



食品科學文摘叢書②

食 品 乾 燥

邱健人 編著

復文書局 印行

適合大專高農食品加工科系用書

食 品 乾 燥

邱 健 人 編 著

復文書局 印行

食 品 乾 爆

版權所有



翻印必究

中華民國七十三年二月初版發行

平裝 66 元

著 作 者： 邱 健 人

發 行 者： 吳 主 和

發 行 所： 復 文 書 局

地址：臺南市東門路421巷28號

門市部地址：林森路二段63號

電話：(062)2370003・2386937

郵政劃撥帳戶32104號

No.28. LANE421 DONG-MEN
ROAD TAINA TAIWAN REPU-
BLIC OF CHINA

TEL:(062)2370003.2386937

本書局經行政院新聞局核准登記發給
出版事業登記證局版台業字第0370號

自序

本省位於亞熱帶；溫度、濕度及雨量都適合於各種作物的生長，加以本省農友們特別勤勞，至本省一年四季盛產各種穀類，蔬菜及水果，因本省人口有限並不能完全消費，故部份產品，諸如香蕉、鳳梨、蔬菜等，可直接外銷東南亞、香港及日本等，但由於新鮮食物不耐貯藏，加以本省食品加工業，除了罐頭，冷凍較發達外，均還在起步階段，故每年一到盛產季節，不但價格大幅跌落，且常因生產不夠成本，祇好任其腐爛，實在可惜，因此本省如果能進一步發展食物罐頭，冷凍以外之其他食品加工，例如食品乾燥之食品工業，則農產品生產過盛的情形將不會再在本省發生。

食品貯藏的方法很多，可加工製成罐頭，或經冷凍、糖漬、鹽漬，而延長食品的貯存時間，但這些加工方法，往往會使食品變形、變味，或因輸送不方便等原因，以致不能大量生產，因此近年來世界各國又開始注意及具有悠久歷史的食品保存方法，——食品乾燥——而大量生產各種乾燥食品。

食品乾燥，在本省也有很久的歷史，但由於新知識的缺乏及技術不夠，以致停滯不前，著者有鑒於此，乃根據所學及多年研究所得，再參閱國外最新文獻吸其菁華而加以編成此書，惟著者學淺才疏，疏漏錯誤之處在所難免，尚冀專家學者，不吝指教。

本書出版之際，承蒙許麗珠研究助理及郭元保同學協助收集資料、翻譯、騰稿等，使本書得以順利完成，謹此深致謝意。

邱健人 謹識

民國六十三年九月於國立中興大學

食品科學系

主要參考文獻

辻薦：食品加工技術手冊（1971）

寺本四郎：食糧工學手冊（1966）

松井修等：總合食料工業（1971）

松本熊市：園藝加工論（1966）

緒方邦安：園藝食品之加工及利用（1969）

木村進：乾燥食品（1965）

Cruss, W. V. : Commercial Fruit and Vegetable Products
(1969)

Dessosier, N. W. : The Technology of Food Preservation
(1970)

Jacobs, M. B. : The chemistry and Technology of Food
and Food Product (1968)

食品乾燥之理論與實際

目 次

第一章 食品乾燥之概念	1
第一節 食品乾燥之意義	1
第二節 食品乾燥之沿革	4
第二章 食品乾燥原理	8
第一節 乾燥機構	8
第二節 乾燥速度	10
一、乾燥速度與被乾燥食品	10
二、乾燥作用與熱	12
三、乾燥作用與排濕	13
第三節 冷凍乾燥原理	14
第三章 食品之乾燥方法及乾燥裝置	21
第一節 自然乾燥	21
第二節 人工乾燥	22
一、加壓乾燥	22
二、常壓乾燥	23
(1) 自然換氣乾燥	24
(2) 熱氣乾燥	24
(3) 噴霧乾燥	28
(4) 氣流乾燥	32
(5) 流動層乾燥	35
(6) 被膜乾燥	37
(7) 泡沫乾燥	39
(8) 利用低溫度空氣及乾燥劑之乾燥	40

