定期性中斷冷藏溫度和 CA 的貯藏
對蔬果品質下降的影響

原文刊載於一丞通訊 VOL.38　1999.5.

美國加州大學 Mikal E. Saltveit

1. 概要

以商業性的蔬果貯藏方式，大多數蔬果在品質保持期限中，冷凍貯藏室內的氧氣含量會減少，二氧化碳濃度增加，此時採用調節大氣（CA）的儲存方式就可以延長保持期限。近來最先進又熱門的小型壓力變動式吸收組件風行，家庭用冷藏庫內通常都設置 CA 貯藏用的隔室。本項研究目的是針對準備餐飲時，會定期性中斷 CA 和冷藏溫度，大多數的生鮮果實（如蘋果、柳橙、草莓）和蔬菜（蘆筍、包心菜、胡瓜、整個或加工的萵苣、蕃茄和夏南瓜）所造成的品質影響。評估的方式是以整體外觀品質、變色和變質的主觀測定進行。測試進行方式每天必須以 5℃的空氣或者 2%氧氣連續進行 2 個星期保存。還有一些處理方式如 CA 以 5℃處理 0.5 或 15 分鐘，或者以 20℃空氣中斷 15 分鐘。連續性的 CA 對所有商品是有益處的，每天以空氣將 CA 作 0.5 分鐘短時間中斷，是故意要降低 CA 的有效保存。爲貼切模擬準備餐飲中拿取冷凍食品時所中斷的連續時間和溫度，故意延長爲 15 分鐘，溫度上昇至 20℃時，製造喪失 CA 儲存的有利條件。爲實現 CA 對空氣所有的有利性，農產品的包裝和冷卻貯藏隔室均必須設定，避免分散準備餐飲時最小限度的 CA 中斷期。

2. 前言

大多數生鮮水果和蔬菜的品質，會隨著冷藏中氧氣的減少和二氧化碳的增加而劣化，利用調節大氣（CA）的儲存方式可以有效維持長期性的貯藏（Kader，1986 年，Leshuk 和 Saltveit，1990 年；Richardson 和 Meheriuk，1982 年）。水果和蔬菜的商業性 CA 貯藏通常均持續幾個月，專門適合大量採收的農產品儲存。爲獲得 CA 最大的儲存效益，農產品收穫後應進行立刻冷卻，並放置於適當的 CA 環境下（Kader，1986 年；Leshuk 和 Saltveit，1990 年；Richardson 和 Meheriuk,1982 年）。CA 最適當的組成是隨著農作物、季節、產地而異。爲顯現氧氣濃度的某種效果，故必須維持在 5%以下，1%以下的濃度反而會造成傷害。

高濃度（約 20%）的二氧化碳是具有某種效果的，但大多數的農作物都無法承受高濃度的二氧化碳。通常大部份的農作物僅能承受低含氧量（約 2%），不含二氧化碳的環境。

專爲住宅設計可維持 1 週或 2 週內的短期間並有效進行 CA 的研究報告非常少。爲維持家庭用冷藏庫中蔬果室內的 CA 儲藏，僅能以低氧量的空氣連續性地流動運作，此種需求促使小型壓力變動式吸收組件成爲家庭 CA 儲藏的最先進設備。以下研究是對少數農產品短期 CA 效益以及藉著暴露於空氣中的冷藏蔬果，進行 CA 定期性中斷所造成的影響。

3. 材料和方法

測試的生鮮農產品（蘆筍、綠花椰菜、包心菜、紅蘿蔔、隱豆、萵苣、草莓和夏南瓜）由產地經商業性素材包裝送達。所有農作物都是 1996 年春天在加州栽培的，栽培法和農產品真正的產地都不明，外觀沒有任何缺點，均保有優良的品質，可作爲實驗的材料。經過檢查篩選之後，

