

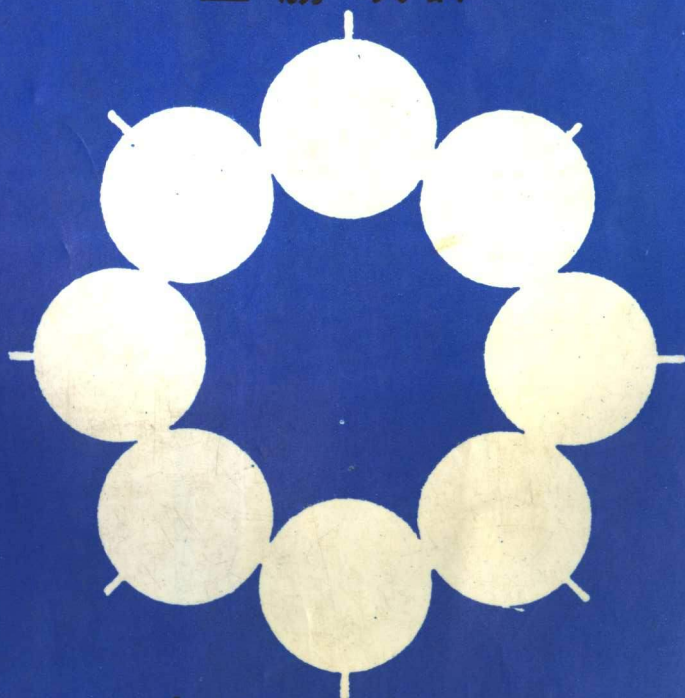
科技用書

食品化學

FOOD CHEMISTRY

MEYER 著

王勝琪譯



大行出版社印行



科技用書

食 品 化 學

FOOD CHEMISTRY

MEYER 著

王 勝 琪 譯

大行出版社印行

原 序

食品工業的迅速成長已成為商業之一，許多食品雜貨店也有很大的轉變，新興食品的產生使人對食品添加物產生新的控制，並且企圖達到標準化，這許多現象象徵了食品化學必須的重要性。幾世紀以來食品的製做都依據傳統的方法，但近來從傳統的經驗中發現其中的錯誤作進一步的改進而促成一種新的觀念，並且不斷地向食品的成長、進展及商業上求發展。由於食品化學的知識進步得太慢，因此需賴生物化學、細菌學、微生物學和化學來輔助而獲得正確的食品化學的觀念。因此近代研究食品化學者不僅從事研究食品的許多問題，並且研究許多生物化學、化學、化工甚至物理學都包括在內。

作者認為要發展食品工業必先了解食品化學。雖然許多書籍提到食品的分析方法，但對食品工業卻沒有簡單的介紹於諸位。因此著此書使學者能了解家庭經濟、食品工業和食品化學的關係。

此書供給許多食品的圖片使閱者首先對食物的組成及變化有深刻的印象。著者認為讀者應先具備有機化學的概念才能進行食品化學的研究。書中提到一些簡單的動植物的構造，使讀者容易了解。每一章的終了都附有許多參考資料以便學者做更深入的研究。

原著者 *Lillian Hoagland Meyer*

目 錄

第一章 食品化學的衍進

(Development of Food Chemistry)	1
獨特的變化 (Individual Variability)	2
個別的相同點 (Individual Uniformity)	3
取樣的方法 (Methods of sampling)	3
食物中的水分 (Moisture in Foods)	3
氫 鍵 (Hydrogen Bond)	4
結合鍵水 (Bond Water)	5
濕氣的測定 (Determination of Moisture)	5

