

Food : the Chemistry of its Components

食品化學

解析食物中所有主要與微量的成份

Food: the Chemistry of its Components

原書 / T. P. Coultate

編譯 / 王增興 台大農化博士

RS•C
ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY



合記圖書出版社 發行

Food : the Chemistry of its Components

食品化學

解析食物中所有主要與微量的成份

Food: the Chemistry of its Components

原著 / T. P. Coultate

編譯 / 王增興 台大農化博士

RS•C
ROYAL SOCIETY OF CHEMISTRY



合記圖書出版社 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

食品化學：解析食物中所有主要與微量的成份

/ T. P. Coultate 原著；王增興編譯. -- 初版. --

臺北市：合記, 2005[民 94]

面；公分

參考書目:面 含索引

譯自：Food : the Chemistry of its Components

ISBN 986-126-210-5(平裝)

1. 食品科學

463

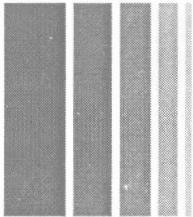
94004869

書名 食品化學－解析食物中所有主要與微量的成份
編譯 王增興
執行編輯 林麗淑
編輯 金明芬
發行人 吳富章
發行所 合記圖書出版社
登記證 局版臺業字第 0698 號
社址 台北市內湖區(114)安康路 322-2 號
電話 (02)27940168
傳真 (02)27924702
網址 www.hochi.com.tw

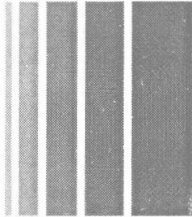
總經理 合記書局
北醫店 臺北市信義區(110)吳興街 249 號
電話 (02)27239404
臺大店 臺北市中正區(100)羅斯福路四段 12 巷 7 號
電話 (02)23651544 (02)23671444
榮總店 臺北市北投區(112)石牌路二段 120 號
電話 (02)28265375
臺中店 臺中市北區(404)育德路 24 號
電話 (04)22030795 (04)22032317
高雄店 高雄市三民區(807)北平一街 1 號
電話 (07)3226177
花蓮店 花蓮市(970)中山路 632 號
電話 (03)8463459

郵政劃撥 帳號 19197512 戶名 合記書局有限公司

西元 2005 年 4 月 10 日 初版一刷



謝 詞



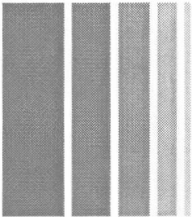
在準備這本書的第四版本時，剛好是我從專職的教學工作退休，這讓我得到雙重的好處，一方面我能夠有更多時間埋首於更新版本、重繪圖表以及加入新資料的工作，另一方面我仍然可以繼續使用「南灣大學」圖書館和其他設施，更可貴的是我以前同事持續不變的鼓勵和支持，使得本書如同前幾版本一樣專業，並提供嚴格但絕對必要的審查。本書的特別貢獻來自「南灣大學」教授 Martin Chaplin, Jill Davies, Sibel Roller 和 Mike Hill, 「瑞丁大學」Jenny Ames 博士提供珍貴的「梅納反應，非酵素性醅化作用」(Maillard reaction) 的資料，來自「肥鴨」餐廳的老闆 Heston Blumenthal 提供無價的有關「科學能讓烹飪更好」的觀點，感謝他們的貢獻，當然，最後呈現在讀者面前的這本書所有觀點和文責在我不在他們身上。

也要感謝皇家化學學會永不間斷的支持，在劍橋的 Janet Freshwater、Alan Cubitt 和團隊其他成員以及文字編輯 John Rhodes 總是為我做的極好的編輯。

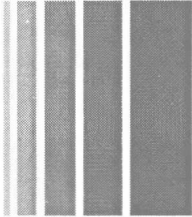
我內人 Ann 一直熱心的支持我，我兩個兒子也無償協助我的文字處理工作。

在此適當的時機我想提一下我的母親，Olive。她去年過世，享年九十，正值我開始撰寫本書的時候。在她的一生，食物是她主要的興趣，不斷地尋找最好的烹調原料，做出最好的食物給她的家人享用。雖然並非科學家，還是被食物的「為何」和「如何」所吸引，而且從不脫離她的母親的哲學，「豐富的好食物從沒殺過任何人」。我認為我之所以研究食品化學是在潛意識中受到她的影響。而我父親 Sidney 仍然繼續以他的價值觀影響我寫作的方式。

