

真空凍結乾燥技術 應用於茶葉之乾燥

■ 余光正 · 許守平 · 謝式鴻

摘要

茶葉是台灣重要的高經濟飲料作物，近年來由於大陸及東南亞各地產製之茶葉大量進口台灣，嚴重受其量大且價低之衝擊，直接影響國內市場機制以及茶農生計。台灣所種植生產之茶葉品質與其製程技術聞名全球，唯有再提升國內茶葉生產品質，方能免於削價競爭之窘境。本研究旨在茶葉的製程之乾燥階段，以真空乾燥與真空凍結乾燥二種不同方式取代傳統熱風烘培乾燥，並請專業品評師、茶農、有飲茶習慣與無飲茶習慣之一般消費者就茶湯顏色、香氣及口感等方式，進行官能品評比較其優劣，並將其結果加以統計與分析。其結果發現，採真空乾燥與真空凍結乾燥方式之茶葉其綜合評價，明顯優於傳統熱風烘培乾燥。

關鍵字：茶葉(Tea)，真空乾燥(Vacuum Drying)，真空凍結乾燥(Vacuum Freeze Drying)。

前言

近幾十年來台灣製茶技術不斷改良，品質不斷提升，因此外銷市場日益增加，最高記錄外銷曾高達二萬三千餘公噸，其中綠茶佔七十八%，自從台灣經濟起飛後，台幣升值，工資成長，外銷之競爭力日趨減弱，而轉以內銷為主，然台灣茶依舊名揚世界，國外對台灣茶仍然趨之若鶩。若能再將台灣茶更提升其品質或其養生之成分而不失原本風味成為本次之主要研究。

茶可以說是台灣人傳統待客而普及的飲料，根據國內、外醫學研究報告指出：茶葉中所含的兒茶素及酚類提供了抗氧化、降血脂的作用，咖啡因及鉀則有利尿、降血壓、提神、促進循環的功能，茶中的單寧酸亦可減少腸道中的膽固醇吸收、又茶葉中因含有鉀、鎂離子為鹼性食品，和利尿作用可以一同發揮預防尿酸性結石的功效，傳茶葉對人體益處多多。

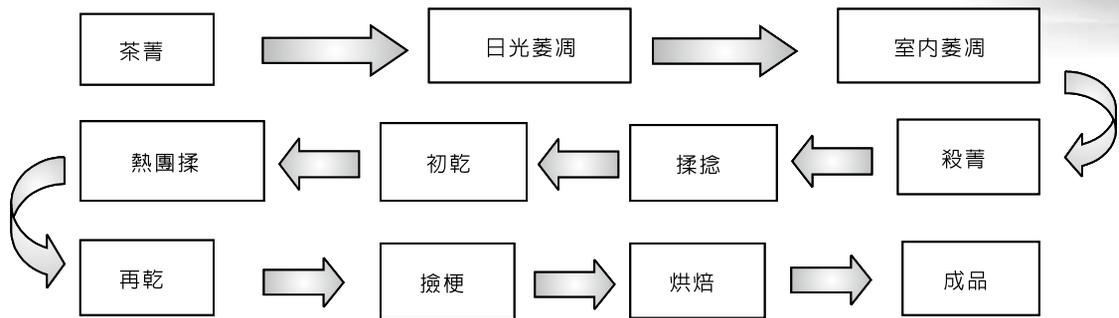


圖1

「真空凍結乾燥技術」，簡稱凍乾，又稱昇華乾燥，是將含水物料預先凍結，然後使之在真空狀態下昇華的一種方法。經凍結乾燥的物品，原有的生物、化學特性基本不變，易於長期保存，復水後能恢復到凍乾前的形態，且能保持其原有的生物及化學特性。因此，「真空凍結乾燥」相關技術，目前廣泛應用於農業、食品工業、速食品、化學工業、生物製品等領域得到充分應用。

本次研究將採用真空凍結乾燥的方法運用於台灣茶屬後段製程之乾燥程序中，所使用之茶種為「四季春茶」。四季春茶在台灣種植很廣，為近幾年才逐漸受矚目的茶，其一年可採收6~8次，且不易受到病蟲害，早期四季春茶被視為評價並不高，直到近期在茶農的改良下，風味香氣宜人才逐漸獲得青睞。一般而言茶葉之製作程序分別為茶菁、萎凋、殺菁、揉捻、初乾、熱團揉、再乾、撿梗及烘焙後即為最後的成品。其流程如圖1。