第二章 脂肪類和其他磷脂肪 (Fats and Other Lipid) ... 8

磷脂類及脂肪類在食物中的存在及組成 (Occurrence in Foods and Composition)	8
可食的脂肪類及油類 (Edible Fats and Oils)	13
脂肪酸 (Fatty Acids)	13
天然脂肪及油類的檢定 (Identification of Natural Fats and Oils)	16
脂肪類和油類氣味的改變 (Flavor changes in Fats and oils)	24
酸 敗 (Rancidity)	26
逆 轉 (Reversion)	31
食用脂肪類和油類的工藝學 (The Technology of Edible Fats and Oils)	33
氫化作用 (Hydrogenation)	37
各種脂類的工業產品 (Technology of Individual Fat Products)	40
人造油和硬脂油 (Oleo oil and oleostearin)	41
沙拉油、烹食油及炸油 (Salad , Cooking , and	

Frying oils)	42
油 酥 (Shortenings)	43
牛 油 (人造牛酪) (Margarine)	44
不同脂肪油酥的價值 (The shortening Value of Different Fats)	46
飲食中的重要性 (Importance in Diet)	48
第三章 碳水化合物 (Carbonhydrates)	49
單醣類 (Monosaccharides)	50
雙醣類 (Disaccharides)	52
複醣類 (Oligosaccharide)	54
多醣類 (Polysaccharides)	55
纖 維 (Celluloses)	55
澱 粉 (Starch)	57
酶類和澱粉 (Enzyme and starch)	58
澱粉工業 (Technology of starch)	59
果醣類 (Fructoses)	60
甘露醣類和乳糖類 (Mannans and Galactans)	61
幾丁質 (Chitin)	61
半纖維 (Hemicellulose)	65
黏膠物質 (Pectic Substance)	68
原果膠 (Protopectin)	70
果膠膠體 (Pectin)	71
植物膠和黏液 (Gum and Mucilages)	74
海草的多醣類 (Seaweed Polysaccharides)	75
藻膠酸 (Alginic acid)	76
檢驗法—顏色反應 (Color Reaction)	76
單醣類和雙醣類與聯氨的反應產物 (Reaction Products of Mono-and Disaccharides with Hydrazines) ..	78
與酵母菌的發酵作用 (Fermentation with yeast) ..	78
層析分離 (Separation by Chromatography)	79

最適當的活性 (Optical Activity)	80
其他定量的決定 (Other Quantitative Determination)	80
烹調中碳水化合物之變化 (Changes of Carbohydrates on Cooking)	81
粗纖維 (Crude Fiber)	83
褐色反應 (Browning Reactions)	83
第四章 食物中的蛋白質 (Proteins in Foods)	87
人類食物中的蛋白質 (Protein in Man's Diet)	88
化學和物理的性質 (Chemical and Physical Properties)	88
分子量和均勻體 (Molecular weights and Homogeneity)	89
蛋白質的化學性質 (Chemical Properties of Proteins)	92
抗體素的沈澱 (Precipitation with Antibiotics)	93
天然蛋白質和非天然蛋白質 (Native and Denatured Proteins)	94
膠體形成的學說 (Theories of Gel Formation) ...	94
食物中蛋白質的測定法 (Determination of Protein in Foods)	95
克爾達爾法 (Kjeldahl method)	96
達馬氏法 (Dumas' Method)	97
氨基酸 (Amino Acids)	98
氨基酸的定量 (Quantitative of Amino Acid)	99
熱處理 (Heat Treatment)	99
植物蛋白質 (Plant Proteins)	102
牛奶中的蛋白質 (Milk Proteins)	102
第五章 食物中的滋味和香料 (The Flavor and Aroma of Food)	107

