濃度氧氣貯藏對果實品質之影響

劉惠菱

## 摘要

果實採收後因呼吸率上升及更年型果實乙烯產生量增加等影響，在貯藏或運輸上常利用改變貯藏環境中氣體含量的變化，特別是低氧高二氧化碳降低呼吸作用，延長商品的貯藏時間；然而這樣的氣體環境容易造成缺氧呼吸，使得發酵物質或者是揮發性物質產生，降低商品品質。因此近年來為了改善這樣的現象，許多研究利用高濃度氧氣貯藏，達到延長商品壽命並維持商品品質。而高濃度氧氣處理在不同種類的果實上施用，對呼吸率、乙烯產生量、外觀品質有不同的影響。在酪梨、檸檬、櫻桃的呼吸率及乙烯產生量表現上，會因高濃度氧氣處理而有上升的現象，以及因高濃度氧氣造成的細胞傷害導致顏色轉變；但在龍眼、李、枇杷、藍莓上不論是呼吸率或者是乙烯產生量皆有降低的趨勢，並可維持外觀品質。造成這些不同的結果的原因，可推測與處理時間、處理溫度及氧氣濃度不同相關。另外高濃度的氧氣處理在果實質地、氣味及微生物所造成的腐爛率影響方面，在草莓、藍莓、樹梅、葡萄等漿果類果實上，具有維持硬度、減緩揮發性物質產生、降低腐爛率等優點。因此日後在果實採收後使用高濃度的氧氣貯藏必須考慮到是否影響呼吸率、乙烯生合成及外觀品質的變化，但是可以肯定的是高濃度的氧氣處理在維持質地、延緩揮發性物質及腐爛率具有正面效應。

## 前言

提到高濃度氧氣，一般在我們生活上的應用最常聽見的是用在治療一氧化碳中毒、氰化物及其他氣體中毒上，主要的原理是利用高濃度的氧溶解於血漿中的量，來增加組織內的含氧量，達到快速地將體內之毒性排出。除此之外也可以利用過氧化物的作用原理，達到殺菌抑菌的效能，並增加白血球的吞噬功能治療傷口壞疽、骨髓炎、糖尿病足等。

以往園產品上使用的氣調貯藏或是氣變包裝貯藏多利用貯藏環境中低於空氣中氧氣濃度21%以及高於0.03%二氧化碳的方式，降低園產品採後的呼吸作用，使得園產品內容物消耗減少，然而高二氧化碳及容易造成細胞無氧呼吸而產生異味物質，最常見的便是乙醇或是乙醛含量增加。為了改善這個現象，因此近年來許多學者研究以高濃度的氧氣作為包裝貯藏的氣體，達到降低因低氧所造成的異味、酵素型變色、影響需氧的細菌及真菌的作用。

## 內容

### 一、高濃度氧氣貯藏對呼吸率的影響

研究中指出高濃度的氧氣貯藏會增加更年型果實及非更年型果實採收後呼吸率上升，在酪梨更年型呼吸的狀態下以不同的氧氣濃度貯藏，50%及100%氧氣處理的組別會加速其呼吸作用，但低氧處理的組別則是可以降低呼吸率；而在非更年型果實檸檬以99.2%高濃度的氧氣貯藏的檸檬最高。而造成這樣結果的原因可能為高濃度氧氣處理在貯藏期間因氧氣不斷被消耗，氧氣濃度會不斷的下降，呼吸率容易上升。因此貯藏期間若採用不斷補充氧氣濃度，保持高濃度狀況則可以產生類似低氧處理的效果，降低呼吸率。

### 二、高濃度氧氣貯藏對乙烯產生量的影響

高濃度氧氣貯藏對果實採收後乙烯產生量的影響在大部分果實上有正相關，綠熟期的巴黎貯藏在高濃度的氧氣處理乙烯產生量較空氣貯藏高；甜櫻桃也是相似的結果，以70%O<sub>2</sub>的高氧處理會使乙烯產生量快速增加再下降，並且另外有研究指出高氧處理會促進乙烯的產生，並使得萵苣葉產生褐斑，但是在綠熟的番茄上80~100kPa氧氣濃度再搭配適當的二氧化碳濃度卻會使綠熟期的番茄延緩後熟，即乙烯產生量較低；因此許多研究假設是否在高濃度氧氣濃度下搭配二氧化碳的使用，便可以降低乙烯的產生量。

但在部分果實上氧氣濃度與乙烯產生量卻呈現負相關，1988年有學者在蘋果不同氧氣濃度下外加不同濃度的ACC，調查乙烯產生量的變化，藉由Km值可以得知氧氣濃度對乙烯產生速率的重要性是5%，顯示在低濃度氧氣下反而會增加ACC生成量，並且對照氧氣濃度與乙烯產生量的關係，可以應證此現象，在0~20kPa氧氣濃度下蘋果乙烯產生量會隨著氧氣的增加而快速增加，但在30kPa氧氣濃度下，即使增加氧氣濃度也不影響乙烯產生量。而這樣的現象在藍莓以高濃度氧氣貯藏也是相同，貯藏期間以高濃度氧氣如60~100%，會抑制乙烯產生量，而在較低氧氣濃度如40%，則無顯著影響。