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

再各別計測重量，並以抽樣式分配處理。材料裝入 1 公升的玻璃瓶內，各瓶通入濕空氣或 2%的氧氣（其餘爲氮氣）。二氧化碳濃度均保持在 0.2%以下，並維持充份的流動速度，這些玻璃瓶必須貯藏在 5℃下經過 2 個禮拜。中斷處理的方法是農作物在 5℃下 0.5 或 15 分之間，以及 20℃下 15 分之間，從瓶中取出後再放回瓶中內，恢復先前以空氣或 CA 流通並維持在 5℃的狀態。

外觀的評估是針對所有的品質，如變色（即褐變）、腐敗、損傷和硬度等來進行的。主觀的評估：9＝優良，7＝良，5＝普通，3＝不良，1＝極不良，依此順位來進行。如果還保持在原品質的 75%和 50%，可依各程度來判斷可使用和可接受的界限，即在 75%時，只要稍微整修一下，不需要作其他處理；另外在 50%時，針對使用的用途，考慮被接受的程度。由各個農產品收集一些數據，利用統計的方式進行分析計算，獲得應保持在原有品質的多少百分比以及一個處理是否比其他處理有效的結果。

4. 結果

4.1 連續或者斷續的 CA 和空氣儲存

空氣和 CA 貯藏交替使用，將每天貯藏在 5℃的貯藏溫度，取出置於 20℃空氣中經過 15 分鐘，觀察所有外觀品質降低的現象（圖 1），試驗的所有農產品有加速變色的情形（圖 2）。

維持連續空氣對所有農產品外觀品質的平均優點，最初第 1 週約爲 10%±5%，接著第 2 週約爲 22%±15%（圖 1 上圖），只考慮變色時會有極大的變動，顯示所有農產品經過連續處理的優點（圖 2 上圖）。

維持連續 CA 對所有農產品外觀品質的平均優點，最初第 1 週約爲 32%±32%，接著第 2 週約爲 31%±32%（圖 1，中央圖）。第 1 週和第 2 週之間極大標準偏差的主因，是經過斷續 CA 和連續 CA 處理之後會超越 110%，顯示斷續 CA 對連續的優點，例如切開的萵苣。其他 8 種農產品經過空氣與 CA 處理的平均優點，最初第 1 週後爲 19%±7%，第 2 週後爲 21%±9%，中斷空氣貯藏的影響各不相同，連續