因此，本文研究的目的是在探討四季春茶將最後傳統熱風烘焙乾燥程序，改由真空凍結乾燥及真空乾燥替代，並以官能鑑定其優劣。

茶葉製程與真空凍結乾燥原理分析

(一) 茶葉製程原理與分析

茶葉製程原理

所有的茶類，在製程最後烘焙來降低茶類含水率的動作，其最主要目的，乃是為了延長儲存期限，而在烘焙之前的製程是為了增加茶葉本身的風味，每個製程皆有其本身應注意之關鍵：

關鍵一 茶菁

在製茶過程中，首重就是製茶原料(茶菁)的取得，茶菁的品質關係到茶葉成品的優良與否；如果一開始製茶原料茶菁不良，往後製茶技術再怎樣高超，也難作出高品質的茶葉。茶菁的品質除了注重本身品種、生長環境及施肥照顧外；開始準備製茶時，其茶菁採摘時刻也是重要考慮。茶農如同其他農戶也是靠天吃飯，製茶當時的氣候、溫度、濕度及風向，都會是茶葉製造過程的影響因素。所以，當連續陰雨天過後所採收的茶菁，其內部含水量過多，在正常狀況下要製成好茶是非常不容易。平日而言，大清早採收的茶菁，露水較重，也是考驗茶農的製茶技術。最好的茶菁採摘時刻是上午十點至下

午兩點。

關鍵二 萎凋

在製茶過程中，萎凋與發酵是非常重要的關鍵：萎凋作用是讓茶葉片消散部分水份，讓空氣中的氧能與茶葉內部細胞發生化學變化，即所謂發酵作用。假若控制不當，造成茶葉內部水份消散過快，致使發酵作用無法正常配合發生，也就是俗稱「失水」；如此製成的茶葉就會淡然無味。反之，當造成茶葉內部水份沒有適度的消散，呈現飽水狀態或阻塞，致使發酵作用不良，俗稱「積水」；如此製成的茶葉就會苦與澀。所以，控制萎凋與發酵的進行，也是茶農重大的學問。

關鍵三 攪拌

除了控制茶菁的失水與積水外，同時還必須對茶菁進行攪拌，讓葉緣因失水而柔軟無力的茶葉，恢復活力甦醒過來。透過適度的攪拌，可引出茶葉中的香氣，而攪拌的力道、頻率，全端看師傅們的老道經驗，以雙手來紀錄茶葉的最佳表現；用經驗來創造美好的茶香與茶韻。

關鍵四 殺菁

為了停止茶菁的發酵，使之保持在最高香氣與最佳喉韻處，所必須做的處理是殺菁。殺菁——是以高溫的方式破壞茶葉中的酵素，停止茶葉的發酵，提升茶香氣，並消退茶的臭青味，因此掌握殺菁的程度非常重要，若是殺菁不足，會使茶湯的顏色混濁不清，茶葉也易變質不容久置；但若是殺菁過頭了，則就像殺死了茶葉的靈魂般，使之永不復活，不但香氣隨之消失，還會產生難以入口的苦澀味呢！

關鍵五 揉捻

揉捻的目的，是要將茶葉定型，使之有

固定的形狀例如：文山包種茶或白毫烏龍都會製成條型的模樣；而凍頂烏龍茶或鐵觀音就會揉捻成球型或珠狀的模樣。球型的茶湯會比較耐泡是因為，緊結的茶葉須一次又一次的沖泡才會完全展開，茶葉的內容物也才一次又一次地逐次釋放。

關鍵六 乾燥

揉捻之後，須將包布摺的茶葉打開，進行最後的乾燥動作，以穩定茶葉品質與避免變質，在完成乾燥的動作後，就可以稱為「毛茶」了，此時的茶已可以飲用，但若想加長存放的時間，則必須於三五天後再進行一次乾燥的動作，才能進行包裝的動作，到這才算是茶葉真正製作完畢。

茶葉製造分析

1. 茶葉的分類與製法

台灣產製的茶葉依製造方法與發酵程度的不同，可分為不發酵茶(如龍井、眉茶、珠茶、煎茶等)、部份發酵茶(如白茶類、文山包種茶、凍頂茶、鐵觀音茶、白毫烏龍茶等)和全發酵茶(如紅茶)等三大類。這些茶的製造方法和過程都有所不同，各有巧妙之處。

