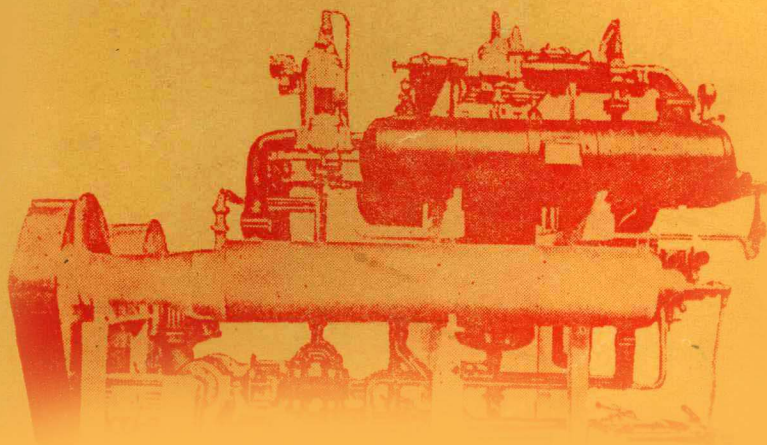


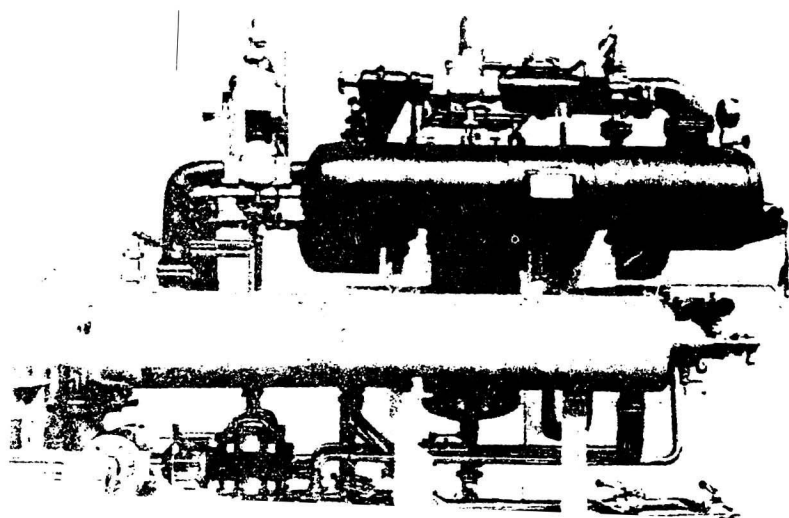
食品保存的 物理原則

陳文鵬／陳自強／林阿萬／合譯



食品保存的 物理原則

陳文鵬／陳自強／林阿萬／合譯



正言出版社印行

自序

食品保存在今日糧食缺乏的社會中爲一項重要的科學技術，而目前對食品保存之處理與操作的了解大多只限於化學方面、微生物方面，吾等介於此故將本書翻成中文，以使國人對於食品保存的物理原則能有所了解，更而使國內食品之技術能更進一步達到國際之水準。

此書承蒙正言書局王餘安先生之大力支持，得以順利完成，在此特以致謝。

陳文鵬

陳自強

林阿萬 1978年6月誌於台南

目 錄

第一章 食品保存的概論

第一節 世界的食品問題	1
第二節 食品的保存	6

第二章 食品內的熱傳送

第一節 緒 論	9
第二節 熱傳送的機轉	10
第三節 不穩定狀態之熱傳送	30
符號意義	30
參考書目	32

第三章 熱加工

第一節 緒 論	34
第二節 熱能應用於食品	34
第三節 熱能及食品成份之互相作用	43
第四節 食品內之熱穿透	59
第五節 測定熱加工致死的方法	64
第六節 最近的發展及過程	75
符號意義	86