(9)非真空冷凍乾燥.....	42
(10)超音波乾燥.....	44
三、冷凍乾燥真空乾燥.....	45

第四章 食品乾燥的實際..... 58

第一節 乾燥食品的調整.....	58
第二節 前處理.....	59
一、使酵素失去活性或抑制酵素之前處理.....	60
二、防止乾燥進行中非酵素變色與製品貯藏中發生變質之前處理.....	64
三、促進乾燥效率的前處理.....	65
四、其他前處理.....	67
第三節 各種食品的乾燥.....	67
一、水果的乾燥.....	67
二、蔬菜的乾燥.....	73
三、雞蛋.....	77
四、牛乳.....	79
五、乳酪.....	82
六、牛肉、豬肉.....	82
七、動物膠.....	83
八、魚介類.....	83
九、其他食品.....	88
十、泡沫乾燥食品.....	100
十一、冷凍乾燥食品.....	101
十二、索引.....	122

食品乾燥之理論與實際

第一章 食品乾燥之概念

第一節 食品乾燥之意義

隨著國民所得的增加，及生活方式之改變，近代人民的食生活已漸漸趨向於合理化，食品不但必需具有滿足人體能量及營養之生物學上條件，及具有滿足色、香、味、覺、齒嚼性等之心理學上條件，且必需便於貯藏，運輸及食用。今日之食品必須不喪失食物本來的特性，且爲了要適合近代生活的要求，常做種種加工以及改善貯藏方法。

過去之食品乾燥，僅注重於貯藏與輸送的問題，對於保存食品原有的品質並不講究。最近由於講求生活的合理化，漸漸要求具有高度品質之乾燥食品。

隨着食品科學及其他科學技術的發展，目前食品業已漸漸能製造合於上面要求之高品質乾燥食品。因此一向被忽略之舊式乾燥食品，又重新被重視。在現代的食生活中，乾燥食品所佔之位置，愈來愈重要，已到不能缺少的地步。

食品乾燥之主要目的乃是除掉多水份，以防止由微生物及酵素所引起腐敗、變質及變敗，及防止食品組成間進行反應變化所引起之變質賦予食品較佳之輸送性及貯藏性。

另外自食品加工及乾燥後製品的品質而言，食品乾燥的目的，可大別分成二種。一種爲不損害食品本來的特性，只將食品中水份除去，使其耐於貯藏，食用時僅用冷水或熱水浸漬或用冷水或熱水調味液沖泡，便能回復乾燥前的食品品質。以此爲目的而施行之乾燥，稱爲貯藏乾燥。另一種爲乾燥後已改變食品本來的特性，而給予食品一種新的性質，例如改變食品之色、香、味、咀嚼等性質。換言之，即經乾燥後，而產生另一種新食品，故可謂爲加工且乾燥之加工乾燥。到目前爲止，我們所食用之乾燥食品，以後者爲目的的較多。例如葡萄干，雖然用水浸漬

，也不會恢復成新鮮的生葡萄。此外，鳳梨干、香蕉干、及蘿蔔干等均是。此等食品於乾燥時，食品的成分即已發生變化，而形成另一種新的加工品。

最近流行之即食食品，如即食麵（生力麵，統一麵等），免煮咖啡（雀巢咖啡等），乾燥馬鈴薯片，冷凍乾燥味噌湯等，只要用冷水或熱水沖泡，即能與乾燥前一樣食用或飲用，這些食品在乾燥過程中，並未喪失食品本來的特性，祇將食品內水份除去而已。

早先為了便利食品之運輸及貯藏，故以陽光曬乾食品，或以熱風乾燥食品，期能獲得不改變食品本來特性之食品，但由於乾燥方法，條件，乾燥設備均無法達到理想的境界因此僅能乾燥一些在乾燥時變質較少之食品。換言之，以前之乾燥食品，其貯藏及輸送性雖然改善很多，但復元性差且風味較劣，因此在乾燥時變化較大之食品無法做為乾燥食品

從以上之事實可知，過去乾燥食品之種類及生產數量都受到限制，但在戰爭的時候，因為糧食的貯藏與輸送有特別的需要及限制，因此不管風味，復元性，嗜好性如何，均大量生產。此種趨勢可從圖 1-1 及表 1-1

1 美國乾燥食品統計圖表中看出。另從此圖表可以看出，從前生產乾燥食品，只着於食品的貯藏及輸送，故戰爭時生產多，不戰爭時即減少生產，同時這些乾燥食品復元後的品質並不佳，風味及嗜好性都很差，不大為一般人所接受。

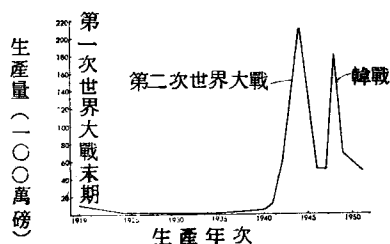


圖 1-1 美國乾燥食品之產量

表 1-1 美國乾燥食品之生產量（100 噸）

年 次	乾燥雞蛋	奶 粉	脫脂奶粉	馬鈴薯	其他蔬菜	乾燥水果
1941	23	23	183	1	6	491
1942	118	31	283	10	17	526
1943	131	69	255	36	27	688
1944	160	89	291	66	38	582
1945	53	109	321	38	27	539

