

食品化學實驗

編著者：段 盛 秀
楊 海 明

藝軒圖書出版社印行

前 言

國內的食品工業起步很早，但近一、二十年來才稍微步上科學化的軌道，食品加工的原料與產品之營養成分分析與品質分析、檢驗也才稍微受到各食品工廠的重視。然而在目前食品科學、工程或加工的學術環境下，有關食品之檢驗、分析的中文書籍寥寥無幾，令從事此方面工作及學習者非常不便。筆者曾與許多食品工廠及涉及食品方面的試驗機構（例如：水產試驗所、農業試驗所……等等）之分析實驗研究部接觸過，深覺他們都盼望尋找一本較有系統而實際的食品化學實驗書，於是這本書的誕生開始孕育著。

筆者將數年來吸取的食品知識、從事食品方面實驗、分析與研究的經驗並收集參攷許多國外、國內發表並建立或已具權威性之食品分析方法配合所獲心得加以整理修飾，系統化地編著成書。

首先由食品五大基本成分（例如：水分、灰分……等等）分析作介紹，其次為食品特殊成分（例如：各種維他命、酵素……等等）分析及微量成分（例如：礦物質、添加物……等等），最後為一些特定食品在出口檢驗或判斷品質好壞所須作的幾項重要的檢驗及從事此方面工作者極為需要的資料。

盼此書之出版對學習食品、與食品有關之莘莘學子及各食品工廠之從業人員有所參攷與助益。本書如有疏漏及錯誤之處，還請食品界之先進不吝指教，是幸。

目 錄

	頁數
1 水分·····	1
常壓乾燥法·····	1
減壓乾燥法·····	2
硫酸法·····	3
蒸餾法·····	4
克氏 (Karl Fischer) 法·····	5
2 灰分·····	8
3 粗脂肪·····	10
粉末狀樣品·····	11
油分多的樣品·····	11
蛋白質和水分多的樣品·····	11
糖類多的樣品·····	12
穀類樣品·····	12
魚類或水產類樣品·····	14
魚粉樣品·····	15
奶粉樣品·····	17
4 粗蛋白質·····	20
半微量 Kjeldahl 法·····	21
微量 Kjeldahl 法·····	23
5 粗纖維·····	27
6 醣類·····	31
總糖定量——石碳酸 - 硫酸法·····	31
總糖及還原糖定量——Somogi 變法·····	32
還原糖定量——Bertrand 法·····	35

還原糖定量——Munson-Walker 法	38
澱粉定量	41
非還原糖定量——蔗糖定量法	44
糊精定量	45
玉米之澱粉定量——旋光法	46
7. 維生素	51
維生素 C	51
維生素 B ₁	56
Diaz 比色法	56
Thiochrome 螢光法	58
維生素 B ₂	62
菸鹼酸	65
穀類樣品定量法	66
非穀類樣品定量法	68
維生素 A	71
動物性食物定量法	72
添加維他命 A 之樣品定量法	75
β -胡蘿蔔素	76
A 法	77
B 法	79
C 法	81
8. 礦物質	84
鎂、鋅、鐵、鈣、鉀、鈉	85
磷	87
9. 可樂中之咖啡鹼	89
10. 酸度	93
11. 塩度	95
12. 鹼度	97

13. 胺基態氮	99
甲醛法	99
TNBS 比色法	101
CPS 比色法	102
14. 果汁之不溶性固形物	105
15. 檸檬酸	107
純度試驗	107
水分	108
砷	108
重金屬	108
草酸塩	109
易碳化物質	110
燃燒殘留物	111
16. 果汁中之纖維素膠	113
17. 牛奶中磷酸酶——透析法	115
18. 脂質	119
外觀檢察	119
折射率	120
比重	121
酸價	122
過氧化價	123
碘價	125
皂化價	127
不皂化物	128
19. 亞硝酸塩	131
20. 亞硫酸塩	135
21. 澱粉 α 值	139
22. 重金屬	142

銅及銻之定量	144
鉛及鎘之定量	146
鉻之定量	148
砷之微量定量法	149
23.汞	153
24.水質	157
酸度	160
鹼度	161
殘氯	161
總固形物	162
總硬度	162
鈣硬度	163
鎂硬度	164
硫酸根離子	164
鐵	165
25.化學需氧量	167
26.水活性	170
Conway's dish 法	171
Hygrometer 法	173
27.揮發性塩基態氮——微量擴散法	175
28.氧化三甲胺	178
微量擴散法	178
比色法	181
29.三甲基胺	183
特殊 TMA 電極法	184
比色法	186
30.吡啶	189
31.組織胺	192