第四章 食品的輻射保存

第一節 緒 論	89
---------------	----

第二節	游離輻射的性質	89
第三節	游離輻射的化學影響	100
第四節	輻射對活生物的影響	102
第五節	輻射加工的技術觀念	111
第六節	輻射加工食品的整体性	124
第七節	未來的展望	127
符號意義		128
參考資料		129

第五章 以冷藏溫度貯存而保存

第一節	緒論	130
第二節	與食品冷藏有關之問題	131
第三節	應用及操作	151
參考書目		163

第六章 冷凍保存法

第一節	緒論	165
第二節	冷凍保存法之基礎觀念	166
第三節	冷凍過程—技術觀念	178
參考書目		200

第七章 食品濃縮及脫水過程時 平衡及速率之考慮

第一節	緒論	203
第二節	界之間的平衡	204
第三節	界之間的質傳送	213
符號意義		220
參考書目		221

第八章 水活性及食品的保存作用

第一節 緒 論	223
第二節 食品中之自由水及結合水	224
第三節 水活性及食品的吸收行為	226
第四節 結合水的能量	234
第五節 食品中水吸收作用的實際應用	235
第六節 水活性及食品的安定性	242
符號意義	250
參考書目	251

第九章 食品的濃縮作用

第一節 緒 論	254
第二節 蒸發作用	255
第三節 冷凍濃縮	279
第四節 使用的濃縮作用之薄膜加工	286
第五節 食品濃縮之成本	296
符號意義	297
參考書目	299

第十章 食品的脫水

第一節 緒 論	301
第二節 在空氣乾燥器中的質及能的平衡	303
第三節 空氣—水混合物之性質	306
第四節 食品中水之傳送	309
第五節 在穩定外界情況下之脫水作用	312
第六節 食品的工業性乾燥	325
符號意義	344

參考書目	346
------------	-----

第十一章 食品的冷凍脫水

第一節 緒 論	347
第二節 在冷凍乾燥中質與熱的傳送	350
第三節 當食品冷凍乾燥時形狀之改變及塌下現象	369
第四節 有機成份包括風味在冷凍乾燥時之保存	370
第五節 工業上發展冷凍乾燥的原則	377
符號意義	383
參考書目	384

第十二章 食品的保護性包裝

第一節 包裝的至要功能為保護產品	387
第二節 包裝物質的性質	390
第三節 環境對食品安定性之影響及對保護性包裝的需要 ...	403
第四節 包裝之性質及包裝物質抵抗個別環境因素之程度 的測定	411
第五節 貯存期的計算及對包裝的需要	448
第六節 食品包裝之間的作用	461
第七節 特殊情況的包裝	462
符號意義	462
參考書目	464

第一章

食品保存的概論

第一節 世界的食品問題

- A. 飲食的不適當
- B. 解決糧食問題的方法

第二節 食品的保存

- A. 通論
- B. 食品保存的物理方法
- C. 趨勢

第一節 世界的食品問題

古時候，由於人類在地球上與其他的生物相比較下尚不會相差太多，當時的人根本沒有所謂的糧食缺乏的問題，他們每天隨時隨地都可獲取食物，但漸漸的，由於人類的聰明才智，使得人類在地球上佔了絕大的優勢，在「僧多粥少」的情況下，使得糧食的問題逐漸出現再加上由於文明的人類的進步，工業社會取代了以往的農業社會，使得糧食的問題日漸嚴重，再加上人口的暴漲以及工業廢物與廢水的污染，使得目前科學家們不得不花費很大的力量來研究糧食的問題，在圖 1-1 中即顯示西元 1970 年前後在未開發的國家中的人口與糧食之關係。