Tom Coultate



譯者簡介



王增興 民國 53 年 9 月 8 日生

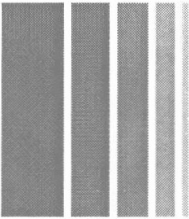
◆學歷：台大農業化學研究所博士

◆經歷：

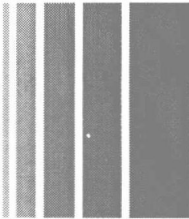
1. 台大農化所博士後研究
2. 中研院生醫所博士後研究
3. 美國麻州大學醫學中心教育部公費博士後研究
4. 台灣警察專科學校兼任副教授
5. 臺灣菸酒股份有限公司酒研究所約聘副研究員

◆著作：

1. (2002)，紅麴－血管的清道夫，青春出版社
2. (2003)，大豆異黃酮素，青春出版社
3. (2003)，神奇的奈米，青春出版社
4. (2004)，香草花園：藥用植物的栽種及使用，合記圖書出版社（與王純婷合譯）



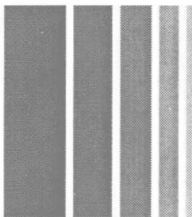
譯者序



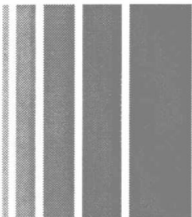
本書作者以食品化學家的觀點，詳盡地說明各種食物的組成份，不管是醣類、脂質或是蛋白質，還是色素、香料、維生素、礦物質、水等，讀起來好像作者就在對面與你討論化學一般，書中所有的化學知識不僅可以作為優秀的食品化學教科書，也能作為有機化學、生物化學和營養學等學科的課外讀物，是值得常常翻閱的好書。

由於作者是以有點非正式且口語化的英文撰寫，在本書翻譯工作中發覺，有時會有因文化差異而無法體會的文字奇妙之處，此外，有一些術語或用詞也很難決定合適的譯詞，所以，有許多詞句雖然勉強予以翻譯，恐有不少翻譯不妥或甚至不對之處；至於一些專有名詞，也因找不到常用譯詞，譯者決定仍保留其原文，此點尚請讀者見諒。關於本譯文，敬請各位讀者不吝指正，以便將來有機會加以修改。

本書翻譯工作是在譯者新婚之後展開，每日有愛妻陪伴身旁幫忙打字，如今回想起來真是愉快的經驗，希望讀者翻看此書時，也能分享些許我們的快樂。感謝合記圖書出版社提供譯者這個機會，讓譯者有幸重溫舊日學生時光，當時一字一句慢慢啃讀原文書的情景，歷歷在目，希望此譯本的誕生，能對需要接觸原文書籍的讀者有所助益。



目 錄



● 第一章	簡介	1
	有關濃度的簡要說明	4
	延伸閱讀	5
● 第二章	糖類	7
	單醣	7
	寡醣	19
	固態的糖	26
	溶液中的糖	27
	分解	30
	延伸閱讀	39
● 第三章	多醣類	41
	澱粉	43
	果膠	52
	海藻多醣	57
	纖維素、半纖維素、纖維	61
	樹脂	68
	延伸閱讀	71
● 第四章	脂質	73
	脂肪酸－結構與分布	74
	共軛亞麻油酸	80
	必需脂肪酸	81

脂肪酸與冠狀動脈性心臟病	85
不飽和脂肪酸的反應	86
氫化作用、人造奶油和反式脂肪酸	86
酸敗	90
抗氧化劑	98
三酸甘油酯	101
熔化和結晶	104
可可脂和巧克力	109
內酯化	110
極性脂質	112
牛奶脂肪、乳脂和奶油	119
植物性類固醇	122
延伸閱讀	124

● 第五章	蛋白質	126
	胺基酸	128
	蛋白質結構	129
	必需胺基酸和蛋白質品質	134
	分析法	139
	食物的蛋白質系統	141
	牛奶	141
	乳酪	146
	蛋	148
	肉類	150
	麵包	162
	延伸閱讀	173