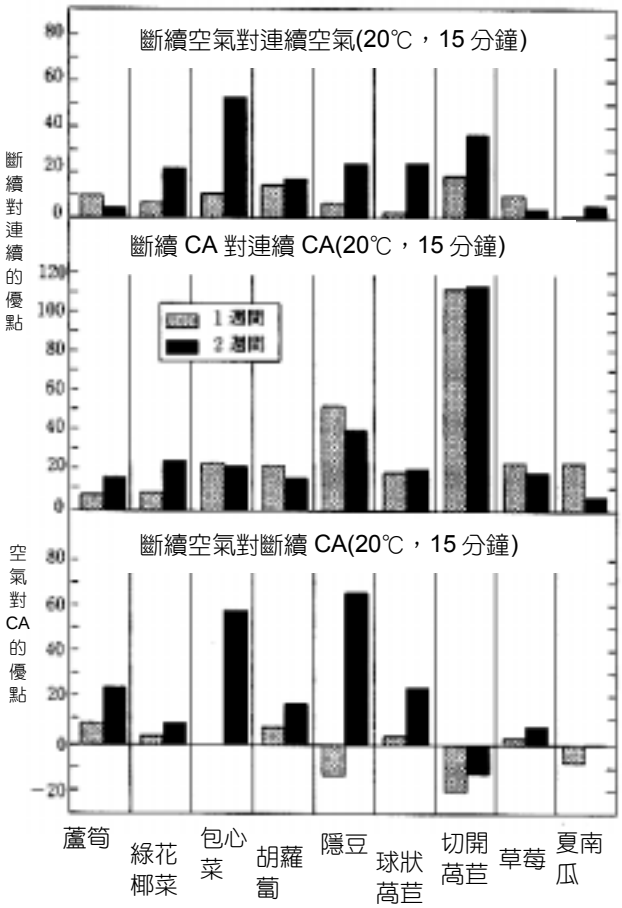

圖 1 經過一週或兩週儲存之後，比較斷續和連續儲存、空氣和含氧量 2%的 CA 儲存暴露在 20℃的空氣中 15 分鐘之利弊，以及對 9 種物品的總外貌影響

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

CA 可減少褐變現象（圖 2，中央圖）不受斷續影響的紅蘿蔔和 2 週後有受損的球狀萵苣例外。

斷續 CA 是藉著斷續空氣來維持所有外觀的品質（圖 1，下圖）和減少褐變現象（圖 2 下圖）這些優點影響在最初一週後，對大部份農產品具有負面影響，直到第 2 週之後優點才顯現出來。

4. 2 連續空氣和斷續 CA

前面實驗的斷續是指 CA（由 2% 至 21%氧氣）和溫度（由 5℃至 20℃）兩方面，觀察哪一個影響較有貢獻是不可能的。所以，較有效的比較是 CA 和溫度的各項影響，比較 5℃和 20℃的 CA 並不實際，研究僅限於 5℃或 20 的空氣中，斷續 0.5 分和 15 分的 CA。

在 5℃2%氧氣的連續 CA 下所保持的農產品，相較於保持在 5℃空氣下的農產品，更擁有良好的外觀品質（圖 3 左上）。貯藏在 CA 下的農產品是相較於貯藏在空氣下的農產品，更具有 19%良好的外觀品質，而 CA 的優點在第一週後約呈現 15%，直到第二週貯藏後可到 22%。但是 CA 的優點會因暴露在空氣中中斷而下降。在 5℃空氣中，中斷 0.5 分鐘，CA 的平均優點將減少 10%（圖 3 左下），中斷時間增加至 15 分鐘時（圖 3 右上），CA 的優點將會再減少 4%。另外在 20℃中斷 15 分鐘時，則會有不良的影響（圖 3 右下），每天在 20℃下只中斷 15 分鐘的 CA，相較於在 5℃下連續保持在空氣中的農產品更減少 7.5%。

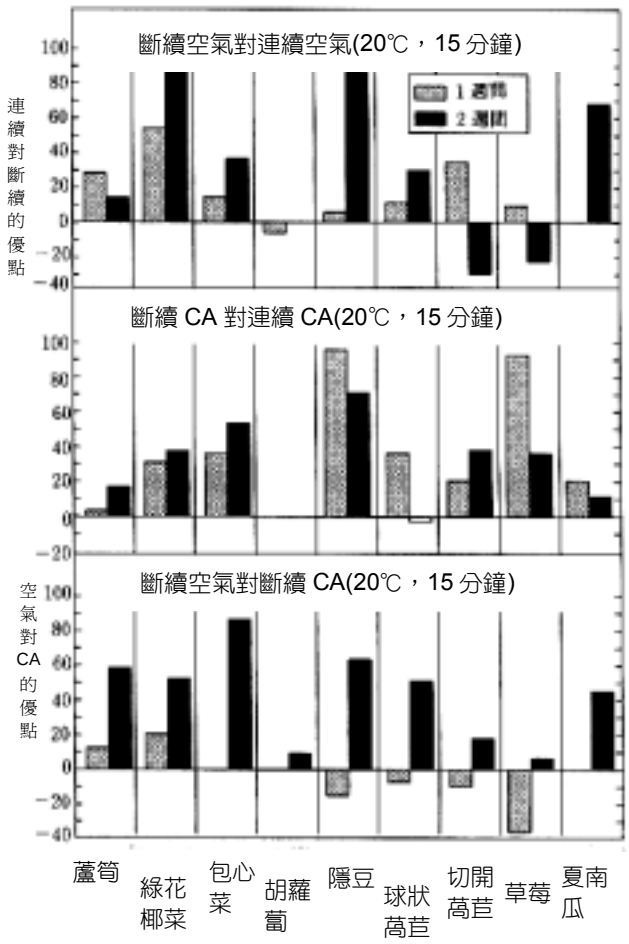

圖 2 經過一週或兩週儲存之後，比較斷續和連續儲存、空氣和含氧量 2%的 CA 儲存暴露在 20℃的空氣中 15 分鐘之利弊，以及對 9 種物品的變色（褐變）影響