### 三、高濃度氧氣貯藏對果實外觀及品質的影響

園產品採收後外觀及品質的變化主要在顏色、氣味、質地、微生物的產生的探討。顏色變化上甜櫻桃以70%氧氣濃度貯藏30天後開始褐化，貯藏50天後褐化指數達到100%，氣變包裝組別則無顯著變化；一般而言造成褐化可能因素為多酚氧化酵素活性的增加，所造成的酵素型褐化，但實際上在多酚氧化酵素的表現上反而是以氣變包裝的組別活性較高，70%氧氣處理組並未特別的高，因此可以推論甜櫻桃褐化的原因不是酵素型的褐化。並且1996年的研究指出高濃度氧處理不但不會增加多酚氧化酵素活性，反而會對多酚氧化酵素產生抑制作用。因此甜櫻桃上高氧處理雖然可抑制多酚氧化酵素活性的影響，但會造成丙二醛含量上升對細胞造成傷害，因此在使用上需注意使用濃度及時間。

相似的研究結果在龍眼以100%氧氣處理後貯藏在28°C下6天，可以得知高氧

處理有維持龍眼果皮顏色的效果，特別是在貯藏第4天及第6天達到極顯著。並且在果皮丙二醛含量結果顯示以100%氧氣濃度貯藏的龍眼丙二醛含量低於空氣貯藏的組別。荔枝上也是相同的結果，以100%氧氣貯藏可降低褐化指數。並且在抗氧化酵素SOD、CAT、APX活性上以高氧處理的組別較高。(SOD：催化過氧化物變成氧氣及水，CAT：清除 $H_2O_2$ ，APX：清除Halliwe-Asada路徑中 $H_2O_2$ )。因此高濃度氧氣處理在園產品褐化的表現上會因園產品種類不同而需使用不同的濃度，以避免細胞受傷造成褐化。

在高濃度氧氣處理對果實質地的改變上，會促進梨果的軟化率及轉色率，使得梨果不能長途運輸。並且在1960年以香蕉為材料所做的研究，也得到相同的結果，高濃度的氧氣會刺激香蕉軟化率上升。而其原因為高濃度的氧氣會使梨果使乙烯產生率上升。除此之外在葡萄上以高氧處理的組別硬度高於其他組別，空氣貯藏15天後硬度下降27%，而40% $O_2$ +30% $CO_2$ 貯藏30天後下降24%，但在以80% $O_2$ 貯藏的組別直到60天後才下降24%。而其原因為高濃度氧氣處理的組別在細胞壁分解酵素活性皆為最低，因此高氧處理可降低細胞壁分解酵素的活性，維持果實硬度；除此之外高氧處理後的葡萄小果梗與果實之間的狀態，藉由光學顯微鏡的觀察可以得知葡萄在貯藏60天後，貯藏在空氣下的組別離層明顯產生，這時候果實也比較容易脫落，而以高氧處理的果實離層雖然也有產生，但是範圍較小。因此以高氧處理的組別可以延緩離層產生，可能可以使果實脫粒率降低。並且在以物理的方式測量也可以得知高氧處理組別的果梗強度大於對照組，而脫粒率則是比對照組要來的低。因此高氧處理確實可以維持葡萄品質，減少脫粒。

在氣味產生上草莓利用高濃度氧氣處理貯藏後乙醛含量在空氣貯藏組別與40kPa氧氣加上15kPa二氧化碳處理組別表現無差異，以 $\geq 60$ kPa氧氣處理組別乙醛含量低於以高二氧化碳處理組別，因此高氧處理可以減緩因低氧呼吸所產生的揮發性物質。龍眼貯藏時也是相同的結果，以70%氧氣貯藏貯藏40天時乙醇含量只有3.43~4.03nmol/g，比有加二氧化碳貯藏的組別低了1.5~2倍之多，因此高氧處理也可以減緩龍眼貯藏後的乙醇含量增加趨勢。除此之外櫻桃使用70%氧氣處理在乙醇含量的表現量也較佳。