螢光法	193
比色法	196
32.防腐劑	200
己二烯酸鉀	202
安息香酸	203
33.標準溶液之標定	206
34.實驗室的安全	209
各種設備及裝置	209
實驗技術及訓練	212
酸類	213
鹼類	215
有機溶劑	216
特殊化學危險劑	216
35.附錄	224
附一 化學元素週期表	224
附二 百分透光率・吸光度換算表	225
附三 重要指示劑之 pH 值變色域表	227
附四 不同濃度酸、鹼、酒精溶液之配製表	228
附五 乾燥劑之種類及性能表	230
附六 Bertrand 法糖類定量表	231
附七 Hammond 糖類換算表	233
附八 硫酸、塩酸、氨溶液、氫氧化鈉溶液之比重表	242
附九 緩衝液的組成與 pH 值	244

水分

基本概念

天然動植物性食物中之水分以兩種形態存在。一種為游離水，即流動的水分和附著在食物表面的水分；一種為結合水，即與組織成分（如蛋白質）相結合的水分。游離態的水容易分離，結合態的水比較堅固不易分離，如果長時間加熱乾燥反傷及食物本質，影響測定結果。但兩種水分在檢驗上無法作明顯的劃分。一般採用一定的方法，規定溫度、時間及操作手續等，嚴格遵守，以便比較。

測定方法

1 常壓乾燥法

適用範圍

穀類、豆、糕餅、肉、蔬菜、果實、牛乳、糖漿、煉乳、飴糖等。

設 備

- (1)烘箱——附有自動溫度調節器，測定肉類樣品時，需附有空氣對流設備。
- (2)稱量瓶——有蓋，為玻璃製、磁製或金屬製品。
- (3)乾燥器 (Desicator) ——以矽膠為乾燥劑。

實驗步驟

精稱適量樣品，置於預先洗淨，於 105 ℃ 加熱乾燥至恒量，並冷卻稱量過之稱量瓶中，放入烘箱中，依表一之處理條件加熱乾燥適當時間後，取出置於乾燥器中冷卻，約30分鐘後取出稱量之。再予加熱乾燥 1 ～ 2 小時後冷卻稱

量，如此反覆操作，直至恒量為止，則

$$\text{水分}\% = \frac{\text{加熱減量(g)}}{\text{樣品重(g)}} \times 100$$

粘稠狀食品，宜加入 20 mesh 之精製海砂 20 g，以玻棒攪均勻後，連玻棒一起依上步驟之方法測定。

表一、各種食品水分含量測定之加熱條件

食 品 種 類	樣品重量(g)	加熱溫度(℃)	加熱時間(hr)
動物性食品或蛋白質含量高之食品	2	100 ± 2	16 ~ 18
糖類或糖份含量高之食品	5	105 ± 5	3
植 物 性 食 品	5 ~ 10	102 ± 2	3 ~ 5
穀 類	2	130 ± 3	1 ~ 2

樣品含糖量在 10 % 以下，以本法測定，如含糖量高於 10 % 應改用減壓乾燥法測定之。

2 減壓乾燥法

適用範圍

煉乳、芒果乾等等糖含量超過10%以上之樣品必須用此法乾燥。目前本法已成為各種食品中水分定量的標準方法。

設 備

- (1)真空乾燥箱——可保持壓力 100 mmHg 以下之真空度，並可以自動調節溫度者。
- (2)稱量瓶——玻璃、磁製或金屬製。
- (3)乾燥器。

實驗步驟

精稱適量樣品於洗淨預先加熱至恒量，並冷卻稱重過之稱量瓶中，放入真空乾燥箱中，依表二之處理條件乾燥適量時間，乾燥時並導入乾燥空氣流（先經無水硫酸鈣、無水磷酸或硫酸等強力乾燥劑處理過），以去除水蒸氣；將箱內壓力恢復至常壓後，取出稱量瓶置於乾燥器中冷卻至室溫後稱量之。再將樣品減壓乾燥 1 小時後冷卻稱量，如此反覆操作，直至恒量，依 1 法計算水分含量。

表二 各種食品以減壓乾燥法測定水分含量時之處理條件

食 品 種 類	樣 品 重 量 (g)	溫 度 (°C)	真 空 度 (mmHg)	處 理 時 間 (hr)
動物性食品、高蛋白質 食品、茶葉、核果類	2	95 ~ 100	≤ 100	5
穀類、麵粉、麵 條 類	2	98 ~ 100	≤ 25	5
糖類及含糖量高之食品	2 ~ 5	≤ 70 (60° 為最適當)	≤ 50	2
乾 果 類	5 ~ 10	70	≤ 100	6