2. 茶葉品質化學分析

茶湯是成茶中之水溶性部份，最直接影響茶葉品質之優劣。在非揮發性物質中與茶葉品質有關之化學成分中含量最多者為多元酚類，其次為咖啡因、游離胺基酸及色素成分等，而揮發性物質雖僅佔乾物重之0.01%，但均為茶葉香氣物質，且為決定包種茶品質優劣之極重要因素。茶葉是一種嗜好品，欲從茶湯中所含化學成分來研判茶葉品質之好壞是茶葉化學專家多年來努力研究的目標，紅茶及綠茶因其茶葉化學成分與品質有較好的相關性，可用儀器輔助茶葉品質鑑定，而



包種茶、烏龍茶的化學成分與品質之相關性較複雜，尚需繼續分析探討。

3. 茶葉品質官能鑑定

我國生產的茶葉種類繁多，每種茶類各有獨特的品質及特定的消費對象。各種茶類品質的優劣、品級的劃分，雖有儀器的分析可供輔助參考但仍需仰賴官能鑑定與評定。

(二)真空凍結乾燥

凍結乾燥(Freeze drying)是利用真空與凍結程序來移除易腐壞食物中的水分。經凍結乾燥後的產品可在室溫下長久儲存而不腐壞，或是包裝在有限的儲存空間中，需使用時再加水復原。因此，把冷凍過的物料置於真空狀態下，使之充分脫水，從而完成物料從冷凍狀態到脫水防腐狀態的轉換，這就是凍結乾燥法的原理。

真空凍結乾燥之原理

水有固態、液態、氣態三種相態(如圖2)，根據熱力學中的相平衡理論，隨壓力的降低，水的冰點變化不大，而沸點卻越來越

低，向冰點靠近。當壓力降到一定的真空度時，水的沸點和冰點重合，冰就可以不經液態而直接汽化為氣體，這一過程稱為昇華。食品的真空凍結乾燥，就是在水的三相點以下，即在低溫低壓條件下，使食品中凍結的水分昇華而脫去。因此，把冷凍過的物料置於真空狀態下，使之充分脫水，從而完成物料從冷凍狀態到脫水防腐狀態的轉換，這就是凍結乾燥法的原理。

在進行凍結乾燥的真空環境下，水只能以固體(冰)或氣體(蒸汽)的形式存在，而不能以液體形式存在，所以可以防止物料溶解於水中而發生潰爛。物料中的冰在一定真空條件下昇華為氣態，因而使凍結乾燥室的氣壓變大。如果不能很好地處理蒸汽，與凍結乾燥室相連的真空泵浦會被水蒸汽充滿，從而破壞冷凍乾燥室的真空狀態。當此種破壞達到一定程度時，物料就會被軟化，呈現出空氣乾燥後的狀態—皺縮、潰爛和發黑。

但是，如果能將冷凍板控制在攝氏零下30度以下，這個問題就能迎刃而解。水蒸氣會自然地流向這些溫度較低的冷凍板，並在板上凝結成冰。經由此方式，我們就能減少凍結乾燥室裏的水蒸氣，從而保證整個凍結乾燥過程在適當的真空狀態下進行。

小心地增加溫度也是這個生產過程中重要的一環，一旦熱量提供太多、太快，就會有過量的水蒸氣蒸發到冷凍乾燥室中，而如果冷凍系統不能及時凝結水蒸氣，過剩的水蒸氣就會加升室內的氣壓，降低真空狀態，這時物料就會變軟。