A. 飲食的不適當

2 食品保存的物理原則

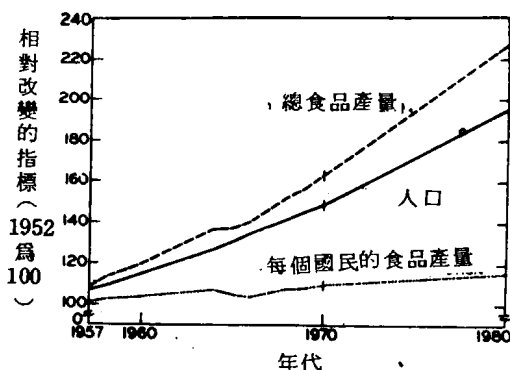


圖 1-1 未開發國家中人口與食品的趨勢

在此所謂的飲食之不適當並非指隨便亂吃，而是指糧食之不足而言，在地球上大約有三分之二的人口是位於未開發的國家中，而有許多的證據顯示大部份的未開發國家中的人民都處於營養不足或糧食不足的狀況，但假使我們能夠將世界上所有的食物予以適當的保存及適宜的分配，則此問題便可獲得暫時性的解決，但很不幸的，我們很不可能做到此點，因為技術上、經濟上、政治上、文化上以及宗教上的理由，就像圖 1-1 上所顯示的，在1959 年到1970 年之間每個國民的食品產量是幾乎為常數，而從西元 1970 年起稍微的上升，如此下去，當西元 2000 年時，人類的糧食將不足以應付地球上的人口，因此食品的保存在今日已是一個非常嚴重而極迫切需要解決的問題。

B. 解決糧食問題的方法

雖然目前，世界上許多先進國家都在推行家庭計劃，但是由於地球上人類的食物來源有限，人口又不斷的增加，在此種情況下人類就必須考慮如何的來長期性的解決糧食不足的問題，根據幾位專家的意見，人類若要長期性的解決糧食的問題就必須朝著下列的目標進行：

1. 控制世界上人口的成長率

假使我們要使世界上每個人的糧食維持現況或是予以改善，則控制世界上人口的成長率是最重要的，因為我們必須了解地球上的資源及空間都是有限的，假使人口的成長率不予減少或控制，則在未來幾拾年後將有許多人餓死或沒有地方居住。

2. 增加食品的來源

在過去人類曾利用食品添加物來增加食品的來源，但其效果總是有限的，雖然如此，增加食品的來源至少能或多或少的解決世界上糧食缺乏的問題，在未來，增加糧食來源的方法可由下列幾個項目中得到：

- (1) 開發地球上更廣大的地區來從事食品的生產——人類的糧食很多都依靠農作物，而農作物的種植必須要有土地，因此增加更多的土地以從事食品的生產就能增加食物的來源。
- (2) 增加每單位耕地之產量——所謂增加每單位耕地之產量就是讓地球上的種植糧食的地區沒有空着的時間，舉例來說，改良穀類的品種，使穀類一年能從原來的一年一季或二季產量增加到一年三季以上，或是改良土壤之性質，較廣泛的使用較方便的植物做為蛋白質的來源，在較接近植物的最適成熟度時收成，或是使用較良好的肥料等都可達到此目標。
- (3) 發展新的食品來源——例如利用植物的葉或莖當做食物之來源以及利用豆類植物之蛋白質來做成人造肉等。
- (4) 大量的開發海產食品。

3. 減少食品廢物

食物廢物為影響世界食品供應的一個因素的重要性可由下列美國食品及農業組織的敘述中明白的顯示出：

「沒有人知道每年用來生產食物的人力有多少，我們只能知道每年有多少食物被老鼠、昆蟲或以一百多種方法腐敗，這些食品的廢物每年總有好幾拾百分率，大約佔全世界食物產量的20%左右

4 食品保存的物理原則

，而且我們每一個人都同意的是每年的損失是十分的大的，假使，我們能適宜的將每年所生產的食品貯存，並且應用各種的食品保存技術，則我們每年就能夠不必再做其他的生產努力而可額外的獲得幾百萬噸的食物」。