味 覺 (Taste)	107
氣 味 (Odor)	110
嗅覺或香味的試驗現象 (Testing Sense of Smell or Aroma)	111
感 覺 (Feeling)	112
混 合 (Blends)	112
食物調製中滋味和香味的控制 (Control of Flavor and Aroma in Processed Food)	113
滋味的測定 (Measurement of Flavor)	113
滋味的加強：氨基戊二酸鈉 (Monosodium glutamate)	115
滋味的抽取 (Flavoring Extracts)	115
合成的香料物質 (Synthetic Flavoring Substan- ces)	116
近代對滋味物質的研究發展 (Recent Developments in Flavoring Research)	116
第六章 肉類和肉類產品 (Meat and Meat Products)	123
動物體的構造 (Animal structure)	123
結締組織 (Connective tissue)	125
脂肪組織 (Adipose tissue)	130
死後的變化 (Postmortem Changes)	132
成熟或經久後的成熟 (Ripening on Aging)	135
肉類的顏色 (Color of Meat)	137
醃肉和燻肉 (Cured & Smoking meats)	144
燻 肉 (Smoking meats)	146
烹飪時肉類的變化 (Changes in Meat on Cooking)	148
蛋白質的變性 (Denaturation of protein)	149
膠原的水解 (The hydrolysis of collagen)	149
顏色的變化 (Color Change)	150
油滴的形成 (Drip formation)	150

肉類的芳香 (Meat aroma)	151
脂肪的散佈 (Dispersion of fat)	151
維他命的減低 (Decrease in Vitamins)	155
表面的變紅 (Surface reddening)	155
烹調過度 (Overcooking)	155
柔軟度 (Tenderness)	156
結締組織 (Connective tissue)	156
水化作用 (Hydration)	157
蛋白質分子的性質 (Nature of Protein Molecular)	157
脂 肪 (Fat)	158
汁 液 (Juiciness)	158
罐頭肉類中的磷鹽 (Phosphates in canned meat)	158
第七章 蔬菜和水果 (Vegetables and Fruits)	159
蔬 菜 (Vegetables)	159
蔬菜和水果的構造 (Structures of fruits and vegetables)	160
水果和蔬菜的結構 (Texture of fruits and vegetables)	163
蔬菜和水果中的色素 (Pigments of fruits and vegetables)	165
類胡蘿蔔素 (The carotenoids)	168
葉綠素 (Chlorophylls)	173
類黃鹼 (The flavonoids)	176
花青素 (The anthocyanins)	178
花黃標淋和黃鹼酮 (The Anthoxanthins and Flavones)	182
鞣 質 (Tannins)	185
褐色反應 (The Browning Reaction)	188
酵素的褐色反應 (Enzymatic Browning)	188

非酵素的褐色反應 (Nonenzymatic Browning)	191
粘液物質 (Pectic substances)	193
烹飪和處理時發生的變化 (Changes on Cooking and processing)	196
粘液物質的變化 (Changes in Pectic Substances)	196
纖維素的變化 (Changes in Cellulose)	198
澱粉粒的變化 (Changes in Starch Granules) ...	198
細胞間空氣的變化 (Changes in Inter cellular Air)	200
發揮性酸的產生 (Production of Volatile acid)	203
揮發性硫化物 (Volatile Sulfur Compounds)	203
水果在收穫後的變化 (Post Harvest Changes in Fruit)	207
第八章 牛奶和其產品 (Milk and Milk Products)	213
乳汁的形成 (Formation of Milk)	213
牛奶的組成 (Composition of Milk)	214
牛乳的化學分析 (Chemical Analysis of Milk) ..	217
純度的測定 (Check for Purity)	219
特種牛乳 (Special Milk)	220
牛 脂 (Butter)	222
乾 酪 (Cheese)	223
組 成 (Composition)	223
生乳酪 (Unripened Cheese)	223
熟乳酪 (Ripened Cheese)	226
熟 製 (Ripening)	227
加工乳酪 (Process Cheese)	229
第九章 穀類和其用途 (Cereals and Their Use)	230
穀 類 (The Cereals)	230
穀子的構造 (Structure of The Grain)	230
穀類的貯藏 (Storage of Grain)	231

