

## '台農一號'百香果無氧呼吸之臨界氧氣及 二氧化碳濃度建立

余 漢 盛<sup>1)</sup> 林 慧 玲<sup>2)</sup>

關鍵字：百香果、氣調、酒精、乙醛

**摘要：**百香果屬熱帶果樹且為更年型果實，因此貯藏壽命短，且低於9℃時易發生寒害，而增加百香果外銷長程貯運的難度。氣調貯藏為另一種可以延長貯藏壽命的方法。本試驗確立引起無氧呼吸之O<sub>2</sub>及CO<sub>2</sub>之臨界濃度作為氣調條件之依據。材料取自南投埔里地區百香果果實，以0%、1.06%、3.08%、5.01%、6.94%、20.4% O<sub>2</sub>於25℃進行測試，結果顯示5.01% O<sub>2</sub>可以延緩百香果轉色，有最低之呼吸率，且並無發生無氧呼吸，而低於5.01% O<sub>2</sub>時果肉的酒精及乙醛濃度顯著上升。因此，本研究以約5% O<sub>2</sub>搭配0%、4.22%、9.2%及15.25% CO<sub>2</sub>進行測試。結果顯示5.15% O<sub>2</sub> + 4.22% CO<sub>2</sub>及5.02% O<sub>2</sub> + 9.2% CO<sub>2</sub>之呼吸率最低，且果肉酒精及乙醛含量都與對照組均無顯著差異。因此，不發生無氧呼吸之臨界低O<sub>2</sub>濃度為5%，臨界高CO<sub>2</sub>則介於5-10%之間，可做為氣調及氣變貯藏氣體成份之依據。

### 前 言

百香果(*Passiflora edulis* Sims.)為西番蓮科西番蓮屬之多年生蔓性果樹，果實風味酸甜且具特殊香氣，是全球重要果汁加工及鮮食果品，也是台灣具經濟價值的果樹之一。台灣百香果生產以紫色種和黃色種的雜交品種'台農一號'為主，根據農委會統計資料顯示，民國109年百香果之產量已達28,526公噸，種植面積有894公頃，產值約12億元，呈逐年上升的趨勢。隨著台灣百香果產業之發展，拓展外銷市場是未來產業的目標。

百香果為熱帶更年型果實，且在後熟階段有極高的乙烯生合成量與呼吸率，增加了貯

---

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。  
2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

藏上的困難，藏上的困難，前人的試驗指出最適百香果長程貯運之溫度為 9 °C (黃，2016；李，2021)，也建立了貯藏前清洗與包裝之方法，但由於目前百香果在外銷上多需與其他蔬果併櫃運輸，大多果實貯運溫度在 1-5 °C 之間，因此若能在不發生寒害的情況下，降低百香果貯藏溫度並維持其果實可售率，對百香果的外銷發展將是一大助力。

氣調 (controlled atmosphere) 及氣變包裝 (modified atmosphere packaging) 可以降低園產品的生理生化代謝，達到延長貯藏的效果。氣調及氣變包裝主要是改變貯藏環境的大氣組成濃度，進而影響果實內部的氣體成分，降低果實呼吸率，達到抑制果實生理代謝活性的效果，而具降低果實寒害的效果 (Pesis *et al.*, 2000; Lurie and Crisosto, 2005; Singh and Singh, 2012)。

本試驗以 '台農一號' 百香果為實驗材料，主要目的為建立百香果氣調及氣變包裝貯藏適合之氣體組成。

## 材料與方法

### 一、試驗材料

本試驗果實採自南投埔里大坪頂地區鄭姓農民栽培之花後 9 週的 '台農一號' 百香果。試驗分兩階段，第一階段於 2020 年 7 月 23 日進行，第二階段則於 2020 年 8 月 19 日進行。

### 二、試驗方法

第一階段測試百香果無氧呼吸之臨界 O<sub>2</sub> 濃度，第二階段則以第一階段最適 O<sub>2</sub> 濃度來測試臨界 CO<sub>2</sub> 濃度。

果實經過挑選後，將果梗剪除並清洗。果實清洗步驟分三階段，第一階段以清水將果實表面灰塵及污垢清洗乾淨，第二及第三階段則以 40 ppm 微酸性電解次氯酸水進行清洗，結束後進行風乾。風乾後將果實進行稱重，每處理以 4 顆百香果放入 2 L 呼吸缸。