年 次	乾燥雞蛋	奶 粉	脫脂奶粉	馬鈴薯	其他蔬菜	乾燥水果
1946	63	94	327	10	17	503
1947	43	82	339	18	7	579
1948	22	85	341	83	7	455
1949	38	63	467	25	9	474
1950	47	62	441	20	10	359
1951	9	66	351	10	12	469
1952	9	51	432	5	13	463
1953	10	52	607	5	16	423
1954	11	47	701	5	18	380
1955	12	55	702	10	17	409
1956	11	58	774	23	20	434
1957	14	55	839	27	19	368
1958	13	44	855	43	21	315
1959	27	45	862	60	32	403
1960	23	49	909	80	34	

由圖1-1與表1-1，可以發現第一次世界大戰與第二次世界大戰後之乾燥食品生產量相差很大。此因在第二次世界大戰中，乾燥技術、設備、改良進步很多，故有一部分乾燥食品，在平時亦為一般人樂於食用。

近年來隨著食生活的合理化，對於加工貯藏食品，有漸漸要求高品質的趨勢。故乾燥食品，若不重視風味、復元性、嗜好性，則不易為一般人接受。換言之，以後之乾燥食品必需像罐頭一樣，要求殺菌，且有堅固的包裝。由於乾燥食品不像冷凍食品需要貯藏於 -20°C 冰櫃，而要求重量輕，可隨意放在櫥房或其他場所，必要時僅取出需要量，隨時可供食用。如果能製造合於上述要求的乾燥食品，則其必可取代罐頭，瓶裝罐頭及冷凍食品，而將在食生活上佔重要的位置。

由上可知，未來乾燥食品的研究，必需把重點放在不喪失食品本來特性之條件下，乾燥成低水分，且於貯藏中不發生變質，又便於輸送的乾燥食品。另外在乾燥設備上，也必需藉機械的材料，乾燥劑的利用，

低溫的利用，真空技術，超音波、微波技術的利用，以獲得以上的要求。此外，於很短時間內，有效率而經濟的生產乾燥食品，亦為研究設備之重點。

第二節食品乾燥之沿革

有史以來，人類均以食用新鮮食品為主，但為能豐富供給食用，人類想出種種貯藏與加工方法，以消除季節或地理之限制。

一般農場、牧場、山、海、河川所取得之食品，除豆類及穀類外，水份含量都在70~90%以上，若不加以處理，則易因食品本身酵素與附著於食品微生物的作用而變敗或腐敗，不能長久貯藏。

欲貯藏新鮮食品，人類很早即利用燒、煮、焙、蒸、曬乾、冷凍等方法，即利用加熱的方法破除食品中的酵素，殺死附着的微生物；或用煙燻的方法，防止微生物侵入；或利用低溫抑制酵素及微生物的作用。以此等方法為食品加工及貯藏的基本手段，經改良並發展成今日食品加工與貯藏的方法。食品貯藏及加工方法的進步與改良情形如表1—2。

表1—2 食品貯藏與加工方法之演進	
1500年以前	利用風、火、日光、海水、岩鹽等自然條件經煮、燒、焙、曬乾、鹽漬、糖漬或洞穴貯藏等方法加工或貯藏食品
1600年	開始使用簡單之熱風乾燥機等人工乾燥方法
1780, 1795年	英國之J. Graefter以新的人工蔬菜乾燥方法獲得專利 法國之Manson用熱風乾燥蔬菜
1800年	法國Nicholas Appert與英國Peter Durand發明瓶裝及罐裝罐頭
1900年	開始使用各種乾燥方法
1930年	隨著冷凍機械及技術之發達，美國開始生產冷凍食品
1942~45年	罐頭、瓶裝、乾燥、冷凍、冷藏等加工機械與技術更進一步改良、發展
1950年	由於真空技術的開發，導致真空濃縮的發展。利用真空、冷凍乾燥等方法，而可能製造良好復元性的食品

1960 年	1950 年之加工技術，加工機械更加改進，並由於食品化學的進步，進一步改良加工食品的品質。又因石油化學的發達而大量使用塑膠容器及包裝。微波、電子冷凍、超音波加工等電子工學開始應用於食品加工
--------	--