蘆筍外觀的品質藉由連續空氣，無論哪個 CA 處理，經過 2 週貯藏之後，確實呈現良好的跡象（圖 3）比較之下，夏南瓜貯藏在 5℃CA 下經過 1 週之後最有利，反而到第 2 週之後則看不見任何效果。

CA 對空氣的有利影響是中斷的長度和溫度，時間由 0.5 分鐘至 15 分鐘，溫度從 5℃至 20℃，時間增長，溫度增高，CA 效應反而下降會造成危害，例如：球狀（ball）和切開（cut）的萵苣，CA 對其外觀品質的優點呈現最清楚的變化，即中斷空氣的時間由 0.5 分鐘至 15 分鐘，中斷空氣的溫度由 5℃至 20℃，萵苣外觀品質由平均 39%至 18%，逐漸降至-17%，-35%。CA 中斷對所有農產品外觀品質的影響，均具有相同傾向的褐變（圖 4）。外層極容易變動，負面影響在中斷 0.5 分鐘時呈現。（圖 4 左下）

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

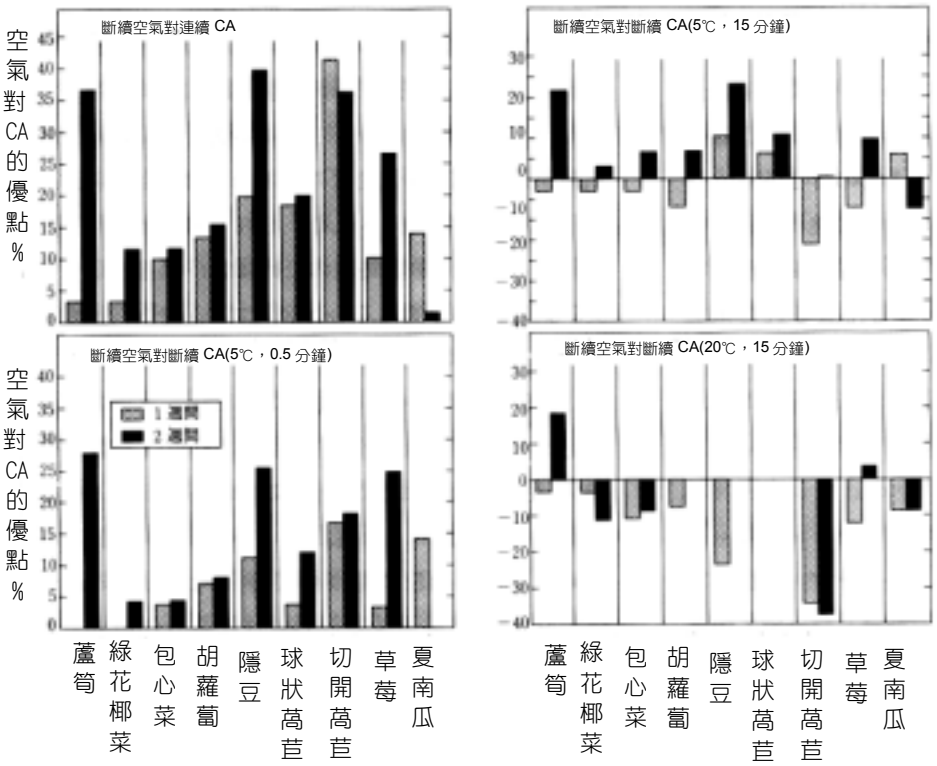

圖 3 經過 1 週和 2 週儲存後，為維持 9 種物品所有外貌的品質，空氣儲存以 5℃連續處理，而 CA 以連續方法或者以 5 和 20℃空氣斷續處理 0.5 或 15 分鐘，觀察空氣和含氧量 2%CA 的優點百分比。