第一階段試驗將 0%、1.06%、3.08%、5.01%、6.94% 及 20.4% O<sub>2</sub> (對照組) 以流通式系統通入呼吸缸內，流速為 1 L·hr<sup>-1</sup>。試驗進行時，每 6 小時調查果實呼吸率，共調查 48 小時。試驗於 25 °C 進行，每處理 4 顆果實。結束後進行果實品質及果肉乙醛及酒精含量調查。

第二階段試驗以第一階段最適低 O<sub>2</sub> 濃度 (約 5%) 搭配 0%、4.22%、9.2%、15.25% CO<sub>2</sub> 及對照組 (20.4% O<sub>2</sub>) 進行測試，以流通式系統通入 2 L 呼吸缸內，流速為 1 L·hr<sup>-1</sup>。試驗進行時，每 6 小時調查果實呼吸率，共調查 48 小時。試驗於 25 °C 進行，每處理 4 顆果實。結束後進行果實品質及果肉乙醛及酒精含量調查。

### 三、調查項目

#### (一) 呼吸率

第一階段試驗以塑膠針筒從呼吸缸出氣口抽取 1 mL 氣體，注入紅外線二氧化碳分析儀中(Infrared analyzer, Rosemount, Rosemount X-stream)，攜帶氣體為氮氣，測定呼吸缸內二氧化碳濃度，以已知濃度之標準品進行二氧化碳濃度計算。果實呼吸率以二氧化碳產生速率計算，單位以  $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$  表示。第二階段試驗以塑膠針筒從進氣口及出氣口各抽取 1 mL 氣體進行分析，計算後將出氣口與進氣口之濃度相減，單位以  $\text{mL CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$  表示。

#### (二) 果汁可溶性固形物

將果肉挖出，以紗布將果汁擠入燒杯，震盪均勻後以電子式糖度計(ATAGA, PR-32)測量果汁可溶性固形物，單位以 $^{\circ}\text{Brix}$ 表示，每處理 4 顆果實，每顆果實為 1 重複。

#### (三) 果汁可滴定酸

取步驟(二)之 1 mL 果汁加入 19 mL 之純水，以塑膠滴管加入 1-2 滴酚酞指示劑，以 0.1 N NaOH 滴定至果汁轉為粉紅色為滴定終點。紀錄所滴定之 NaOH 體積，並換算成以檸檬酸為主的可滴定酸含量，單位以%表示，每處理 4 顆果實，每顆果實為 1 重複。

#### (四) 果汁糖酸比

果汁糖酸比每處理 4 顆果實。以步驟(二)及(三)的數值進行計算，公式為下：

$$\text{果汁糖酸比} = \frac{\text{果實可溶性固形物含量}}{\text{果實可滴定酸含量}}$$

#### (五) 果肉乙醛及乙醇

稱取 3 g 之百香果果肉（含種子），放入 25 mL 之三角瓶內，以 16 號血清塞進行密封 1 小時，以塑膠針筒抽出三角瓶內 1 mL 之氣體，注入氣相層析儀(Gas Chromatograph Chromatec-Crystal 9000)進行分析。已知濃度之標準品亦取 3 mL 密封於 25 mL 三角瓶 1 小時後取樣 1 mL 注入氣相層析儀(Gas Chromatograph Chromatec-Crystal 9000)，以已知濃度之標準品進行乙醛及乙醇濃度計算。乙醛及乙醇單位以  $\mu\text{mole} \cdot \text{g}^{-1}$  表示。果肉乙醛及乙醇每處理 4 個果實樣品，每個樣品為 1 重複。

## 結 果

### 一、百香果無氧呼吸之臨界 $\text{O}_2$ 濃度測試

花後 9 週百香果果實經不同低氧濃度處理 48 小時後，5.01%  $\text{O}_2$  及以下濃度處理明顯可以抑制果實轉色，6.94%  $\text{O}_2$  及對照組(20.4%  $\text{O}_2$ )之果實顏色明顯較鮮紅，如圖 1 所示。果實的呼吸率如圖 2 所示，5.01%  $\text{O}_2$  處理的果實從 6 小時開始至 24 小時有最低的呼吸率，分別為 18、14、25.37、24.62 及 31.2  $\text{ml CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ ，當  $\text{O}_2$  濃度低於 5.01%  $\text{O}_2$  濃度時，果實呼吸率隨之升高，而從 30 小時開始，5.01%  $\text{O}_2$  處理的果實不再有最低之呼吸率，而對照組的呼吸率則上升至最高。圖 3 顯示 3.08%  $\text{O}_2$  及以下濃度之處理會導致果實果肉之

