

BOOK
FUH-WEN
大學必修及考試用書

食品化學

鄭清和 編著

FOOD CHEMISTRY

BOOK
FUH-WEN
大學必修及考試用書

食品化學

鄭清和 編著

FOOD CHEMISTRY

NEW EDITION
COOKS CO. LTD.

國家圖書館出版品預行編目資料

食品化學 / 鄭清和 著. --初版.--

臺南市：復文圖書，2012.07

面；公分

ISBN 978-986-5928-02-5 (平裝)

1.食品科學 2.食品加工

463

101013501

食品化學

作者：鄭清和

版權所有・翻印必究

發行人：吳 佳 勳

出版社：復文圖書有限公司

住 址：台南市東區林森路二段63號2樓

電子郵件：fuhwen.book@msa.hinet.net

sales@fwbook.com.tw

網 址：www.fwbook.com.tw

電 話：(06)3132755・3135219・2386935

傳 真：(06)3134544・2386937

劃撥帳號：31561190 戶名：復文圖書有限公司

出版日期：二〇一二年七月初版發行

香港地區經銷處：

精美圖書有限公司

香港柴灣永泰道50號港利中心802室

電話：2964-0238 傳真：2549-7223

定價：350 元

La992

專門職業及技術人員高等考試食品技師考試各應試專業科目命題大綱 (97.12.)

專業科目數		共計 6 科目
業務範圍及核心能力		從事食品之規劃、設計、研究、開發、改良、分析、鑑定、試驗、檢驗、製造、品管、衛生管理及監製等業務。
編號	科目名稱	命題大綱內容
一	食品化學	一般及各類食品的化學、營養之組成與特性 一、總論（含水分、蛋白質、醣類、脂肪、酵素、色素、添加物、維生素、礦物質、風味、組織等） 二、各論（含農、畜、水產等各種食品）
二	食品分析與檢驗	一、一般成分分析（醣類、蛋白質、油脂、水分、灰分等） 二、食品特定成分分析（維生素、礦物質及膳食纖維、常見重金屬、微生物毒素、毒物，食品添加物等） 三、食品分析儀器原理、方法及應用（光譜、層析、物性及色差分析等） 四、食品樣品之採樣、製備及結果資料分析
三	食品微生物學	一、主要食品微生物種類，來源及與食品之關係 二、影響微生物在食品中生長之內外在因素 三、食品微生物之檢測（計數及鑑定方法等） 四、發酵食品及發酵原理及食品腐壞 五、指標微生物及生物技術在食品微生物學之應用
四	食品加工學	一、總論 （一）食品加工學原理、方法（含原料處理、保鮮技術、包裝、貯存等） （二）食品工程學原理、方法（含熱傳導、質能平衡、質量傳導與流變學） 二、各論 （一）食品加工學（含農、畜、水產品及新興加工食品技術等） （二）食品工程學（含農、畜、水產品及新興加工食品技術等）
五	食品衛生安全與法規	一、食物中毒原因及分類 二、食品衛生與安全之微生物來源危害因數（細菌、真菌、原生動物、病毒等） 三、食品衛生與安全之化學性來源危害因數（天然毒素、食品添加物、農藥及重金屬之環境汙染、包裝材料等） 四、食品添加物及基因改造安全評估 五、食品衛生安全法規（含食品衛生管理法及其施行細則）及專業倫理
六	食品工廠管理	一、食品工廠之生產規劃與作業管理 二、新產品開發 三、食品工廠自主管理體系（HACCP、ISO、GMP、CAS、GHP 等） 四、中央廚房之衛生安全與管理 五、食品餐廚管理
備註		表列各應試科目命題大綱為考試命題範圍之例示，惟實際試題並不完全以此為限，仍可命擬相關之綜合性試題。