注意事項

- (1) 兩次恒量間之誤差不得超過 0.2 mg，如果為油脂樣品則不得超過 3 mg，含糖量高的樣品則不得超過 2 mg。

3. 硫酸法

適用範圍

含揮發性物之樣品。此法較費時，然結果正確，適於精密定量。

試 藥

濃 H_2SO_4 。

實驗步驟

含揮發性物之檢體應於室溫置硫酸上在真空中乾燥至恒量。

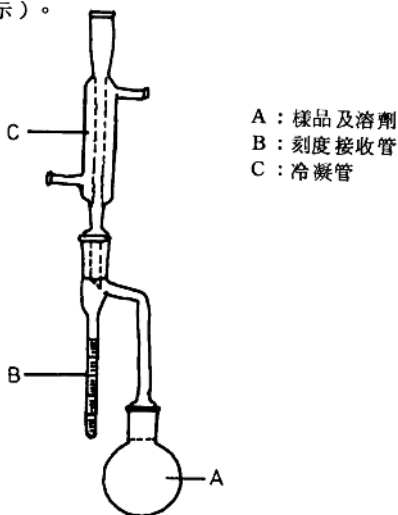
4. 蒸餾法

適用範圍

穀類、蔬菜、香辛料、油、人造奶油等食物。費時約40分鐘。尤其適於固形樣品中含微量水分時測定之用。

設 備

蒸餾式水分定量裝置（如圖所示）。



試 藥

- (1) 甲苯——沸點 111 °C，比重 0.867。
- (2) 二甲苯——沸點 139 °C，比重 0.862。

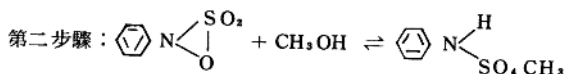
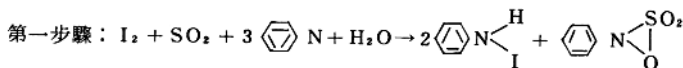
實驗步驟

- (1) 正確地取相當於水分量 2 ~ 5 ml 的樣品，置於蒸餾式水分定量裝置的 A 瓶中，加甲苯（或二甲苯）70 ~ 80 ml（務必充分蓋滿樣品）。
- (2) 從冷卻管 C 管的上方注入甲苯至刻度管 B 管，注滿甲苯後，開始加熱蒸餾。
。
- (3) 最初緩慢加熱，蒸餾速度以每秒 2 ~ 3 滴為宜，待大部分的水分蒸餾出後逐漸強熱蒸餾，以每秒餾出 4 滴的速度為宜。
- (4) 當冷凝管內的蒸出液變為澄清時，即表示可停止蒸餾。
- (5) 從冷卻管的上方以甲苯洗滌冷卻管內部所附著的水分。
- (6) 以浸過甲苯的玻棒將 B 管內部附於管壁的水分搖移至刻度 B 管的底部，並注入甲苯洗滌。
- (7) 待水分測定管的溫度降至室溫後，由刻度管 B 讀出分離出之水分的體積（V ml），則

$$\text{水分}\% = \frac{V \text{ ml}}{\text{樣品重 (g)}} \times 100$$

5 克氏 (Karl Fischer) 法

本法原理為以 Karl Fischer 試藥（即碘、無水亞硫酸、吡啶及甲醇混合液）之深紅褐色液體與水之間的特異反應（遇水呈黃色）來定量水分含量。其反應式如下：



適用範圍

一般之藥品，部分食品。

器 材

- (1)自動滴定管
- (2)支架、夾子
- (3)滴定容器
- (4)磁攪拌器
- (5)電氣滴定指示器
- (6)變壓器

試 藥

Karl Fisher 溶液——269 ml 吡啶、667 ml 甲醇、84.7 g 碘混合溶解此混合液一面冷卻一面加液狀 64 g 的 1M 無水亞硫酸（注意加以上藥品時不要使之發熱，各試藥必須使用精製乾燥品）。

實驗步驟

- (1)預先檢定 1 ml Karl Fisher 溶液與多少重量的水反應。
- (2)取一定量的樣品對可被 Karl Fisher 溶液溶解的樣品可直接以 Karl Fisher 溶液滴定；不可被 Karl Fisher 溶液溶解的樣品，則加無水酒精充分浸出水分，使它移入液層再滴定。
- (3)滴定至紅褐色不消失為止。

計 算

$$\text{水分}\% = \frac{\text{Karl Fisher 溶液消耗} ml \times \text{水當量}(g)}{\text{樣 品 重}(g)} \times 100$$

注意事項

- (1)因Karl Fisher 溶液所用之試藥有吸濕性，每次使用時必須檢定其力價。
- (2)Karl Fisher 溶液和水完全反應需時數秒至十數秒，因此滴定至接近終點時速度必須減慢，以免超過正確滴定值。