乙醛及乙醇含量上升，0%、1.06%及 3.08% O<sub>2</sub> 處理之乙醛濃度分別為 0.51、0.36 及 0.23  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}$ ，而乙醇濃度則為 22.31、13.01 及 8.62  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}$ ，而 5.01% O<sub>2</sub>、6.94% O<sub>2</sub> 及對照組的果肉乙醛濃度分別為 0.10、0.12 及 0.08  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}$ ，乙醇濃度則為 2.93、3.95 及 2.19。表 1 顯示低氧處理之失重率介於 0.27-0.61%之間，以對照組較高，達 2.7%。果實可溶性固形物以 0%及 1.06% O<sub>2</sub> 處理顯著低於 3.06%、5.01%及對照組，7.06%處理則介於中間。果實可滴定酸僅以 5.01% O<sub>2</sub> 處理顯著高於對照組，果實糖酸比則以對照組顯著高於 5.01% 及 1.06% 低氧處理。由上述結果顯示百香果的臨界濃度低氧濃度為 5.01% 左右。

## 二、百香果無氧呼吸之臨界 CO<sub>2</sub> 濃度測試

花後 9 週之百香果果實經過 48 小時處理之後，5.01% O<sub>2</sub>+0% CO<sub>2</sub> 及對照組處理之果實轉色較明顯，如圖 4 所示。每 6 小時測定果實的呼吸率如圖 5 所示，5.15% O<sub>2</sub>+4.22% CO<sub>2</sub> 於 6、12、18、24 及 36 小時均維持低呼吸率；5.02% O<sub>2</sub>+9.2% CO<sub>2</sub> 處理之果實於 12 小時開始呼吸率上升，但於 42 小時呼吸率降至最低，維持至 48 小時；5.18% O<sub>2</sub>+15.25% CO<sub>2</sub> 在 30 小時後的呼吸率上升至最高且維持至 48 小時。分析果肉乙醛及乙醇濃度如圖 6 所示，處理組之間均無顯著差異，乙醛濃度介於 0.13-0.17  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}$  之間，而乙醇則介於 6.42-10.06  $\mu\text{mole}\cdot\text{g}^{-1}$  之間。表 2 顯示果實可溶性固形物、可滴定酸及糖酸比皆無顯著差異，分別介於 18.63-19.03、2.80-2.99 及 3.99-4.19 之間。由呼吸率變化顯示，5% O<sub>2</sub> 配合 5-9% CO<sub>2</sub> 為氣調較適之氣體組成，CO<sub>2</sub> 高於 9-15% 則有誘發無氧呼吸之可能。