值得注意的是，在一般的凍結乾燥過程中，物料的外層會構成一個絕緣層，阻止其內部水份的蒸發，也就是說物料是由外向內進行脫水，亦意味著在適當溫度下，要花更

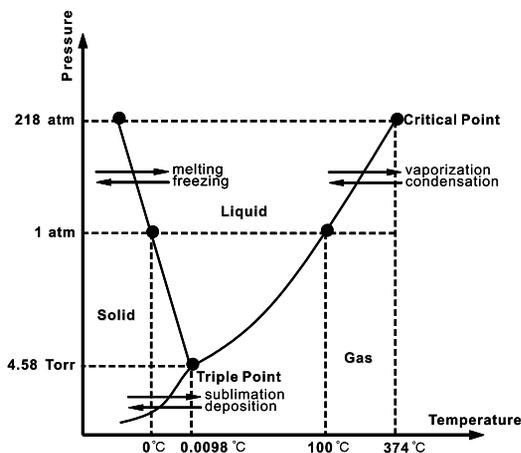


圖2 水的相態圖

多的時間來乾燥物料內部。實際上，一般的凍結乾燥有80%的時間是被用來除去物料內部最後20%的水份。

凍結乾燥法的實用

凍結乾燥法是對物料最具柔性的處理方法，由於是在溫度相對很低的狀態下進行乾燥的；因此，物料中的大多數營養成分會被完整無缺地保留下來。低溫可以避免物料中的糖份被烤焦，出現我們所熟悉的那種加工過的味道，低溫還能使成品保留原有的風味和芳香，由於整個過程進行於真空室內，所以在低溫中就可將冰轉化為蒸氣，也因此不會被破壞物料的營養成分。

凍結乾燥後的成品不會產生任何收縮，一個經過凍結乾燥的物料，無論在外形或體積上，都與新鮮物料相差無幾。一個被徹底凍結乾燥的物料在顯微鏡下會呈現出蜂窩狀

外表。細胞在釋放水份後，保留下了營養纖維和固狀物，這樣它的整個構造就得到了完好地保存，也使植物易於再次快速水化。亦即水份將極易再次進入物料的細胞內，充斥其空間，此意味著一旦暴露在空氣中，就很容易吸收潮氣，因此冷凍乾燥物料必須用密封袋來保存。另外，凍結乾燥法也無需再加防腐劑和添加劑，是一種天然的濃縮製造過程。

研究設備系統簡介

茶葉乾燥所使用之真空凍結乾燥系統，主要由製冷系統、真空系統、加熱系統及冷凝系統組成，如圖3及圖4。

1. 製冷系統：本研究所使用之滷水機其製冷溫度可達 -40°C ，並將其滷水供捕水器(cold trap)使用，用於冷凝昇華之水蒸氣。
2. 真空系統：包含真空泵浦與腔體。真空泵浦

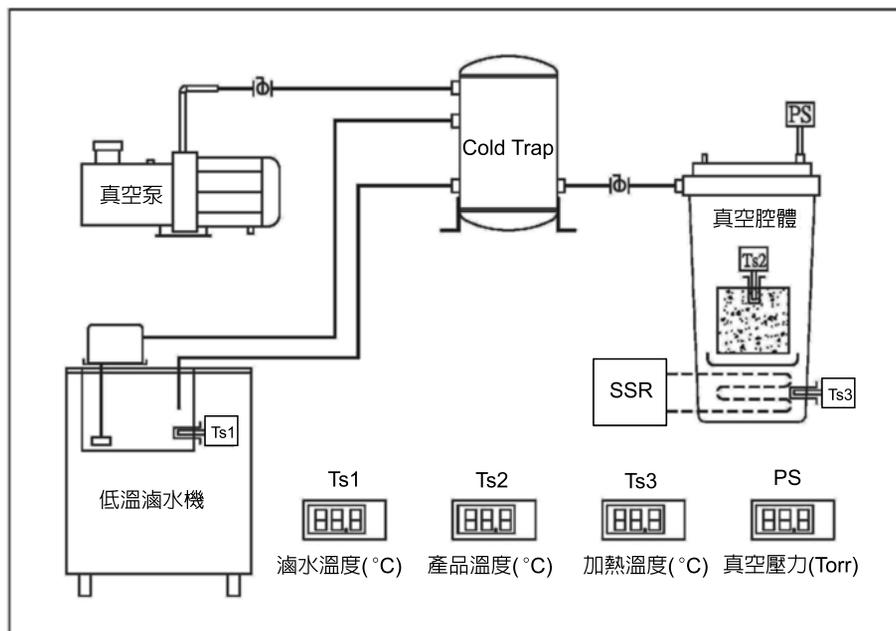


圖3 真空凍結乾燥系統



能力及排氣量分別為 5×10^{-4} Torr、162L/min，耗電量0.4kW，腔體為容積4.5L之透明容器。

3. 冷凝系統：依據氣體理想定律，不同壓力條件下當水昇華時其體積將膨脹數百甚至千倍，因此以捕水器(cold trap)將昇華的水蒸氣冷凝，其真空泵浦之規格可適當地降低選用。
4. 加熱系統：用以提供昇華所需之熱源，其型式為電熱方式。溫度調整範圍為 $0^{\circ}\text{C} \sim 140^{\circ}\text{C}$ 。