● 第六章	色素	175
	葉綠素	175
	胡蘿蔔素	178
	花青素	186
	甜菜紫紅色素	191
	黑色素	193

茶	195
鬱金和胭脂蟲素	201
人造食物著色劑	203
色素的分子層次	209
色素計量	213
延伸閱讀	217

● 第七章 風味219

嚐味	221
甜味	222
苦味	231
鹹味	234
酸味	235
澀味	236
辣味	237
肉味	242
聞味	244
肉香	245
果香	248
蔬菜	252
香草和香辛料	255
合成香料	257
難聞氣味和腐敗味	259
延伸閱讀	260

● 第八章 維生素261

硫胺（維生素 B ₁ ，硫胺素）	264
核黃素（維生素 B ₂ ）	268
吡哆醇（維生素 B ₆ ，吡哆醇）	271
菸鹼酸（菸鹼酸和菸醯胺）	272
鈷胺（氰鈷胺，維生素 B ₁₂ ）	275
葉酸	277
生物素和泛酸	279

抗壞血酸（維生素 C）	281
視網醇（維生素 A）	289
膽鈣化醇（維生素 D，鈣化醇）	293
維生素 E（生育醇）	296
維生素 K（葉綠醌，甲萘醌）	299
非維生素	301
延伸閱讀	303

● 第九章 防腐劑 304

食鹽	306
亞硝酸鹽	307
煙	310
二氧化硫	312
苯甲酸鹽	314
其他有機酸	315
乳酸鏈球菌素和鏈黴菌素	316
食品級輻射	318
延伸閱讀	323

● 第十章 不受歡迎的物質 325

植物性食物的內生毒素	326
動物性食物的內生毒素	335
黴菌毒素	338
細菌毒素	343
過敏源	346
所有農耕殘留物	349
有毒金屬殘留物	357
鉛	358
汞	361
砷	362
鎘	363
錫和鋁	365
食品加熱過程產生之毒素	366

包裝容器殘留	367
環境污染物	369
延伸閱讀	372
● 第十一章 礦物質	374
大量元素	375
鈉	375
鉀	376
鎂	376
鈣	377
磷	378
微量元素	380
鐵	380
銅	383
鋅	384
硒	384
碘	385
其他微量元素	387
延伸閱讀	387
● 第十二章 水	389
水的構造	389
水和食物組成份的交互作用	395
水和食物原料的交互作用	399
水的結合	401
水的定量	404
延伸閱讀	407
● 附錄一 營養需求與膳食來源	409
延伸閱讀	412
● 附錄二 延伸閱讀一般性文章	415
● 主題索引	419

Chapter 1 簡介 (Introduction)

對十八和十九世紀的化學家而言，了解食物的化學性質是主要的研究課題。他們理解到這種知識，建立膳食標準，對於增進健康與富裕生活是必要的。以化學名詞描述在食物中的營養份時，不可避免地要提到含量高的組成份：碳水化合物、脂肪和蛋白質。然而也普遍被認知到很多食物、飲料、特價銷售給大眾時，很容易被摻假，因此那時候的化學家就常被歸疚責備如以下的報導：

在倫敦這個城市，有一群在地下洞穴裡工作的化學操作者…他們可以從黑刺李擠出波爾多葡萄酒，從蘋果抽取香檳。

The Tattler, 1710

但是，在十九世紀中葉，化學家則是徹底地參與揭發瀆職的食物供應商。化學家協助糖果點心製造商偵測危險染料，在牛奶、啤酒、葡萄酒和烈酒中額外摻水，以及其他許多意外的食品添加物。發展化學分析法主要的動機是財務的考量，英國政府的運作有一大部分來自於酒和茶的稅收，而有一大群化學家受聘僱以保護此財源收益。

隨著生理學家和醫生開始發現食品化學知識的相關性時，可靠的分析技術的需求逐漸增加，二十世紀的實驗室技術足夠用以研究維生素、其他微量成份、天然和人工色素與香味料。

傳統的「液相化學」(wet chemistry) 技術直到 1960 年代氣相色層分析儀普及後才被取代，從此，應用的儀器分析越來越複雜。現代定量分析



已經相當敏感，許多食品組成份少至百萬分數（ppm）或是十億分數（ppb）都可以偵測，例如在偵測極限範圍內吾人可以偵測是否有農藥殘留，環境毒素或其他等等，此類方法確實有生物學和健康的重要性。不過對於在 1960 年代的老一輩食品化學家（如作者等）而言，有些近似值分析方法*仍然繼續使用是頗感安慰的一件事，即使是使用自動化器具，而非依靠吹玻璃工人的製作技藝。