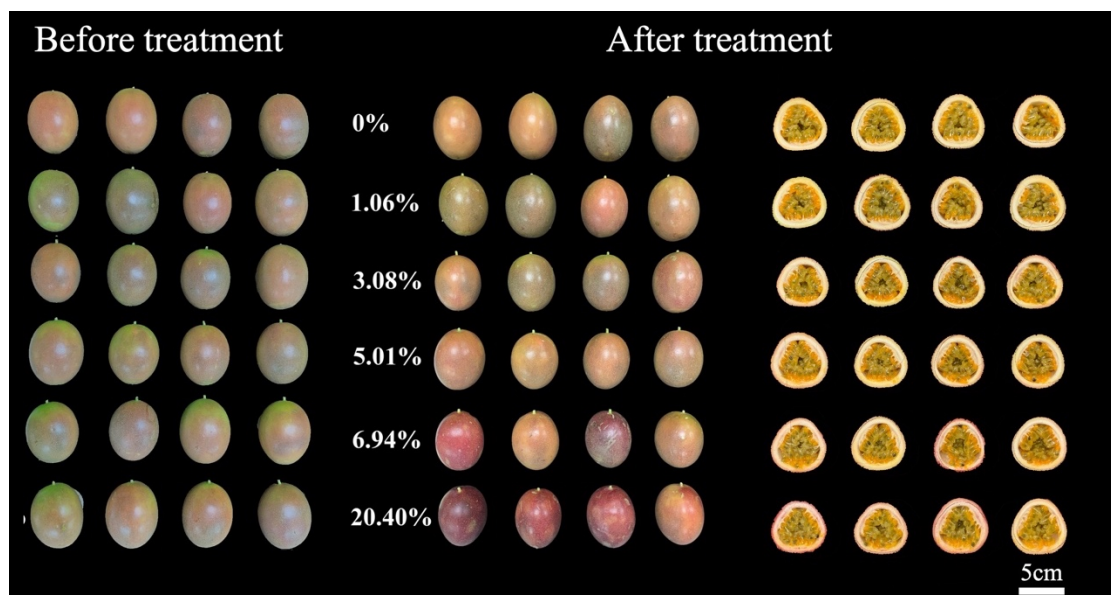


圖 1. 百香果於 25 °C 以不同濃度 O<sub>2</sub>(a)處理前及(b)處理 48 小時後之外觀及剖面。

Fig. 1. Appearance and sectional photos of passion fruit before and after treated with different concentration of O<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C.

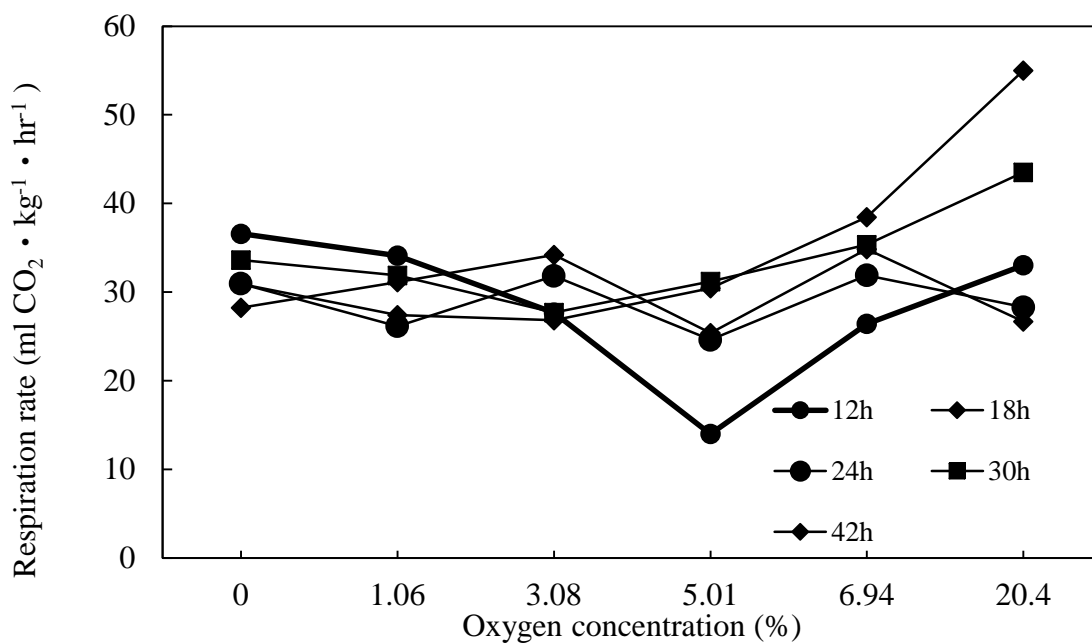


圖 2. 百香果於 25 °C 以不同濃度 O<sub>2</sub> 處理 3-48 小時之呼吸率。

Fig. 2. Respiration rates of passion fruit between 3-48 hours after treated with different concentrations of O<sub>2</sub> at 25 °C.