官能品評

完成真空乾燥及真空凍結乾燥二種程序後，再將傳統熱風乾燥及前述乾燥方式比例混合之成品以官能品評方式比較其優劣。其



圖4 真空凍結乾燥系統實體

各種製程之茶葉分別取3公克置入一瓷製之標準容器中，並沖入150CC沸騰開水，加蓋靜置6分鐘後，將茶湯倒入標準品評杯中，經由14位專業品茶人士品嚐其四種茶葉之滋味(口感)、香氣及水色，並將品評結果依一般消費者選購行為分別將滋味(口感)、香氣及水色以50%、40%、10%之權重比例計算。並以序位方式以名次做為本次統計之主要依據，合計分數越低者則評價越高。其結果統計分析如表1~表8。

由表1可知，就水色而言，與其他方法相較，真空凍結乾燥方法並未獲得專業品茶人士的青睞，而香氣與滋味卻又比其他兩種方式乾燥之四季春茶的評價還來的高。

由表2可知，專業品茶人士給真空凍結乾燥方法之四季春茶的名次，綜合水色、香氣及滋味，給第一名的有13人次，也是相較於其他兩種方法乾燥之四季春茶還獲得專業品茶人士的喜好。

表2 真空凍結評品名次人數表

序位 項目	第1名	第2名	第3名	第4名
水色	1	8	5	0
香氣	6	2	2	4
滋味	6	1	3	4
合計	13	11	10	8

表1 真空凍結專家評品權重計算表

評比項目	配分 權重	真空凍結乾燥														合計	權重 計算
		官能品評序位															
水色	10%	2	2	2	3	1	3	2	3	2	3	2	2	2	3	32	3.2
香氣	40%	2	1	1	1	3	4	4	4	4	2	1	1	1	3	32	12.8
滋味	50%	1	1	4	3	3	1	4	3	1	4	1	4	1	2	33	16.5
合計	100%	5	4	7	7	7	8	10	10	7	9	4	7	4	8	97	32.5

表3 熱風乾燥專家評品權重計算表

評比項目	配分 權重	熱風乾燥														合計	權重 計算
		官能品評序位															
水色	10%	1	3	1	2	2	3	2	2	1	1	3	3	1	2	27	2.7
香氣	40%	1	3	2	1	3	3	3	3	3	4	2	4	3	2	37	14.8
滋味	50%	2	4	2	2	4	2	2	2	4	1	2	2	3	4	36	18
合計	100%	4	10	5	5	9	8	7	7	8	6	7	9	7	8	100	35.5

表5 真空乾燥專家評品權重計算表

評比項目	配分 權重	真空乾燥														合計	權重 計算
		官能品評序位															
水色	10%	3	4	4	4	4	1	4	1	3	4	4	1	3	4	44	4.4
香氣	40%	3	4	4	3	2	2	1	2	1	3	4	3	2	4	38	15.2
滋味	50%	4	3	4	3	4	3	3	4	3	3	4	1	4	3	46	23
合計	100%	10	11	12	10	10	6	8	7	7	10	12	5	9	11	128	42.6