在世界上的一些地區，都市化的結果已大大的增強了食品廢物的問題，在已開發的國家中，非種植生產食品的人口很快的增加是大家都了解的，但無論如何，此種現象對於食品的廢物來說只有很少的影響，而較少被我們所了解的為在世界上糧食缺乏的地區之文明化（都市化）是與已開發的國家一樣廣泛，在西元 1950 年時，世界上人口超過 10 萬人的都市有三分之一在亞州，而且每年都有很多本來住在鄉下的人移居到城市，這些住在鄉下的人會移居到城市的原因是希望能有較好的生活，世界上糧食缺乏之地區的都市化一般都會有一些不良的影響，而食品廢物的增加就是此不良影響之一，都市化的結果使得消費遠離食品生產的地點，而且也增加了食品收成與消費之間的時間，在此種情況下，若要避免食品廢物的增加只有建立廣泛、有效率的分佈系統，以及必須要有效的運用食品的保存技術，不幸的，在世界上糧食缺乏的地區的分佈系統及食品的保存技術並不隨著都市化而有很大的改善，因此，我們可明顯的了解，食品廢物在目前是解決糧食缺乏問題的主要關鍵，而且在未來也是如此。

食品廢物的產生主要是由於污染，被昆蟲、鼠、獸等偷食，以及食品本身的腐敗與無效率的利用所引起，後面兩種因素必須要予深深的考慮。

當食品的營養部份並未完全被消費者利用時，以及當食品的組織未完全成熟時採收或屠宰而影響品質與製成率時，就會發生有因為無效率的利用而產生食品廢物，製造乳酪時的乳清就是一個最好的例子。因為乳清仍為食品的營養成份，但通常不被人類消費，假使當水果在過度未成熟時期或過熟時採收，或是假使蔬菜在過度成熟時採收，則由於消費者通常會拒絕購買這種產品而變成食品廢物，因此未有效

率的利用食品爲主要引起食品廢物的因素。

腐敗亦爲引起食品廢物的主要因素，許多的新鮮食品都爲易腐敗性的，因爲這些食品通常都含有高的水份含量而且它們本身都有營養，在表 1-1 中列出不同腐敗性程度的食品類，在這些食品中，只有成熟的、乾燥植物組織能夠抵抗在常溫下長期間貯存時的腐敗，而這些物質，當然的，仍然可被一些昆蟲所攻擊。

表 1-1. 幾類食品的腐敗性

腐敗之程度（在室溫下的貯存期間）	水 份 含 量	產 品 品 的 型 式
高度腐敗性 （1～7 天）	中等到高程度	動物組織：肉、家禽類及海產類 植物組織：柔軟多汁的水果及蔬菜。例如漿果類、桃子、菠菜、以及葉狀蔬菜。
中等腐敗性 （1 星期～幾星期）	中等	植物組織：根菜類、莖菜類、成熟的蘋果以及梨子。 蛋類。
稍微腐敗性	低	植物組織：穀類、乾燥的豆類、花生等。

引起食品腐敗及變質的原因包括有微生物的生長（到目前爲止最常引起食品腐敗的原因），污染（弄髒、吸收不良的風味及味道）、正常的呼吸作用（植物組織），水份的損失、自溶作用（特別是魚類）、各種的化學反應（例如氧化作用）、生理上的反常現象（蘋果的硬化、肌肉的冷收縮、冷凍受傷以及植物的無氧呼吸等）以及機械式的傷害。

6 食品保存的物理原則

易腐敗的食品之變敗只能以促進消費而減少（但此通常不大可能進行）或是促進有效的保存，有效的保存作用不但可延緩腐敗而且尚可減少食品的污染及食品被害蟲侵食，因此可以控制四種主要引起食品廢物因素的其中三種，所以任何一位食品從業員都必須明白，有效的保存法才可使食品能夠充份的爲人類所利用。