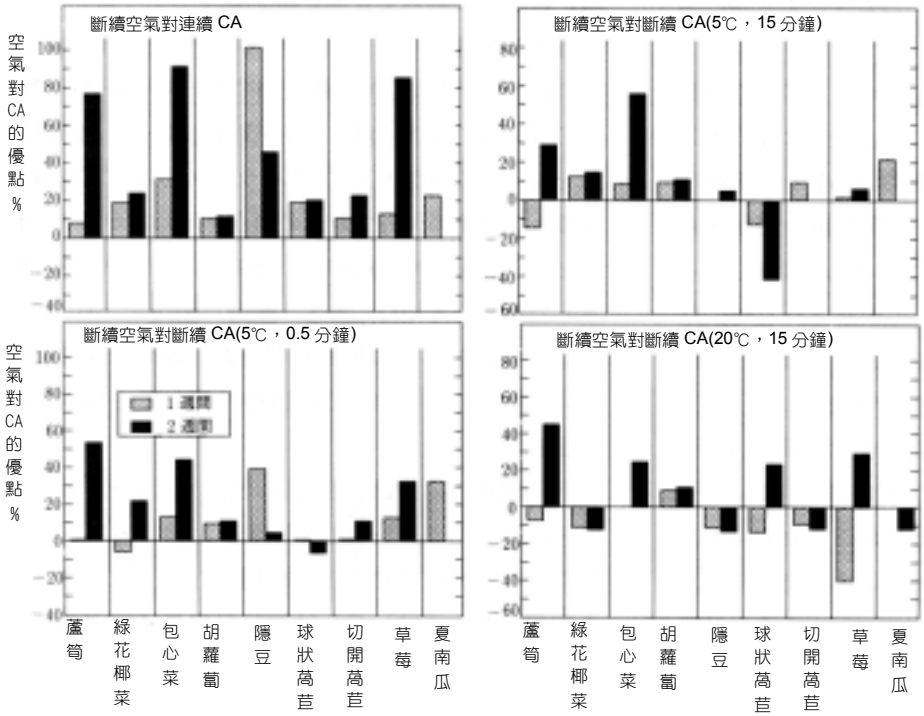

圖 4　經過 1 週和 2 週儲存後，為維持 9 種物品的變色，空氣儲存以 5℃連續處理，而 CA 以連續方法或者以 5 和 20℃空氣斷續處理 0.5 或 15 分鐘，觀察空氣和含氧量 2%CA 的優點百分比。