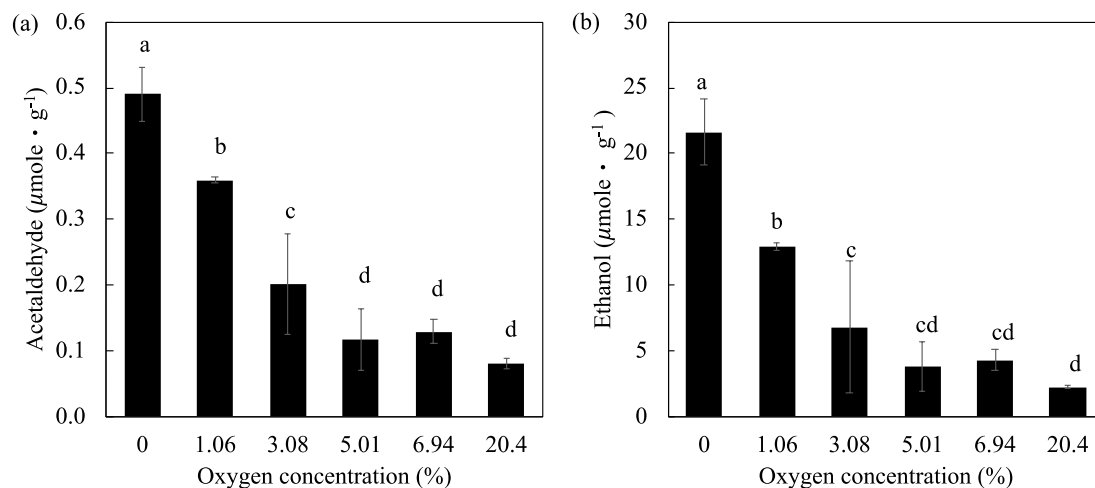


圖 3. 百香果於 25 °C 以不同濃度 O<sub>2</sub> 處理 48 小時後之果肉(a)乙醛及(b)乙醇含量。

Fig. 3. (a) Acetaldehyde and (b) ethanol contents after treated with different concentrations of O<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C.

表 1. 百香果於 25 °C 以不同濃度 O<sub>2</sub> 處理 48 小時後之果實品質

Table 1. Fruit quality of passion fruit after treated with different concentrations of O<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C.

O <sub>2</sub> (%)	Total soluble solids (°Brix)	Titration acidity (%)	TSS/TA
0	18.80 b*	2.60 ab	7.28 ab
1.06	18.73 b	2.89 ab	6.53 b
3.08	19.63 a	2.86 ab	6.91 ab
5.01	19.65 a	2.96 a	6.70 b
6.94	19.35 ab	2.85 ab	6.90 ab
20.40	19.85 a	2.45 b	8.24 a



圖 4. 百香果於 25 °C 以 5% O<sub>2</sub> 搭配不同濃度 CO<sub>2</sub> 之處理前外觀及處理 48 小時後之外觀與剖面差。

Fig. 4. Appearance and sectional view of passion fruit before and after treated with 5% O<sub>2</sub> and different concentrations of CO<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C.

A: 5.01% O<sub>2</sub>, B: 5.15% O<sub>2</sub> + 4.22% CO<sub>2</sub>, C: 5.02% O<sub>2</sub> + 9.2% CO<sub>2</sub>, D: 5.18% O<sub>2</sub> + 15.25% CO<sub>2</sub>, E: 20.4% O<sub>2</sub> (Control).