麥類和麵粉 (Wheat and Wheat Flour)	232
研 磨 (Milling)	232
麵粉產品的種類 (Types of Flours Produced)	233
麵粉與生麵團的關係 (Relation to Dough)	233
麵粉中的蛋白質 (Flour Proteins)	234
麩 質 (Gluten)	235
麩質的強度 (Strength of gluten)	236
磷脂類和碳水化合物 (Lipids and Carbohydrates)	236
維他命 (Vitamins)	237
營養麵粉 (Enrichment of Flour)	238
小麥和烘焙物的品質 (Wheats and Their Baking Qualities)	240
生麵團 (Doughs)	240
氧化反應 (Oxidation)	246
麵粉、牛乳、蛋所調成之糊狀物及氣體的生成 (Batters and Gas Production)	248
糊狀物中氣體的保持 (Gas Retention in Batters)	249
黴菌的預防 (Prevention of Mold)	254
第十章 食品添加物 (Food Additives)	256
法律上的保障 (Legal Safeguards)	256
為何使用食品添加物 (Why Use Food Additives?)	257
安全性的檢定法 (Methods of Demonstrating Safety)	258
法定的食品色素黏加物 (Color Additive Legisla- tion)	259

第一章 食品化學的衍進

(*Development of Food Chemistry*)

當人類還無法記載他們的歷史的史前時代，已有了科學。我們假設史前時代的人類亦有思想，他們拓展包圍在他們周圍的世界，並設法控制它。結果經過幾世紀，雖然尚不十分了解，但也控制了他們的周圍，並不斷地進步。在早期每一種科學都有一種淺近的開端，化學有時依靠數學的衍進和實驗的進行而發展。有時人類從食品化學中得到一些化學上的技術。有時在意外中發現某些物質，有的是由一代代延傳下來，從歷史的記載中得知人類在早期不僅能做陶器、肥皂、烘焙食物，熔煉少數的金屬甚至還會釀酒和醋。這些進展雖然有時會受到迷信的禁固，但葡萄酒商能控制釀酒的過程，當時雖不懂酵母菌和酸菌，但他能控制水果的發酵。

十七世紀開始，重視科學的實驗步驟，科學家們開始創立新的報導，此後化學才真正開始。於是有許多有關食物成分的研究報告不斷地發表。在早期的實驗中企圖分離食物成分，研究大自然中色彩的成分，並尋找給予生命活力的物質。時間過去了這方面的成就仍很小。直到十八世紀簡單的化合物就被分離出來。到十九世紀初期放棄了一切古老的有生命和無生命的思想而從事新的研究。以前認為有機物為生命體所具備，無機物為無生物所具備。但後來某些化合物例如氯化鈉在無機的地球上及有生命體的尿中亦存在。於是有機化合物違背了無機的條件。此時打破了傳統的舊思想而有了新的起飛。

十九世紀已有有機化學，分析化學、物理化學且漸有進展，這對食品化學的成長很有幫助。細胞學說和進化論為進一步了解動、植物的基礎。這些學說和知識使他們對複合自然細胞的重視，使他們認識一般細胞形狀都具一貫的遺傳性，從不同的組織可區別其來源為何科、屬、種。

在西元一九〇六年，美國議會進行一項純食品和藥物法案，對研

究食品中的觸煤有很大的影響。*Harvey Viley* 認為在美國要依法出售食品覺得非常震驚。因終年戰爭所以須以發票來限制骯髒、腐敗、摻雜物等混入食品內。經過發票可長期強行此政策。在美國食品如經食品、藥物協會證明其不合規定時，則公司或個人將被控告有罪。這個組織由農業部支持，而請化學家來檢驗摻雜物，並訂立標準。

從生物化學的知識中，生長現象是最近幾十年才被了解，由動、植物新陳代謝的途徑明瞭大分子的產生，應用生物化學的觀點來研究當做食物的生物物質。雖無法從細胞中分離所有的化合物，但能概略地說明細胞中的反應，如此攝取食物後能使體細胞不斷地生長。

早在幾世紀時人類已知道用火，於是食物的供調有了新的創始。許多過程有些是意外發現，有些是錯誤和考驗的結果。祖先們千辛萬苦將他的發明留給他的子孫，後代的子孫有時雖做一番改進，但大多為千篇一律地一代傳一代毫無進展。如此進行缺乏科學實驗的精神，無法控制品質，改良品質及做新的計劃。例如麵包內加塩可保持麵包的新鮮度及甘味，而事實上它可抑制細菌及酵母菌的生長。