第二節 食品的保存

A. 通 論

商業性食品保存的目的就是要防止食品外觀、營養價值上的不良的改變或是藉著控制微生物的生長而防止食品品質的變異，以及減少食品在食用之前化學的、物理的及生理的不良改變與防止額外的污染。

要達到食品的保存可利用化學的、生物的及物理的方法，化學的保存法包括在食品中加入像糖、鹽或酸的添加物或是將食品暴露在化學藥品。例如煙或殺菌劑中而達成，生物學的保存法包括酒精性或酸性的醱酵作用，而以物理的方法來保存食品的則包括暫時的增加食品的能量（如加熱、輻射等），控制食品溫度的降低（冷藏或冷凍），控制食品水份含量的減少（濃縮、空氣乾燥、冷凍乾燥等）以及使用保護性的包裝等在目前世界上的已開發國家中，物理的保存法是最廣泛使用者，而且在未來，物理的保存方法將會在世界上更普遍。

B. 食品保存的物理方法

當中等或高度可腐敗性的食品在保存時，最大的有關之問題就是微生物，以物理的保存方法可導致微生物的死亡（由於暫時的增加食品的熱能然後再予適宜的包裝以避免食品的再污染），或是可抑制微生物的生長及繁殖（由於維持食品在微生物不能生長或繁殖的溫度或是由於移去食品中大部份的水份然後再包裝以防止食品再吸收水份）

雖然幾種食品保存的物理方法可完全的防止微生物的生長，而且

大大的延緩了許多化學反應的速率，但是重要的是我們必須了解並沒有任何一種方法能夠完全的停止化學的及物理的變化，舉例來說，當冷凍食品在一般的冷凍溫度（ -18°C ）下貯存時，微生物就不能生長，但是維生素C的破壞、蛋白質的不溶解性、脂肪的氧化及食品內水份的再結晶亦會以很微小的速率進行。

我們也必須注意這些食品的保存方法一般均可成功的停止微生物的生長，但對於食品的外觀及營養成份或多或少都有一些不良的影響，舉例來說；熱殺菌會使食品的組織柔軟化，破壞葉綠素及花青素、改變食品原有的風味以及減少或破壞食品固有的維生素，因此有關食品的保存技術並非十分完好，而且雖然優點常比缺點來得多，但我們仍要無止境的研究如何減少食品保存時所產生的缺點及維持其優點。

C. 趨勢

世界上的工業化國家直到最近幾年才能夠發展出一種消耗很少的熱或能的食品系統（生產、加工、分配、利用），這些因素在今日必須當做最主要的考慮對象，當有關環境的品質時，許多食品加工廠已漸漸的改變它們的操作過程，而且此種趨勢似乎愈來愈廣泛，一個重要的影響因素就是在食品工廠中的運輸必須十分的小心，而且也必須經常的控制產品的品質與數量。

天然資源是有限的及一些資源已將面臨絕種的事實在今天已大大的影響了食品工業，舉例來說，增加成本及增加政府機構的干涉已使食品加工業者大大的減少所使用於食品包裝的物質之使用，而使用那些可再循環使用及那些可容易丟棄的物質以免污染環境。

能量的問題是直接的與天然的資源有關，因為大部份我們的能都是由非再能豐富供應的天然資源中而來，主要是煤及油，而由於使用於發出能的天然資源不再十分豐富，因此能的成本將會很快的上升，此很明顯的影響美國的食品供應系統，因為在美國食品系統大約使用總熱能的12%，而在食品供應系統中的食品加工部份約消費總產生熱

8 食品保存的物理原則

能的 4.5 %，而此問題在未來將會愈來愈嚴重，在美國此系統所消費的熱能從西元 1940 年的 300×10^{12} Kcal / 年增加到西元 1970 年的 850×10^{12} Kcal / 年，這種增加部份是由於應付環境污染方面，但大部份是用於顯著的增加食品消費時每卡所產生的能，在西元 1910 年，大約消耗 1 cal 的能量就需要產生 1 cal 的食品，而自從那時起，此種比率就很穩定的增加，直到西元 1970 年大約 9 cal 的熱能只需要 1 卡的食品。