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

表 1 在空氣(含氧量 21%)和 CA(含氧量 2%)的條件下，以連續和斷續方式各儲存 1 週和 2 週之後，觀察對 9 種物品總外貌品質保持率%的影響

	空氣(氧 21%)		CA(氧 2%)			
物品	連續	20℃ 中斷 15 分鐘	連續	5℃ 中斷 0.5 分鐘	5℃ 中斷 15 分鐘	20℃ 中斷 15 分鐘
1 週後						
蘆筍	91.7±1.4[x]	83.3±2.7	94.4±2.8	91.7±1.4	88.9±2.8	88.9±2.1
綠花椰菜	88.9±1.9	83.3±2.8	92.3±1.3	88.9±1.6	86.1±1.4	86.1±1.8
包心菜	83.3±2.8	75.0±1.4	91.7±2.8	86.1±1.9	80.6±1.7	75.0±1.4
紅蘿蔔	83.0±2.2	72.0±2.3	94.0±3.2	89.0±1.3	78.0±1.3	78.0±1.0
隱豆	75.0±3.5	69.4±3.1	88.9±2.8	83.3±2.3	83.3±1.5	58.3±1.7
球狀萵苣	77.8±1.4	75.0±2.1	90.7±0.7	80.6±2.1	83.3±1.4	77.8±2.8
切開萵苣	67.0±1.3	56.0±2.3	94.0±1.6	80.1±3.6	56.0±1.9	44.0±5.2
草莓	80.6±1.4	72.2±2.6	88.9±2.2	83.3±2.7	75.0±3.9	72.2±4.1
夏南瓜	78.0±1.2	78.0±2.1	89.0±1.5	89.0±3.3	83.0±3.6	72.0±2.4
2 週後						
蘆筍	61.1±1.2	58.3±1.4	83.3±1.8	77.8±3.2	75.0±1.4	72.2±2.5
綠花椰菜	77.8±2.7	63.9±1.9	86.1±1.4	80.6±1.4	80.6±2.9	69.4±2.2
包心菜	72.2±1.9	47.2±3.9	80.6±1.9	75.0±1.9	77.8±1.3	66.7±2.8
紅蘿蔔	72.0±1.2	61.0±3.2	83.0±1.2	78.0±1.2	78.0±2.6	72.0±1.8
隱豆	55.6±3.1	44.4±5.6	77.8±2.6	69.4±1.4	69.4±3.2	45.6±3.7
球狀萵苣	69.4±1.9	55.6±2.7	83.3±2.8	77.8±2.7	77.8±2.7	69.4±4.1
切開萵苣	61.0±1.6	44.0±5.4	83.0±1.7	72.0±4.5	61.0±4.8	39.0±5.4
草莓	55.6±2.8	52.8±4.2	69.4±1.4	69.4±3.4	58.3±4.4	41.7±6.3
夏南瓜	78.0±2.7	72.0±1.6	78.0±1.5	78.0±4.3	72.0±4.2	72.0±3.8

X：原有品質的殘留率%（±標準偏差）

4.3 所有農產品外觀品質的保持

所有農產品外觀品質藉由某種處理經過 1 週後，可以維持在原有值的 75%（表 1）。切開的萵苣保持在 5℃連續空氣下時，是唯一比 75%低的物品。空氣貯藏的物品保持在 20℃15 分鐘之後，品質將下降至 75%以下是紅蘿蔔、隱豆、切開的萵苣和草莓，相較之下，連續 CA 處理並在 5℃中斷 15 分鐘的 CA 下，所有物品都還能保持在最初品質的 80%以上。在 5℃中斷 15 分鐘的 CA，只有草莓下降至 75%以下，而中斷溫度增加至 20℃時，品質下降至 75%以下的物品，包括隱豆，切開的萵苣，草莓和夏南瓜。

連續空氣中貯藏 2 週後，綠花椰菜和夏南瓜可保持在最初品質的 75%以上，另外其他物品仍維持在中斷的空氣下。事實上，3 種物品（即包心菜、隱豆和切開的過苣）下降至 50%以下。清楚比對下，其他種物品的品質還不到最初值的 80%以上，只有草莓貯藏在連續 CA 中經過 2 週之後，品質會降至 75%以下。顯示在缺乏 CA 的影響時，當中斷 CA，品質會快速下降。所有品質均減少至 80%以下，除了在 5℃空氣中斷 0.5 分鐘的綠花椰菜例外，75%以下的物品數增加爲 3 個（即隱豆，草莓和切開的萵苣）。在 5℃空氣中中斷時間增加至 15 分鐘後，夏南瓜的品質也降至 75%以下。但是當中斷溫度增高至 20℃時，所有 9 種物品的品質均降至 75%以下，隱豆、草莓和切開的萵苣的品質更下降至 50%以下。