食品工業的發展是從小規模的生產開始，例如從廚房—倉庫—屠夫到食品雜貨店規模皆很小。許多工業的發展靠着錯誤及試驗改良而發展起來。今天有全國性的工廠及廣大的消費市場，要求和期望一致的產品，唯有控制生產的品質才能達到合格的產品。要進行生產品質的控制先要了解生產步驟，因此對於生產技術要依據科學基礎來改進。

獨特的變化 (*Individual Variability*)

在生化的研究中，一個好的樣品必須具大量此物質的通性，其變化在相同動物或植物體中具相同的變化。例如我們認定相同藤上的蕃茄都含有維他命C，但不能期望每個蕃茄的維他命C含量皆相等。但這種變化須考慮到植物、動物的變種及生長情形。

因此樣品的採集必須注意應包括其獨特性和適當的混合。例如分析花椰菜必須從不同株，不同生長地方之相同成熟的花椰菜取來當樣品。其花蕾和莖必須切碎並均勻混合，應注意樣品不能過分強調某方

面。如使用少量的樣品所做之結論通常不太正確。

個別的相同點 (*Individual Uniformity*)

從另一方面看來，動、植物體的組織也有許多相同點。所有的生物幾乎皆有相似的萌發，雖然祖先不同，但具有相同的化合物及新陳代謝過程。若經變異或變種甚至產生新種，則產生新的化合物。所以化學變種是有意義的。每一個活細胞都含有一些蛋白質，這些蛋白質並不完全不同，有些性質和某些外觀上的構造相同。例如葡萄糖或肝糖變成丙酮的新陳代謝過程是大多數動、植物細胞所共有的反應。

食品化學缺乏有規劃的結論。在實驗的研究中常將某種食物發生的反應應用到另一種食物。必須大胆的假設而小心地求證。

取樣的方法 (*Methods of Sampling*)

當食物樣品要分析時，通常切碎或浸軟，乾燥的樣品有時須磨成粉。濕的樣品例如動、植物組織通常切碎或浸軟。用磨刀壓榨時必須避免液汁的損失，或是液汁壓榨後再與固體混合。充分的混合是必要的，因各部分的組成稍有差異。液體和粉末物質比較容易轉移，常用攪拌使其混合均勻。但固體物質例如冰凍食物，必須先打碎後再經一般的處理—融化、混合等。但如大量時須以編號取樣。在同一批中的不同部位，取重要部位的樣品，然後小心混合。通常取四分之一使用。

食物中的水分 (*Moisture in Foods*)

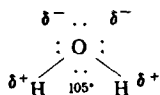
食物中大部分的成分是水。油類不含水，但結晶體亦有少量水分包圍於其表面。植物或動物纖維性的物質亦包含水分。綠色蔬菜中含 90 % 以上的水分，甚至烹調的肉類亦有 50~65 % 的水分被趕出。

在動、植物體中水為循環流體，細胞間及細胞內的流體有樹汁或血液、淋巴液，如動物被割傷則血液流出，植物莖被砍傷，液汁管中的流體噴出或慢慢之流出。細胞質含豐富的水分，在某些植物中含有特定貯藏液汁的細胞。水在食物中出現的形式有四①以自由態液體溶

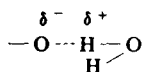
解物質或分散物質，②呈水合物，③水吸入於膠體中，④吸附於固體表面。第一型發現於細胞質、細胞間液及循環組織之液體。第二型為當水分子和離子或含氧、氮之分子或未共用電子對的氧配位於一離子上而形成氫鍵。食物中的澱粉、蛋白質和其他許多有機化合物與水形成水合物。吸收水分與水合物並無多大不同。某些物質遇到水時，吸收水並膨脹稱為吸收水分。這是產生氫鍵的結果。第四型水分附着於晶體表面，如暴露於空氣中，則有蒸氣產生，微細的固體粒子具極大的表面積，因此吸水力很強。