從食品貯藏的觀點而言，欲達到減輕食品的重量，且能於常溫下長期貯藏，當然以乾燥方法最為簡便。簡言之，食品乾燥就是以曬乾或風乾等方法除去多水分，使其耐於貯藏。最初乾燥食品僅重視食品的耐貯藏性，目前則轉變為重視乾燥食品質的不變性，即重視乾燥食品的復元性。在此之前，食品之目的只求能延長食品貯藏的時間而已，而忽視食品的色、香、味等嗜好。乾燥食品之改良與進步，如以下所述：

據古書記載，紀元前埃及及南美印加帝國已將生或煮過的家畜及野獸肉，以陽光曬乾後貯藏。或將馬鈴薯切片，平攤於地面，利用夜晚的寒氣冷凍；白天則曬乾而製成乾燥馬鈴薯。今天做為速食食品材料的 Bulgur（即將小麥在鍋中煮後，曬乾，再以硬石磨磨成粉末）在舊約聖經時代就利用於肉料理的穀類乾燥食品。以前用做南極及喜馬拉雅山登山隊員糧食的肉膏（Pemmican），實為北美印地安土著乾燥貯藏食品之代表。此即將家畜與野獸肉切成薄片，以日光曬乾，磨成粉末，再混以脂肪及草莓等而製成乾燥食品。毫無疑問的，魚乾燥品是北歐、南歐、南、北美洲、亞洲各國自古以來就有的乾燥食品。而自 1670 年左右，鯉魚乾即為日本所生產的一種出色之乾燥加工食品。至於牛奶的乾燥，於馬可波羅的東方遊記內即有記載，謂蒙古人先將牛奶酸敗，分離脂肪後，再以日光曬成粉末，此即成吉斯汗的士兵所攜帶的糧食。

如以上所述，根據古文獻記載，至 1600 年為止，都是利用日光、風、寒氣對獸肉、魚、水果、蔬菜等做自然乾燥，以利於食品貯藏。人工乾燥法，則在 1600 年前後才現，此即將食品放入乾燥室內，並通入熱空氣的乾燥法。至於目前果實、蔬菜之脫水技術基礎，直到 1800 年代才確立。蔬菜先經熱水處理後再脫水，則可以提高乾燥食品之品質，此法是英國 J. Graefler 所發現，並於 1780 年獲得英政府的專利。在同一時期，法國的 Manson 及 Share 等也發表了類似的蔬菜人工乾燥方法。又於克里米亞（Crimea）戰爭（1853～56）時期，Edwards

發現蔬菜若不經熱處理，而直接乾燥，則經他命C破壞無遺。

1849年，美國曾從德國輸入脫水蔬菜（主要是馬鈴薯），經美國乾燥蔬菜公司封裝成罐，據聞其中之罐裝脫水洋蔥經五十年後之開罐結果，洋蔥仍具特有的辣味，還能食用。

在英國的波亞戰爭與美國南北戰爭期間，大量的脫水蔬菜曾被用作兵的糧食。

最早發展脫水蔬菜工業的地區是歐洲，1914年德國境內就有488間工廠，1916年增加為841間，由此亦可看出第一次世界大戰中，德國曾大量貯存食品。

美國俄勒岡州及華盛頓州，很早就已建立水果、蔬菜脫水工廠，1850年即已生產很多乾燥製品，此乃因這些地方，於水果、蔬菜收穫期間，天氣較差，不能利用日光曬乾，所以約在1890年，就出現名為俄勒岡隧道（Oregon tunnel）的大型水果蔬菜脫水裝置，隨後各地即紛紛裝置。

如以上所述，雖然人工脫水設備很早就完成，但成品工業化均一的技術，一直到1800年代至第一次世界大戰前始完全確立。第一次世界大戰後，各種食品加工技術與機械不斷地改進，各種脫水設備也漸被設計出來，故脫水脫水食品的種類增加很多。第二次世界大戰期間，各國因有長距離運輸大量糧食的問題，故脫水食品的需要量大增，這種趨向可由圖1-1中很明顯的看出，僅德國的脫水馬鈴薯年產量即為6,600萬磅（1944年）。總之，在那時期，各國因脫水食品的需要量增加，同時為了提高品質，而積極致力於脫水方法與設備的改良，故能生產品質優越之乾燥食品。平時一般人亦喜採用乾燥食品，即從這個時候開始。