維持所有物品外觀的品質，CA 並非佔極大的影響。在 5℃空氣中以含氧量 2%的大氣作 0.5 分鐘短時間的中斷，發現 1 週後的品質從 92%降至 86%（損失 6%），2 週後的品質由 81%降至

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

75%（損失 6%）。相較之下，在 20℃中斷 15 分鐘的空氣 CA 處理，1 週後的品質由 92%降至 72%（損失 20%），2 週後由 81%降至 61%（損失 20%）。損失 6%（在 5℃下中斷 0.5 分鐘所引起的）和損失 20%（在 20℃下中斷 15 分鐘所引起的）大。CA 的變化非常相似，在 20℃下中斷 15 分鐘，貯藏一週後所有物品外觀品質的平均量由 81%降至 74%（損失 7%）。但與 CA 不同，不同的是貯藏 2 週後由 67%降至 55%（損失 12%）。利用 CA 中斷處理與利用空氣處理的差異極大（最初 1 週爲 7%對 20%，第 2 週爲 12%對 20%）。

CA 被中斷時的品質損失有 2 個要素，分爲中斷 CA 的損失和中斷溫度的損失。在 5℃下中斷 0.5 分鐘和 15 分鐘的 CA 處理，結果最初 1 週後分別降低 6%和 13%（由 92%降至 86%和 79%）第 2 週後分別降低 6%和 9%（由 81%降至 75%和 72%）。15 分鐘的中斷時間中，溫度由 5℃增高爲 20℃，結果最初 1 週後分別降低 13%和 20%（由 92%降至 79%和 72%）第 2 週後分別降低 9%和 12%（由 81%降至 72%和 61%）。我們清楚在 20℃作短暫中斷對品質有不利的影響。

4.4 腐敗和病害

CA 下的貯藏，無論是連續 CA 或斷續 CA，相較於空氣貯藏，對大部份的農作物確實可以減少腐敗和病害（圖 5）。顯示蘆筍和隱豆在第 1 週和第 2 週皆獲得很大的成效，而紅蘿蔔和切萵苣在 1 週之後，只有稍微的效果。