參考書目

- 1 J.L. Bennett “營養、餐點的世界情況” 11. 1. (1969)
- 2 G. Borgstrom “食品科學的原則” 1968
- 3 G. Borgstrom “太多” Macmillan 1969
- 4 W. W. Cochrane “世界的食品問題” 1969
- 5 P. Ehrlich “人口炸彈” 1968
- 6 B. H. Farmer, “人口與食品之供應” 1969
- 7 E. Hirst “在美國使用於食品的能量” 1973
- 8 President's Science Advisory Committee “世界的食品問題” 1967
- 9 J. C. Somogyi “工業及操作對食品組成的影響” 1965
- 10 J. J. Spengler “營養、餐飲的世界情況” 9. 1. (1968)
- 11 J. S. Steinhart “科學” 184, 307 (1974)
- 12 J. M. Thoday “人口與食品供應” 1969

第二章 食品內的熱傳送

第一節 緒論

第二節 熱傳送的機轉

A. 簡介

B. 傳導

C. 對流

D. 輻射

E. 介電與微波加熱

第三節 不穩定狀態之熱傳送

符號意義

參考書目

第一節 緒論

在食品工業中熱轉移是一種最重要的單元操作，幾乎所有的過程都需要藉加熱或熱量的排出而改變產品的物理、化學及其貯存上的特性，例如：在新鮮水果的貯存以及蔬菜、肉類及乳製品的貯存都是藉排出熱而降低溫度，並增加貯存的時間，在另一方面我們也藉加熱而達到加熱來貯存食物的目的，加熱而改變產品特性的例子，包括藉烹煮而改變食物的組織，並且也可藉加熱使糖果等食物產生色澤及味道，排熱是使用來製造所需的熱改變（固化），這種改變使用在冷凍甜點及一些糖果類。

10 食品保存的物理原則

在這些應用中，熱的轉移是由物理定律所支配，對這些物理原則的瞭解可使我們預測受熱後的現象，以及決定怎麼樣的操作情況下會有較佳的產品，在這些情況的考慮，當然必需包含能量轉移的速率以及食物的品質，這就需要活用工程上以及食品科學上的知識。

在本章中熱轉移的物理基本原理是偏重在物質被加熱之後的特質。

第二節 熱傳送的機轉

A. 簡介

熱轉移是一種能量轉移的現象，增加熱能會引起產品中分子更快速地運動，亦即分子的動能當吸收能量時會增加，當一個快速移動的分子撞擊緩慢運動的分子時熱的轉移便發生了，並且引起快速運動的分子損失動能而緩慢運動的分子獲得動能，由此很顯然的，熱轉移包含了分子[5]。

在一群分子中熱能量具有多少？此程度的顯示便是溫度，這是一種物質相對而言較熱或者較冷的一種指示，有好幾種尺碼或刻度被使用來度量溫度，但最通常的是華氏及攝氏兩種。然而，原子或分子其能量若大約是動能為零（粒子均不運動並且在絕對溫標上為近於零）則溫度是以 Kelvine 或 Rankine 來表示，這些溫標間的關係列於表 2-1。

熱能的數量也以數種不同的單位來度量，在 cgs 制裏面卡（Calorie）是熱能量的單位，然而在 tps 制裏面 Btu（英制熱單位）是熱能的單位，一卡是水一克升高攝氏一度（自 14.5 至 15.5 度）所需的熱量，一 Btu 是一磅的水升高華氏一度（自 61 度升至 62 度）所需的熱量。

“熱容量”（ C_p ； p 表示常壓情況下）是用來定義一種物質在一定質量下改變一度所需熱能量的名詞，在 cgs 制裏熱容量是一克之物質升高攝氏一度的卡數，在 fps 制裏是物質一磅升高華氏一度所需