參考文獻

經濟部中央標準局，中國國家標準。

William Horwitz, 1980. A.O.A.C. 。

灰分

基本概念

食品的灰分相當於營養素的無機質，在食品分析時，食品經燃燒灰化後的殘灰稱灰分。但是食品在燃燒灰化時，除了原來存在的無機鹽以外，有機物的燃燒氧化所生成的碳酸鹽也存在，所以嚴格來講，應該稱為粗灰分。

適用範圍

一般食品皆可。

器材與設備

- (1)坩堝
- (2)電爐
- (3)紅外線燈、烘箱
- (4)灰化爐

實驗步驟

1 樣品之前處理

- (1)須預先乾燥之樣品——水分含量高的動植物性食品，必須在烘箱內充分乾燥之；液狀食品及飲料須在蒸氣浴上蒸乾之。
- (2)須燃燒之樣品——油脂類先用弱火加熱除去水分，再點火燃燒至火焰小後，加蓋熄火。
- (3)不須前處理之樣品——穀類、豆類及不屬於上述二項之樣品，只須打碎即可。

2 測定方法

- (1)糖類及含糖量高之食品、肉品、水產物等高蛋白食品及其加工品，蔬果類

及其加工品，茶葉、咖啡等，精稱 5～10g 樣品，置於灰化容器中，在 100℃烘箱中加熱至乾燥，加數滴純橄欖油，然後在火焰上加熱或以紅外線燈加熱至樣品不再膨脹，然後移置於 525℃之灰化爐中灼燒至完全灰化（沒有黑色碳粒存在時）為止，取出冷卻後，以蒸餾水潤濕殘留物在 100℃下，烘乾後再置於 525℃灰化爐中灰化至恒重為止。灰化完畢後，放冷至溫度降至 200℃時，取出置於乾燥器中冷卻至室溫後迅速取出稱量之。依下式計算其灰分含量。

$$\text{灰分}(\%) = \frac{W_1 - W_0}{S} \times 100$$

式中， W_0 = 灰化容器之重量（g）

W_1 = 灰化後之灰分 + 灰化容器重（g）

S = 樣品重（g）

(2)穀類、麵包及烘焙食品：精稱 3～5 g 樣品，在 550℃灰化爐中灰化至恒重，置於乾燥器中冷卻至室溫後立即稱量。

(3)乳品：精稱 5 g 樣品，蒸乾後在 ≤ 550℃之灰化爐中灰化至恒重。

(4)可可豆及其加工品：精稱 2～5 g 樣品，先以紅外線燈加熱碳化或直接在 600℃下灼燒碳化之；碳化後再於 600℃下灼燒 2 小時，取出冷卻後以酒精潤濕之，然後再於 600℃下灰化至恒重。

注意事項

坩堝之處理：將坩堝浸泡於足量之 10%稀鹽酸溶液，加熱煮 2 小時後以蒸餾水洗淨，乾燥；再將灰化容器放入灰化爐中，以 600℃以上的溫度強熱 4 小時在灰化爐中稍放冷後，移至乾燥器中放冷至室溫，迅速稱量之。再放入灰化爐灼燒 2 小時，稱量，一直到恒重為止。每次使用前需依前述稀酸煮沸的方法，加熱 2 小時後水洗，乾燥至恒重後使用。

參考文獻

經濟部中央標準局。中國國家標準。

粗脂肪

基本概念

所謂粗脂肪即樣品（一般為食品）經乙醚萃取所得之物。脂肪是一群不溶於水而溶於乙醚或苯等有機溶劑的化合物。定量脂肪時，使用乙醚從試料溶出脂質後，蒸發除去乙醚，稱重殘留物即可。

乙醚萃取物中除含有純粹的脂肪以外尚含有如：葉綠素、類胡蘿蔔素等色素、有機酸、游離脂肪酸、植物鹼、膽固醇、揮發油、卵磷脂、樹脂、脂溶性維生素等，故乙醚萃取物只能稱粗脂肪。

適用範圍

穀類、種子類、豆類、胡麻、菜子、味噌、肉類、卵類、糖菓、果醬等。

器材與設備

- (1) Soxhlet 萃取器。
- (2) 圓筒濾紙，脫脂棉。
- (3) 電氣恒溫水槽。
- (4) 乾燥器。

試 藥

- (1) 無水乙醚。
- (2) 無水 Na_2SO_4 。
- (3) CuSO_4 溶液—— $69.3\text{g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 加水至 1 l 。
- (4) NaOH 溶液—— 10.2 g NaOH 加水至 1 l 。

裝 置

~ 10 ~