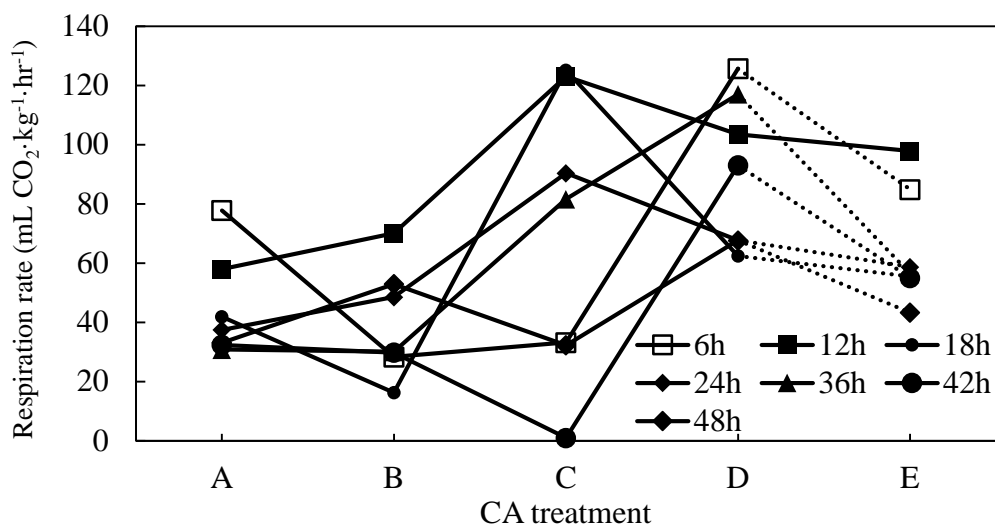


圖 5. 百香果於 25 °C 以 5% O<sub>2</sub> 搭配不同濃度 CO<sub>2</sub> 處理 3-48 小時之呼吸率。

Fig. 5. Respiration rates of passion fruit between 3-48 hours after treated with 5% O<sub>2</sub> and different concentrations of CO<sub>2</sub> at 25 °C. A: 5.01% O<sub>2</sub>, B: 5.15% O<sub>2</sub> + 4.22% CO<sub>2</sub>, C: 5.02% O<sub>2</sub> + 9.2% CO<sub>2</sub>, D: 5.18% O<sub>2</sub> + 15.25% CO<sub>2</sub>, E: 20.4% O<sub>2</sub> (Control).

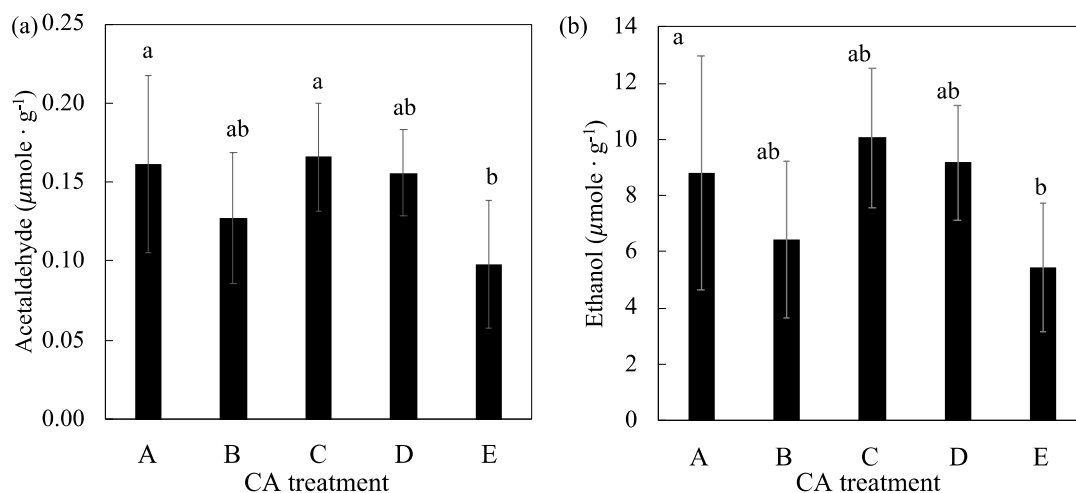


圖 6. 百香果於 25 °C 以 5% O<sub>2</sub> 搭配不同濃度 CO<sub>2</sub> 處理 48 小時之果肉乙醛及乙醇含量。

Fig. 6. (a) Acetaldehyde and (b) ethanol contents after treated with 5% O<sub>2</sub> and different concentrations of CO<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C. A: 5.01% O<sub>2</sub>, B: 5.15% O<sub>2</sub> + 4.22% CO<sub>2</sub>, C: 5.02% O<sub>2</sub> + 9.2% CO<sub>2</sub>, D: 5.18% O<sub>2</sub> + 15.25% CO<sub>2</sub>, E: 20.4% O<sub>2</sub> (Control).

表 2. 百香果於 25 °C 以 5% O<sub>2</sub> 搭配不同濃度 CO<sub>2</sub> 處理百香果 48 小時後之果實品質  
Table 2. Fruit quality of passion fruit after treated with 5% O<sub>2</sub> and different concentrations of CO<sub>2</sub> for 48 hours at 25 °C.