氫 鍵 (Hydrogen Bond)

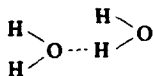
水分子藉氫鍵能自己結合。水分子具雙極性，氧略帶負電，氫略帶正電，在水分子中氫與氧以一對共價鍵結合，但其角度為 105° 。因此氧含有四個未共用電子，以致使氧稍具負電。氧將電子緊密地吸引，使其稍遠離質子，結果使氧具負電，氫具正電。



此氫鍵能形成微正電的氫接觸氧原子使其稍帶負電。氫原子的體積很小，因此很靠近這種原子而形成弱鍵。



純水中兩分子在某一溫度當氫接觸到帶負電的另一分子的氧時則二分子結合產生氫鍵。此二分子間鍵的強度比共價鍵小，但比固體、液體中結合分子的凡得瓦爾力大。

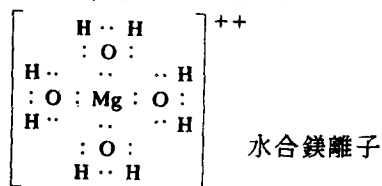


斷裂氫鍵須供給高熱能，因此水分子之分子量雖小却具高沸點。氫鍵不僅在水分子間形成，在水合物中亦可形成，由水及含有極性的氧化

物可形成氫鍵。例如甲醇或碳氫化合物中含有氫氧基將與水結合成氫鍵。事實上甲醇與甲醇間亦可形成氫鍵。在大複合分子中其盤捲及摺疊的水將滲透入分子內，形成水合物，然而氫鍵的形成會造成分子體積和形態的改變。

氮原子通常與另一個氮或氧原子形成氫鍵。氧、氮陰電性極強因此稍成負電性，可吸引分子中稍具正電性的氫，例如水分子的氫可與氮結合。蛋白質中的氮與氫氧基連接。但此種氫鍵比與氧連接者弱。因氮的陰電性小於氧，不能把氫連接較強。

水合物的形成為水與金屬離子形成複合物。氧原子的未共用電子充滿於離子周圍，並且水分子包圍於離子周圍。



鎂、鈉、鈣和其他元素的水合離子溶於水。氫離子的氫氧化稱為氫離子。

結合鍵水 (Bond Water)

早期發現細胞質內的水分被壓迫或加熱時會移動，但有些不會移動。*Gortner* 要探求為何松針在冬天不會被凍結。他發現冬天時針狀晶體聚集在一起而有小量的水分被擠出。然而夏天無此現象。

處理食物中的水分時發生的困難是有些水分以結合態出現而不易分離。最困難是不破壞樣品成分而把水分分離。

濕氣的測定 (Determination of Moisture)

有些食物的含水量很容易測定。將樣品秤種放於烘箱內加熱乾燥至恒重；前後重量差即為水分含量。樣品放在平底鋁盤其不與食物反應亦不會很快地吸收水分。烘箱的溫度約為 $100 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 。盤底放置薄層砂、浮石或石棉網以支持食物細粒加速其乾燥。

某些食物加熱至 100°C 就分解至某種程度。例如乳糖須在低溫乾燥箱，降低壓力使其失去水分，另一種對熱敏感的乾燥法是將食物放於硫酸乾燥皿中，乾燥至恒量。

含揮發性物質的食品須用另法乾燥。非失重法，因不易決定失重的成分為水亦為揮發物。用不互溶溶劑蒸餾可達此目的。將樣品放入燒瓶中，加溶劑連接迴流管，再接蒸餾收集管。如圖 1-1。

以適當的溶劑將樣品淹蓋，而此種溶劑必須與水不互溶，經過蒸餾後可分離成兩層液面。甲基苯為最常用者。而二甲苯和庚烷亦常被使用。燒瓶加熱後水和溶劑經過冷凝管冷卻收集於收集管中。較輕的溶劑充滿後又再流回燒瓶，但水被接收於接收管底部。而從接收瓶的刻度可讀出蒸出的水分含量值。