到了第二次世界大戰，似乎有很多營養學家、農學家和其他學者問過食品化學家的問題已經獲得解答，當然例如「這個物質是什麼？含量有多少？」之類的問題，其解答出現差異是必然的，不過，如同本書所陳述的，在過去數十年已經出現新的問題，但是答案仍然在等待中。

除了解答「不喜歡成分為何？」的問題外，天然的和人造食品化學家還需要解釋食品組成份在食物中的「行為表現」，當食品被加工、儲存、烹飪、咀嚼、消化和吸收時，分別發生了哪些事情？許多此類問題的刺激來自於食品製造業。舉例而言：雖然糕餅點心的澱粉可以提供部分的能量，不過更重要的是何種澱粉型態可以提供剛剛好的黏稠度？不同型態的澱粉在分子層次的差異為何？更要緊的是這個糕點必須有長的保存期限，並且與昂貴餐廳所提供的一樣精緻。

最近幾年，這些顯然由食品供應的觀點來看是相當表面性的事情已經開始變得具有更廣的重要性，現在，營養學家、生理學家以及其他相關科學家已經發覺到對於食品產業而言，光是正確的營養成份比例是不足的，食品除了滿足營養需求還必須可接受，外表和味道必須是第一眼看起來是「對的」，嚐起來也是「對的」。

因此，近年來我們逐漸察覺到兩個新觀念。當我們有些人變得更富裕時，購買食物不再受限於收入，而且還有「營養過量」（overnutrition）的問題，我們的父母親會被其小孩遵從飲食學的建議，從薄片火腿中去除含有過量卡路里的脂肪而驚嚇到，食品學家開始被要求設計含有最少量油脂

*總脂肪、蛋白質、碳水化合物、灰份（如金屬等）和水份的定量。

的奶油替代物，此外，與這個話題息息相關的則是大眾極度關切我們食品中化學物質的含量。遺憾地，一般大眾對於「化學命名」仍然缺乏正確評價，似乎沒有人會在熟食店購買涼拌捲心菜，如果該商品標示列出其活性添加物是：

乙酸 (ethanoic acid)

蔗糖 (α -D-glucopyranosyl- (1,2) - β -D-fructofuranose)

對羥基苯和引哚甲基配糖體 (*p*-hydroxybenzyl and indoylmethyl glucosinolates)

丙烯基和其他烴基亞砷基丙胺酸 (*S*-propenyl and other *S*-alkyl cysteine sulfoxides *)

胡蘿蔔素 (β -carotene)

卵磷脂 (phosphatidylcholine)

(本表與涼拌捲心菜食譜的關係將於後面章節敘述)

食物中是否含有化學物質的議題與追求「自然」才能保證「健康」的觀念緊密有關。由於人類所吃的食物因所居住的地球極度多樣化，所以無法定義何謂「理想」飲食。雖然飲食相關的疾病（包括飢餓）是主要的死亡原因，但是即使選擇飲食可以影響一時的飲食習慣也不會影響（飲食相關）疾病發生的必然性。唯有化學家與營養學家、醫生、流行病學家和其他科學家共同進行研究，才能了解我們吃進去的是什麼以及對我們有何作用，畢竟，人類之所以成功的生存於地球上，至少某種程度上是歸因於我們有特別的能力，可以適應當前環境調整飲食習慣，不管環境是屬於北極荒野地帶，熱帶雨林，或是漢堡入侵的貧民區，人類都能生存下去。

本書開始於介紹我們飲食的化學，前幾章（2 至 5）涵蓋所有食物的「主要組成份」，該類成分明顯地與其化學性質有關，因為其化學性質為影響該食品物理性質的主要因素。如果要了解膠體食物的特性我們就需要深入了解多醣體的化學性質，相似地，如果不研究三酸甘油酯的結晶學，我們將無法了解椰子奶油對巧克力的獨特性。