而在微生物的影響上，草莓再經過14天不同氣體貯藏後腐爛的表現，在氧氣濃度大於60kPa時腐爛率被抑制的情形隨著氧氣濃度的增加而增加，因此草莓使用高濃度的氧氣可以抑制腐爛的發生。並在菌絲培養的表現上，在5°C下第5天及第7天時各個氣體處理表現類似，但在第14天時以90kPa氧氣處理組別表現較佳，因此高濃度的氧氣處理可以減緩草莓灰黴菌所造成的腐爛。樹莓上也呈現與草莓同樣的結果，貯藏在空氣下的組別腐爛率增加的很快，以40%氧氣處理的組別則對腐爛率無顯著的影響；大於60%的氧氣則是對腐爛率有顯著延緩效果，特別是100%氧氣，在貯藏9天實腐爛率只有7.78%，20°C放置一天後腐爛率增加了8.25%，放置兩天後腐爛率增加了4.49%，較其他組別來的低。而高濃度氧氣貯藏使用在藍莓的表現上也一樣，但值得注意的是在藍莓及樹莓上以80%或是100%氧氣處理組別

並無顯著差異。並且由於高濃度的氧氣可以抑制真菌或細菌造成腐爛的機制尚未清楚，只能推斷由於高濃度的氧氣會影響厭氧微生物的生理代謝，而通常造成腐爛的微生物剛好都是比較屬於厭氧性的微生物，因此高氧處理對微生物的抑制是有效的。

## 結語

要釐清高氧處理對新鮮的果實採後品質所造成的影響，必須考慮下列問題：

1. 在更年型及非更年型果實中，高氧處理對其二氧化碳、乙烯釋放率的影響為何。
2. 高氧處理是否能改善因二氧化碳濃度過高所產生的障礙及異味。
3. 使用高氧處理或是高氧處理搭配二氧化碳處理對園產品品質、質地、味道上有何影響。
4. 高氧處理或是高氧處理搭配二氧化碳處理對腐敗菌、真菌或是人類的致病原的生長的影響。
5. 搭配濕度及溫度的控制可以使高氧處理在未來成為實用的保鮮處理。

## 參考文獻

1. 鄭永華、蘇新國、李欠盛 2000 高氧對枇杷果實貯藏期間呼吸速率和多酚氧化酶活性及品質的影響植物生理學通訊 36(4): 318-320
2. 鄭永華 2005 高氧處理對藍莓和草莓果實採後呼吸速率和乙烯釋放速率的影響園藝學報 32(5): 866-868
3. Biale, J. B. and R. E. Young. 1947. Critical oxygen concentrations for the respiration of lemons. *Am. J. Bot.* 84: 301-309.
4. Biale, J. B.. 1946. Effect of oxygen concentration on respiration of the 'Fuerte' avocado fruit. *Am. J. Bot.* 33: 363-373.
5. Daun, X., T. Liu, D. Zhang, X. Su, H. Lin, and Y. Jiang. 2011. Effect of pure oxygen atmosphere on antioxidant enzyme and antioxidant activity of harvested litchi fruit during storage. *Food Res. Int.* 44: 1905-1911.
6. Deng, Y., Y. Wu, and Y. Li. 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Res. Int.* 38: 769-776.
7. Deng, Y., Y. Wu, Y. Li, M. Yang, C. Shi, and C. Zheng. 2007. Studies of postharvest berry abscission of 'Kyoho' table grapes during cold storage and high oxygen atmospheres. *Post.Bio. Tech.* 43(1): 95-101.
8. Frenkel, C.. 1975. Oxidative turnover of auxins in relation to the onset of ripening in

- 'Bartlett' pear. *Plant Physiol.* 55: 480-484.
9. Maxie, E.C., B. J. Robinson, and P. B. Catlin. 1957. Effect of various oxygen concentration on the respiration of 'Wickson' plum fruit and fruit tissues. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 71: 145-156.
  10. Su, X., Y. Jiang, X. Duan, H. Liu, Y. Li, W. Lin, and Y. Zheng. 2005. Effect of pure oxygen on the rate of skin browning and energy status in longan fruit. *Food Technol. Biotechnol.* 43(4): 359-365.
  11. Tian, S.P., A. L. Jiang, Y. Xu, and Y. S. Wang. 2004. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food Chem.* 87: 43-49.
  12. Tian, S., Y. Xu, A. Jiang, and Q. Gong. 2002. Physiological and quality responses of longan fruit to high O<sub>2</sub> or high CO<sub>2</sub> atmospheres in storage. *Post. Bio. Tech.* 24(3): 335-340.
  13. Wszelaki, A.L. and E.J. Mitcham. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Post. Bio. Tech.* 20(2): 125-133.
  14. Wu, Y., Y. Deng, and Y. Li. 2008. Changes in enzyme activities in abscission zone and berry drop of 'Kyoho' grapes under high O<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub> atmospheric storage. *LWT.* 41: 175-179.
  15. Yip, W. K., X. Z. Jiao, and S. F. Yang. 1988. Dependence of *in vivo* ethylene production rate on 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid content and oxygen concentrations. *Plant Physiol.* 88: 553-558.
  16. Zeng, Y., Z. Yang, and X. Chen. 2008. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. *Food Control.* 19: 470-474.