由於核磁共振的發展，可以快又簡單的方法來測定樣品中的水分含量，特別是固體樣品的微量水分，但儀器太貴。從儀器的操作中可讀出水分含量。核磁共振是依據原子核中的磁力效應。所有的原子核內的質子均帶正電，而這些質子呈不斷地逆轉及順轉。由於帶電物質的轉動於是產生磁場。而含偶數質子及中子的元素例如碳 ^{12}C 、氧 ^{16}O 、硫 ^{32}S 、沒有角度的運動或產生極小的磁場。如將轉動的原子核放在磁場中，則磁場使原子核產生轉距並使其重新排列。其吸收放射頻率的能量可由旋轉儀中表示。

能量的頻率依同位素之不同而有特別的吸收。當樣品放入線圈後通以放射頻率的電流則儀器的記錄可測出吸收能。此種線圈圍繞於一大永久磁鐵上，磁場的強度慢慢改變，當核磁共振同位素粒子通過時原子核吸收能量同時移動至磁能階。此種吸收能量的大小被記錄下來。圖 1-2, 1-3。

化合物的性質，粒子之物理狀況，都會影響線的寬度，及線的形狀。液體中分子運動很快，因此影響磁場，使隣近原子核呈平滑消逝。許多樣品中水是唯一可測出之液體。

圖 1-1, 1-2, 1-3

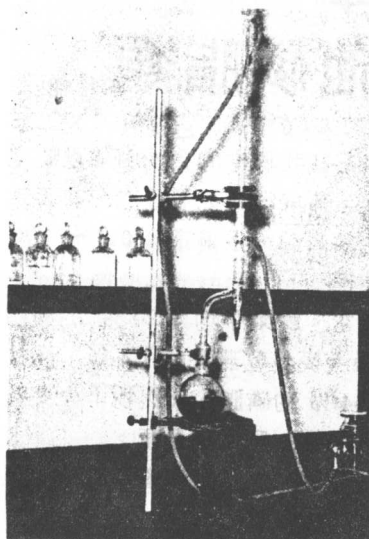


圖1. 食物中濕度的測定。不溶性液體甲苯與水在共沸點被蒸出後，水被收集於收集管的底部。

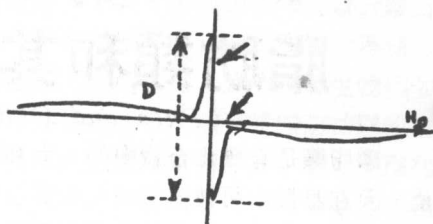


圖2. 含固體及水份的物質經核磁振動所顯示出之曲線。固體中所分佈的質子小於水中所含的質子量波峯到波峯放大。

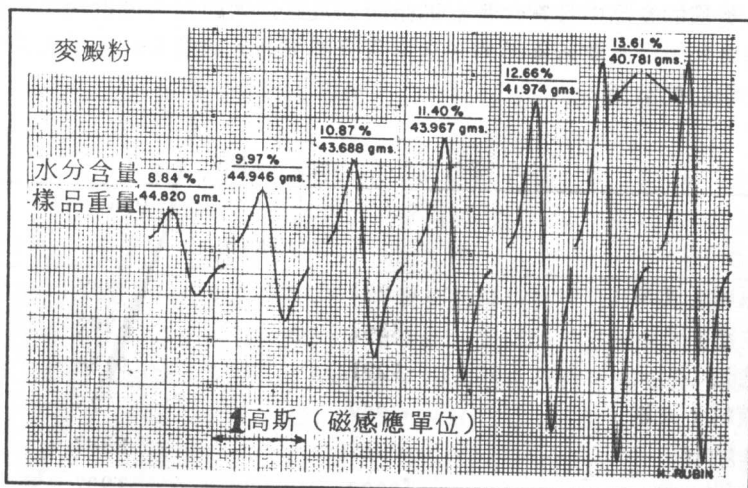


圖3. 麥澱粉中的濕氣曲線 (核磁振動)