表4 熱風乾燥評品名次人數表

序位 項目	第1名	第2名	第3名	第4名
水色	5	5	4	0
香氣	2	3	7	2
滋味	1	8	1	4
合計	8	16	12	6

由表3可知，就水色而言，與其他方法相較，傳統熱風乾燥方法比另外兩種方法還要好，而香氣與滋味卻不比真空凍結乾燥之四季春茶的評價還來的高。

由表4可知，專業品茶人士給傳統熱風乾燥方法之四季春茶的名次，綜合水色、香氣及滋味，給第一名的只有8人次，相較於真空凍結乾燥之四季春茶略微遜色。

由表5可知，從水色、香氣及滋味皆比不上真空凍結乾燥及傳統熱風乾燥。

表6 真空乾燥評品名次人數表

序位 項目	第1名	第2名	第3名	第4名
水色	3	0	3	8
香氣	2	4	4	4
滋味	1	0	7	6
合計	6	4	14	18

由表6可知，專業品茶人士給真空乾燥方法之四季春茶的名次，綜合水色、香氣及滋味，都是其他兩種方法之末。

表7是將不同方法乾燥之四季春茶依比例混合，綜合各種乾燥方法之優點來給專業品茶人士品評，而經過比例混合後之四季春茶，意外的發現比其他三種乾燥方法獲得的分數還高。

由表8得知，綜合水色、香氣及滋味比例混合乾燥方法之四季春茶，經專業品茶人士



表7 比例混合專家評品權重計算表

評比項目	配分 權重	各種乾燥方式比例混合													合計	權重 計算	
		官能品評序位															
水色	10%	4	1	1	3	3	4	1	1	4	2	1	4	4	1	34	3.4
香氣	40%	4	1	2	4	4	1	2	1	2	1	3	2	4	1	32	12.8
滋味	50%	3	2	1	1	1	2	1	1	2	2	3	3	2	1	25	12.5
合計	100%	11	4	4	8	8	7	4	3	8	5	7	9	10	3	91	28.7

表8 比例混合評品名次人數表

序位 項目	第1名	第2名	第3名	第4名
水色	6	1	2	5
香氣	5	4	1	4
滋味	6	5	3	0
合計	17	10	6	9

品嚐後，給第一名的高達17人次，可見比例混合乾燥方法之四季春茶綜合了所有的優勢並獲得最高的評價。

結論與建議

利用真空凍結乾燥、真空乾燥及一般熱風乾燥方法之四季春茶比較，一般製程之四季春茶，其使用熱風乾燥後含水率約為2.56%，而真空凍結乾燥及真空乾燥之含水率分別為3.72%與2.38%。

而官能品評結果，其中以真空凍結乾燥風味最好，熱風乾燥次之，最差的則是真空乾燥，其中原因在將來研究仍可繼續探討，而以台灣茶農製茶而言，利用真空凍結乾燥製茶成本尚嫌太高，然而其風味確實比傳統熱風乾燥還要來的好，倘若依比例將不同方法乾燥之四季春茶混合，把不同乾燥方法之

優點凸顯出來，其風味經專業品茶人士官能品嚐後不輸真空凍結乾燥及熱風乾燥，由此可知，將來可把此方法將茶葉商品品質提升及優化。

參考資料

- [1] INSIGHT JOURNAL VOL.1~VOL.4.
- [2] American Pharmaceutical Review VOL.3 ISSUE
- [3] IVD Technology Magazine JAN. 1997 <Effect of Formulation on Lyophilization>.
- [4] Some helpful freeze drying basics from Larry Ulfik.
- [5] Freeze -Drying/Lyophilization of Pharmaceutical and Biol
- [6] Lyophilization, Introduction and Basic Principles. Thomas A. Jennings.
- [7] G.L. Weissler and R.W. Carlson, "Methods of Experimental Physics, Vol.14, Vacuum Physics and Technology", Academic Press, New York (1979).
- [8] Hong Chen, Leena Thomas, and Robert W. Besant. Modeling frost characteristics on heat exchanger fins: Parts I, Numerical Model. ASHRAE Transactions, 2000:

- 357-367.
- [9] Tao, Y. X., Besant R. W., A mathematical model for predicting the densification and growth of frost on a flat plate. Int. J. Heat Mass Transfer, 1993, 36(2):353-363.
- [10] Biguria, Measurement and correlation of water frost thermal conductivity and density. I&EC fundamentals, 1970, 9(1):129-138.
- [11] Dietenberger, M.A, Generalized correlation of the water frost thermal conductivity. Int. J. Heat Mass Transfer, 1983, 26(4):607-619.
- [12] 中國化學製藥「冷凍乾燥之原理與操作」。
- [13] 蘇青森，「真空技術」，東華書局(1990)。
- [14] 中山勝矢，「真空技術實務」，復漢出版社(1986)。
- [15] 高福成，「現代食品工業高新技術」[M]。北京：中國輕工業出版社，2001.491.
- [16] 無錫輕工業學院，天津輕工業學院編「食品工廠機械與設備」[M]。北京：中國輕工業出版社，1993. 264-268.
- [17] 徐成海等編著，「真空低溫技術與設備」北京：冶金工業出版社，1995.4

作者

余光正/國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系助理教授

許守平/國立勤益科技大學 冷凍空調與能源系副教授

謝式鴻/翔盟科技工程有限公司 總經理