Treatments	Total soluble solids (°Brix)	Titration acidity (%)	TSS/TA
5.01% O <sub>2</sub>	19.03 a*	2.99 a	6.38 a
5.15% O <sub>2</sub> + 4.22% CO <sub>2</sub>	18.90 a	2.90 a	6.53 a
5.02% O <sub>2</sub> + 9.20% CO <sub>2</sub>	18.88 a	2.83 a	6.68 a
5.18% O <sub>2</sub> + 15.25% CO <sub>2</sub>	18.63 a	2.84 a	6.58 a
Control	18.70 a	2.80 a	6.70 a

## 討 論

### 一、百香果無氧呼吸之臨界 O<sub>2</sub> 濃度建立

建立百香果無氧呼吸之臨界濃度的試驗的第一階段為確認臨界低 O<sub>2</sub> 濃度，第二階段則以該 O<sub>2</sub> 濃度搭配不同濃度的 CO<sub>2</sub> 測試百香果之臨界高 CO<sub>2</sub> 濃度，確定百香果果實氣調之氣體組成。為了加速百香果無氧呼吸的發生，本試驗於常溫 25 °C 進行，黃(2016)研究結果顯示，百香果於 15 °C 果實呼吸率高於 3、6、9 及 12 °C。本試驗選用的果實成熟度為花後 9 週，因為花後 10 週的百香果無法判斷無氧呼吸的臨界 O<sub>2</sub> 濃度，推測是因為花後 10 週的百香果呼吸率正處於高峰（超過 40 mL CO<sub>2</sub>·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>），且乙烯釋放率超過 100 μL C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>·kg<sup>-1</sup>·hr<sup>-1</sup>（李，2021），導致對 O<sub>2</sub> 的感度下降，Ambuko 等(2014)指出百香果乙烯釋放率高，使其於常溫下僅能存放 7-10 天。從圖 1 可以觀察到當 O<sub>2</sub> 濃度於 5.01% 及以下時，果實的轉色可以被延遲，表示低 O<sub>2</sub> 濃度可以延遲果實後熟及老化(Teixeira and Durigan, 2010)。圖 2 顯示百香果於 48 小時內之呼吸率變化，於第 12 小時之呼吸率顯示 5.01% O<sub>2</sub> 有最低之呼吸率，低於 5% O<sub>2</sub> 時推測是因為無氧呼吸導致呼吸率上升，劉(1995)提及缺氧或無氧環境會促使果實行無氧呼吸，產生乙醛及乙醇。而本試驗可觀察到 3.08% 及以下 O<sub>2</sub> 濃度果肉乙醛及乙醇含量（圖 3）有明顯的上升。處理結束後，20.4% O<sub>2</sub>（對照組）因為呼吸率較高加速後熟，糖酸比顯著較高，Maniwaru 等(2015)的結果亦顯示百香果在氣變包裝的低氧環境下果實的後熟速度較對照組慢。因此，第一階段的測試以 5% O<sub>2</sub> 為最適臨界



低 O<sub>2</sub> 濃度，與 Cerqueira 等(2011)之研究黃色種百香果最適氣調之氧氣濃度為 5% 結果一致。

## 二、百香果無氧呼吸之臨界 CO<sub>2</sub> 濃度測試

第二階段測試以約 5% O<sub>2</sub> 搭配 0%、4.22%、9.2%、15.25% 的 CO<sub>2</sub> 進行測試。從圖 4 中可觀察到加入 CO<sub>2</sub> 的處理果實轉色較慢，表示較高 CO<sub>2</sub> 濃度有效延緩百香果之後熟，Ceiqueira 等(2011)的研究顯示黃色種百香果在 5% O<sub>2</sub> + 15% CO<sub>2</sub> 的氣調環境下果實轉色會有效被延緩，Li 等(2019)以高 CO<sub>2</sub> 貯藏草莓時亦有相似之結果。加入 CO<sub>2</sub> 後，5% O<sub>2</sub> 配合 5-15% CO<sub>2</sub> 並無明顯之無氧呼吸反應，但其中以 5.15% O<sub>2</sub> + 4.22% CO<sub>2</sub> 及 5.02% O<sub>2</sub> + 9.2% CO<sub>2</sub> 的呼吸率較低（圖 5），且也無顯著乙醇及乙醛之產生（圖 6），因此依據上述結果以 5% O<sub>2</sub> + 7% CO<sub>2</sub> 作為氣調及氣變包裝的最適氣體組成之濃度依據，進行後續試驗。此與 Pruthi (1963)所引述提及 Huelin (1962)以 5% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> 於 7.2-10 °C 進行氣調貯藏之氣體組成接近。