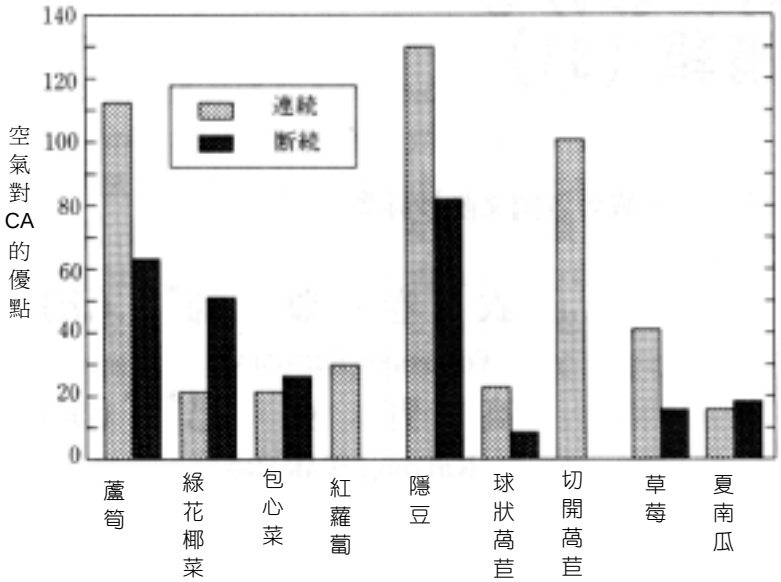

圖 5 九種物品經過兩週儲存後之主觀性評價。以連續和斷續方式（暴露於 20℃空氣中經過 15 分鐘）處理來減少腐敗和罹病。觀察空氣和含氧量 2%CA 的優點%

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供

圖 6 說明連續空氣和連續 CA 交替更換時，哪種物品可以增大品質的比例。

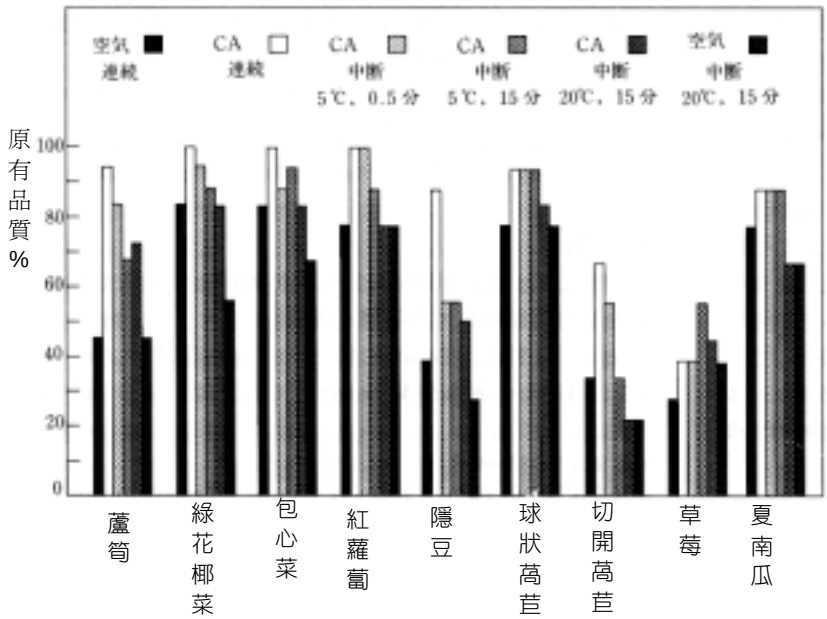

圖 6 在各種大氣中，九種物品經過兩週儲存後保持原有品質（無腐敗和罹病）的比例。儲存大氣調節爲連續空氣和連續含氧量 2%的大氣（CA）。以 20℃空氣中斷 15 分鐘和 5℃分別中斷 0.5 和 15 分鐘，以及以 20℃空氣中斷 15 分鐘的 CA。

以空氣貯藏的物品經過 2 週後貯藏，可以保持在最初品質的 61%。另外，以 CA 貯藏的物品大約可以維持 86%，其間以 20℃中斷 15 分鐘，利用空氣貯藏的物品，品質會降至 53%；利用 CA 貯藏的物品，品質則降至 65%。另外球狀萵苣和夏南瓜，CA 被中斷之後，品質都普偏下降（即腐敗和病害均增加）。在 5℃下的中斷由 0.5 分鐘延長至 15 分鐘的品質亦由 78%下降至 74%。像隱豆、草莓和切開萵苣這幾樣物品比其他物品還容易腐敗和受損。通常容易得病的物品，外觀品質也會下降，被接受的可能性亦會降低。

4. 5 重量損失

通常連續空氣或 CA 處理的物品經過 2 週之後，重量損失約爲最初的 3%。空氣中放置 0.5 分或 15 鐘，再以空氣或 CA 中斷，重量損失亦會增加。但是，在 20℃下中斷 15 分空氣或 CA 處理，重量損失達 10%。2 週之後蘆筍、隱豆和球狀或切開的萵苣，其重量損失約 19%，另外，綠花椰菜、包心菜、草莓和夏南瓜其重量損失約 5%。

5. 結論

爲使定期性中斷的 CA 能邁向住宅設備之林，並且維持品質在控制大氣（CA）下使用平衡氮氣來調節 2%的低氧量，所貯藏的生鮮水果和蔬菜都具有潛在價值。

CA 的有效影響並不大，CA 經常被長時間（由 0.5 分至 15 分）或上昇的溫度（由 5℃至 20℃）中斷而急速消失。爲了充分實現 CA 對空氣的優點，建議在農產品的包裝和冷藏隔室都必須設定避免分散準備餐飲時最小極限的 CA 中斷期。

本資料由一丞冷凍工業股份有限公司提供