如前所述，以前乾燥食品僅重視便於運輸與一般消費者的嗜好、復元性及復元後之風味。第二次世界大戰期間所製造之乾燥食品，也僅是站在食用的立場，絲毫未重視品質的要求。將二次大戰後的乾燥食品消費量與一次大戰後相比較時，可看出其並不成比例。目前日本之乾燥食品有相當消費量者有免煮咖啡（每年4,500噸），脫水馬鈴薯（每年6,000～7,000噸）等。又第二次世界大戰時，美國及德國曾以真空脫水、冷凍乾燥等方法製造優良的乾燥，才達到成功的境界。而優良之

乾燥食品與真空技術，冷凍技術，却直至 1955 年左右才開始發達。

1955 年之後，食品乾燥之方法，如真空乾燥、冷凍乾燥、泡沫薄層乾燥 (foam-mat dry)、泡沫乾燥、無加熱噴霧乾燥等，逐漸地被設計與開發，這些方法將詳述於後。目前，乾燥食品已與其他罐頭、瓶裝食品、冷凍食品等一樣，在人類的食生活中扮演重要角色。

從食品乾燥的歷史觀之，乾燥食品之改進是從自然乾燥之乾燥食品（貯藏及輸送法），而最近由於各種食品加工處理技術及機械進步，已能製造較人工乾燥優良的乾燥食品（貯藏、輸送及加工法）。

第二章 食品乾燥原理

第一節 乾燥機構

具有自由表面的水，如盛在培養皿中的水，蒸發時之蒸發速度受空氣的溫度、濕度及流速等所影響。若此三者維持恒定，則在單位時間內單位面積蒸發之水量相等。但要乾燥物質（如食品）之水分時，雖然上述之外在條件始終維持恒定，但被乾燥食品之蒸發速度却隨著乾燥食品的種類而異。而同一食品進行乾燥時，水分蒸後速度隨著水分含量的逐漸減少而降低。

若固體各部水分含量均一，則在乾燥時，表面的水分首先被蒸發，而使表面水分濃度降低，形成表面與內部水分濃度的差異。繼而水分由濃度大的部位擴散至濃度小的部位。由於接近表面之外層，水分向外滲透至表面的結果，致使外層水分濃度減小，水分就開始由內部滲透至外層，這種滲透作用即漸漸地擴大至固體內部中心。固體在進行乾燥時，內部所含的水分經體組織滲透移至表面，到達表面後立即開始進行蒸發作用，即通過固體表面所覆被之空氣膜，而擴散進入大氣中。此種在體組織內水分移動的現象，稱為內部擴散（internal diffusion）；而表面的蒸發現象，則稱表面蒸發（surface evaporation）。此二種不同作用交互進行，使被乾燥食品的水分繼續蒸發，直到乾燥食品水分含量與周圍空氣（乾燥空氣）的水分達到平衡為止。

內部擴散作用的難易，二者同時為食品乾燥之主要因素，而支配著各種食品之乾燥速度。若內部擴散作用的阻力較小，而表面蒸發作用為主要阻力時，則固體乾燥速度，主要由表面水分的蒸發速度，亦即表面蒸發作用阻力所支配；反之，若內部擴散作用的阻力較大時，乾燥速度主要是由內部擴散作用阻力所支配。另外，含水分多之固體材料，因其表面圍有厚的液層，若在一定的乾燥狀態下進行乾燥，則此固體表面水分的蒸發狀況就如同自由液面水分的蒸發一般。蒸發時所需之熱量若全部由空氣供給，則謂之絕熱蒸發。此時，固體表面之溫度一直冷卻與空氣之濕球溫度保持平衡。在不改變這種狀態的期間，其乾燥進行狀態示

如圖2-1, 2-2。A、B兩點間的乾燥速度一定，這段時期稱為恒率乾燥期（constant rate of drying）。然而乾燥速度並非一直不變的，當被乾燥物之含水量下降至某一定值時，這種乾燥速度即開始降低。此種降低狀態中，乾燥速度只有在短時間內會依含水百分率成比例降低。此後乾燥速度降低的傾向，如圖2-1所示。最後與周圍空氣之水分達到平衡，即乾燥完成。在此乾燥速率減低過程的最初階段，即BC過程，稱為第一減速乾燥期（first stage of the decreasing rate of drying），後面的CD過程即稱為第二減速乾燥期（second stage of the decreasing rate of drying）。第一減速乾燥期之時間較短，特別在乾燥速度大時。例如乾燥時所使用之空氣風速非常大，溫度高，濕度低，或被乾燥食品的厚度極薄時，則不會出現此種時期，其將直接從恒率乾燥期進入第二減速乾燥期。