## 參 考 文 獻

- 李瑀萱。2021。'台農一號'百香果後熟特性與果實貯藏之研究。國立中興大學園藝學系碩士論文。臺灣：臺中。88pp。
- 黃昭銘。2016。果實成熟度、電解次氯酸水處理及貯藏溫度對'台農一號'百香果果實貯藏壽命及品質之影響。國立中興大學園藝學系碩士論文。臺灣：臺中。88pp。
- 劉富文。1995。園產品採後處理及貯藏技術。臺灣省青果運銷合作社編印。178pp。
- Ambuko, J., M. P. Yumbya, S. Shibairo, and W. O. Owino. 2014. Efficacy of 1-methylcyclopropene in purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) as affected by dosage and maturity stage. *Int. J. Postharvest Technol. Innov.* 4: 126-137.
- Cerqueira, F. O. D., E. Resende, D. Martins, J. L. Santos, and S. Cenci. 2011. Quality of yellow passion fruit stored under refrigeration and controlled atmosphere. *Cienc. Technol. Aliment.* 31: 534-540.
- Li, D, X. Zhang, L. Li, M. S. Aghdam, X. Wei, J. Liu, Y. Xu, and Z. Luo. 2019. Elevated CO<sub>2</sub> delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit. *Food Chem.* 285: 163-170.
- Lurie, S. and C. H. Crisosto. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol. Technol.* 37(3):195-208.
- Maniwaru, P., D. Boonyakiat, P. B. Poonlarp, J. Natwichai, and K. Nakano. 2015. Changes of postharvest quality in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) under modified atmosphere packaging conditions. *Int. Food Res. J.* 22(4): 1696-1606.

- Pesis, E., D. Aharoni, Z. Aharon, R. Ben-Arie, N. Aharoni and Y. Fuchs. 2000. Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 19(1): 93-101.
- Pruthi, J. S. 1963. Physiology, chemistry, and technology of passion fruit. *Adv. Food Res.* 12: 203-282.
- Singh, S. P. and Z. Singh. Controlled and modified atmospheres influence chilling injury, fruit quality and antioxidative system of Japanese plums (*Prunus salicina* Lindell). *Int. J. Food Sci. Technol.* 48(2): 363-374.
- Teixeira, G. H. A. and J. E. Durigan. 2010. Effect of controlled atmospheres with low oxygen levels on extended storage of guava fruit (*Psidium guajava* L. 'Pedro Sato'). *HortScience.* 45: 918-924.

## Critical Concentration of Oxygen and Carbon Dioxide of Anaerobic Respiration in Passion Fruit

Han Cean Ee<sup>1)</sup> Huey-Ling Lin<sup>2)</sup>

Key words : Passion fruit, Controlled atmosphere, Ethanol, Acetaldehyde

### Summary

Exportation of passion fruit is challenging as it's a tropical and climacteric fruit, its storage life is limited, and chilling injury may occur when storage temperature is lower than 9 °C. Controlled atmosphere is one of the methods that may extend storage life of passion fruit. This study aimed to confirm the concentration of oxygen and carbon dioxide threshold for low anaerobic respiration to take place in passion fruit. Passion fruit 'Taichung No. 1' derived from Puli District, Nantou was treated with 0%, 1.06%, 3.08%, 5.01%, 6.94% and 20.4% O<sub>2</sub> at 25 °C. Our results showed that on 5.01% O<sub>2</sub>, the color turning of passion fruits could be delayed respiration rate, acetaldehyde and ethanol contents increased when O<sub>2</sub> is lower than 5.01%, therefore 5.01% O<sub>2</sub> is the suitable concentration for CA in passion fruit. Next, 5% O<sub>2</sub> was combined with different concentration of CO<sub>2</sub> for then further tests. Our result showed that the respiration rate of passion fruit was lower when the CO<sub>2</sub> concentration was between 5-10%, CO<sub>2</sub> concentration higher than this range may cause injury to passion fruit. Thus, the critical concentration of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> for low anaerobic respiration to take place were 5% and 5-10% respectively. Based on these results, 5% O<sub>2</sub> + 5-10% CO<sub>2</sub> was the optimal condition for CA or MAP storage.

---

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.