*本書以 f 取代 ph 是根據國際純化學與應用化學組織的規定，而非韋氏字典的影響。



接下來的七個章節我們討論食物中的組成份如何共同影響其食物本質的改變，如色素、維生素等等，而不是以化學分類的方式廣泛的介紹，雖然這意謂著較少的篇幅提及個別組成的化學性質，但是化學家在此的貢獻是讓我們了解食物中的組成份如何共同影響食物的味道、外觀和營養價值。科學並不如我們希望地如此嚴謹，某些食物組成份未必歸類於它們真正應該屬於的章節，例如第六章提到的類黃酮未必會與食物的顏色有關，但是以化學結構而言，則與同屬類黃酮的花青素相關，所以在第六章會一起提及。最後一章專章討論「水」，很明顯地，水是最簡單的食物組成份，當然也是最豐富的組成份，卻是最少被了解的組成份之一。「水」一般常被建議放在前面的章節，但是因為擔心讀者可能會對水化學生畏，以致於阻礙其讀下去的意願，所以本書將其放在最後一章討論。

本書不是營養學的教科書，因為作者不具營養學家的資格，然而即使本書著重在化學的探討，也不會忽視營養學的課題，所以兩者的相關性將會提及。營養科系的學生對於營養學主角的化學要素應該會得到深刻的理解，也希望對於宣傳我們的飲食中應該減少這個或是那個的健康權威專家，對其到底要求的是什麼有較好的正確評價。

食品化學家不應該忽略他們研究的主題，儘管迷人，也是屬於應用科學的這個事實，所有有關的主題都是有關我們吃進去的（食物），不只是提供有益身體的營養，也包含感官的愉悅與滿足。甚至枯燥乏味的老科學家也讚美廚師對於菜餚維生素含量的注重，是材料的質感和香味以及所有餐桌上（調味料等）的公司獲得每一次的勝利。

◆ 濃度表示法簡要說明 (A Brief Note on Concentrations)

本書根據內容，以許多濃度表示法來表示化學組成分，讀者可以在本章節獲得一些幫助。

- (a) 濃度不管是何種表示法，均是表示含量而非增加量。例如食品中

每 100 克有 5 克 X 是指每 100 克食品中有 95 克不是 X。

- (b) 「p.p.m.」之簡稱意指百萬分數，如百萬克中含有克數，或是更常用的每公斤中含有毫克（mg）數；「p.p.b.」之簡稱意指十億分數，等於每公斤含有 μg 數。
- (c) 通常以 100 克（或 100 立方公分）代表簡單的百分比，並依需要加入 w/w，v/v，w/v 等表示重量比或是體積比或是兩者。例如：5%w/v 表示 100 立方公分體積的液體中含有 5 克固體（不管是懸浮或是溶解狀態），注意毫升（ml）或是升（l）已經不再認為是可接受的。雖然 100 立方公分已經廣泛地取代毫升，但是立方分米（ dm^3 ）除了在教學實驗室嚴格要求遵守規則下使用外，尚未完全取代升。
- (d) 大部分時候都是使用數學符號的「-1 次方」表示「每一」比較簡單。

$$X^{-1} = 1/X$$

如以 $5\mu\text{g kg}^{-1}$ 表示比每公斤 $5\mu\text{g}$ 的寫法更常用，又如以簡要但嚴謹的數學表示法用來表示毒性物質攝入速率，並連結攝食的實驗動物大小時，則 5 毫克每天每公斤體重可簡寫成

$$5\text{mgday}^{-1}\text{kg}^{-1}$$

含量每立方公分 10 毫克，可寫成 10mgcm^{-3} 。

◆ 延伸閱讀 (FURTHER READING)

許多讀者，特別是高階學生，將會想要獲得除了本書所提供之外更多有關特殊主題的內容，每章後面的延伸閱讀即是配合此項需求，並且提供獲得原始文獻（研究報告）的途徑，綜合討論的期刊「食品科學和技術的趨勢」則可提供最新的資訊，亦曾是作者撰寫本書時的參考資料。



如今學生已經能夠容易地進入電腦資料庫，有可下載的期刊等，那是當時我們那個時代僅能翻閱裝訂好的「化學文獻摘要」所無法想像的。

網路可以提供豐富資訊，但是使用時必須非常小心，「盡信書不如無書」的原則也可用於網路資訊的使用。例如：以關鍵詞「膽鹼」和「維生素」搜尋網路，即可找到官方說辭：「膽鹼不是維生素」（詳見第八章），也可以找到數不清的商用網站有著相反的陳述，為了「膽鹼」的促銷而將其列為「（維生素）補充品」，畢竟此種誘惑中包含關係重大且權威式的說辭是被禁止的，相較於紙本教科書，網路資訊是短暫的，無法總是如紙本教科書一般始終可找得到。