第二減速乾燥期由最初急速的減退，到終點時漸漸減慢，在此期間隨著乾燥的進行，被乾燥的進行，被乾燥食品內部的水分逐漸減少，致使內部與表面水分濃度的差異減少，因而內部水分之擴散作用漸漸困難。此時由於內部擴散作用阻力增大，必然使乾燥速度趨於減退，水分則在固體內部蒸發，而以蒸氣狀態擴散至表面。

恒率乾燥期及減速乾燥期百分率臨界點稱為臨界水分含量（critical content moisture），此臨界點依被乾燥食品種類而異，而同一食品，則依乾燥條件的不同而改變其臨界水分含量。一般而言，乾燥速度

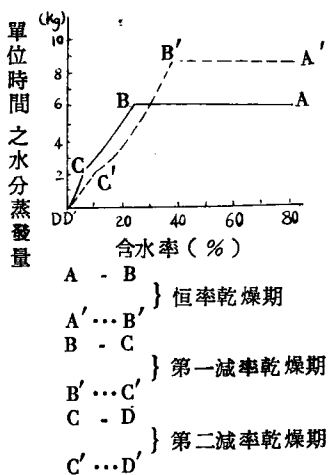


圖2-1 乾燥階段之區分

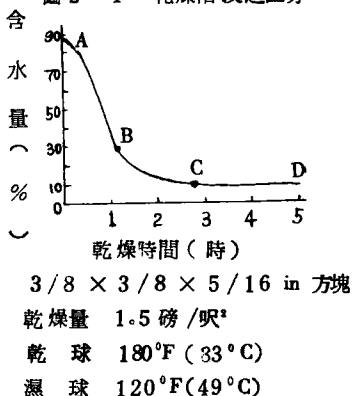


圖2-2 葫蘿蔔乾燥中之水分變化

愈大，或內部阻力愈大，則表面蒸發所對應之內部擴散較易達到極限值，換言之，即較早達到臨界點，故有較大的臨界水分含量。因此乾燥時所使用之空氣溫度愈高濕度愈低，速度愈大，或被乾燥食品的厚度愈厚，密度愈大，則其臨界水分含量愈大。

如上所述，乾燥過程中，乾燥速度變化之一般標準形分為三個時期。但在真空乾燥時，幾乎沒有第一減率乾燥期。在常壓時，濃度高之膠態溶膠體（sol），例如高濃度明膠（gelatin），乾酪素（casein），其內部擴散作用困難，若以高溫低濕之空氣乾燥時，則直接由最初恒率乾燥期進入第二減率乾燥期。真空乾燥、冷凍真空乾燥（以下簡稱冷凍乾燥），無法像常壓乾燥一樣，看到第一、第二減率乾燥期，特別是冷凍乾燥，更無法嚴密的判斷其存在。但含糖、酸及游離胺酸等水溶性成分高的食品，則可以看到明顯的減率乾燥期。這些食品之臨界水分含量為4~6%，較一般乾燥食品的臨界水分含量低。

第二節 乾燥速度

被乾燥食品中水分的蒸發與具有自由液面之液體蒸發不同，其主要受蒸發及擴散兩作用所支配。因此乾燥速度被表面蒸發阻力及內部水分擴散阻力所支配。茲將控制乾燥速度之因素略述如下：

一、乾燥速度與被乾燥食品

食品乾燥速度因被乾燥食品之物理、化學組成之不同而異。可溶性成分少而水僅介於粒子間，這樣組成的濕潤狀態，如澱粉粒、米及小麥碎粒等，其內部擴散阻力較小，故其乾燥速度幾乎完全為表面蒸發阻力所支配。相反的，大部分的新鮮水果、蔬菜、畜肉、魚肉及其加工品或明膠（gelatin）、乾酪素（casein）、果膠（pectin）等膠態物質，從其化學成分組及構成結合狀態可知其水分擴散非常困難，因此可很快達到減率乾燥期。食品中含水量雖有不同，但如溶有上述膠體以外的糖、酸、游離胺酸、無機鹽類，隨著表面的乾燥，在其表層會形成黏着的排水性及排熱性層，而嚴重妨害內部水分的擴散及傳導，此現象稱為表面硬化（case hardening）。乾燥食品若發生表面硬化，則乾燥漸呈困難，且乾燥速度減低。

被乾燥食品中水分存在的狀態，亦為影響乾燥速度因素之一。被乾