編輯大意

1. 本書係依食品技師專技高考的命題大綱編寫，並將歷年考題依年度順序編輯於相關章節而成。
2. 由於《食品化學》所牽涉的範圍相當廣，加以新的食品化學知識不斷出現，本書雖然已盡力蒐集，但仍恐有漏網之魚，因此，建議能隨時關心新發表的食品化學新知。
3. 為了讓學生對各種考題都能有事先練習的機會，於是收錄了有關考試中有《食品化學》科目的考題，本書因之亦可供公務人員高考／升等考之用。
4. 考題之年度說明，代表意義如下：
 - 【○年 營檢① 食品學】營養師檢覈第一次考試／食品學
 - 【○年 水製簡升 高水化】水產製造簡任升等／高等水產化學
 - 【○年 水製薦升 水化】水產製造薦任升學／水產化學
 - 【○年 食驗簡升 食化研】食品檢驗簡任升等／食品化學研究
 - 【○年 食品農製薦升 食化】食品管理、農產製造、食品科技、食品檢驗薦任升等／食品化學
 - 【○年 食管普考 食化概】食品管理普考／食品化學概要
 - 【○年 食驗師高考 食添】公職食品檢驗師高考／食品添加物
 - 【○年 食品殘特 食化】食品殘障特考／食品化學
 - 【○年 水製普考 水化概】水產製造普考／水產化學概要
 - 【○年 衛技高考 高食化】衛生技術高考／高等食品化學
 - 【○年 食品高考 食化】食品衛生檢驗、食品、食品管理、農產加工、衛生技術高考／食品化學
 - 【○年 農化升等 食化】農業化學營利事業機構人員升等／食品化學
 - 【○年 食驗特考 食化】食品衛生檢驗地方政府公務人員特考／食品化學
 - 【○年 食驗普考 食化概】食品衛生檢驗普考／食品化學概要
 - 【○年 水用高考 水化】水產利用高考／水產化學
 - 【○年 食品專審 食化】專利商標審查人員特考／食品化學
 - 【○年 調查化鑑 食化】調查人員化學鑑識組特考／食品化學
 - 【○年 食技特考 食化概】食品科技退除役軍人轉任公務人員特考／食品化學概要及食品分析概要
 - 【○年 衛技身障 食化】衛生技術身心障礙人員特考／食品化學
5. 如果考題在本書中找不到滿意的答案，請查閱下列書籍：
 - (1) 張為憲 等 (1995)，《食品化學》，國立編譯館主編，華香園出版社印行，台北。
 - (2) 闕建全 主編 (2007)，《食品化學》(第二版)，新文京開發出版股份有限公司，台北。

大學畢業後，結束軍旅訓練，立即投入職場生涯，轉眼三十多個年頭已過，在食品業界一直從事著品質管理、生產管理的工作，而食品化學正是我的專業。

一直有個念頭，想要將在職場的實務經驗化為文字，一方面可以讓在學的學子很快就將理論與實務結合在一起，避免摸索的過程；一方面可以和同業分享彼此的經驗，讓食品業的水準不斷提升。

開始將手邊的資料加以整理後，才知道編著成書並沒有想像中那麼簡單，於是寫寫停停、停停寫寫，倏然過了數載，已打算放棄。2010年11月適逢台灣食品 GMP 發展會承辦《99年度推動食品技師投入食品產業輔導計畫》，邀我擔任講師，從業界角度談「**食品技師聘任及業務執行經驗分享**」，會後許多與會者問起如何準備食品技師的考試，遂興起何不來寫亦可考食品技師的大學用書呢？

在這樣的因緣際會之下，於是以考選部公布的命題大綱為本，本書就這樣面市了，期望對老師的備課與教學能更愉悅，希冀對學子的學習與考試能更順利。



謹誌於歸仁 2012.05

目錄 CONTENTS

第壹篇 食品化學總論 01

第 1 章

水分 02

1-1 食品與水分 03

1-2 食品水分含量與水活性 06

1-3 水分與食品乾燥 10

歷年食品技師考題 1 13 自我實力評量 1 15

第 2 章

蛋白質 17

2-1 蛋白質概述 18

2-2 蛋白質的功能性質與變性 28

2-3 加工貯藏過程中食品蛋白質的修飾與變化 36

歷年食品技師考題 2 41 自我實力評量 2 43

第 3 章

醣類 47

3-1 醣類概說 48

3-2 單醣 51

3-3 寡醣 59

3-4 多醣 64

歷年食品技師考題 3 79 自我實力評量 3 81

第 4 章

脂質 85

4-1 脂質的組成與分類 86

4-2 脂質的物性與化性 91

4-3 脂質的加工與應用 106

歷年食品技師考題 4 117 自我實力評量 4 120

第 5 章

酵素 125

5-1 食品原料與酵素 126

5-2 酵素在食品加工中的應用 134

歷年食品技師考題 5 140 自我實力評量 5 141

CONTENTS

第 6 章

色素 143

6-1 食品中的色素 144

6-2 加工食品的呈色 159

歷年食品技師考題 6 169 自我實力評量 6 171

第 7 章

食品添加物 175

7-1 食品添加物概論 176

7-2 食品添加物的分類與用途 179

歷年食品技師考題 7 199 自我實力評量 7 200

第 8 章

維生素、礦物質 203

8-1 維生素 204

8-2 礦物質 221

歷年食品技師考題 8 227 自我實力評量 8 228

第 9 章

風味 229

9-1 食品的香氣 230

9-2 食品的主要呈味成分 237

歷年食品技師考題 9 244 自我實力評量 9 245

第 10 章

食品中的有害物質及其他 247

10-1 食品中的有害物質 248

10-2 機能性食品 250

10-3 其他 255

歷年食品技師考題 10 256 自我實力評量 10 257

第貳篇 食品化學各論 259

第 11 章

農產食品 260

11-1 農產品的構造與組成分 261

11-2 農產品的特性 269

歷年食品技師考題 11 278 自我實力評量 11 279

第 12 章

畜產食品 281

12-1 畜產品的構造與組成分 282

12-2 畜產品的特性 293

歷年食品技師考題 12 304 自我實力評量 12 306

第 13 章

水產食品 309

13-1 水產品的構造與組成 310

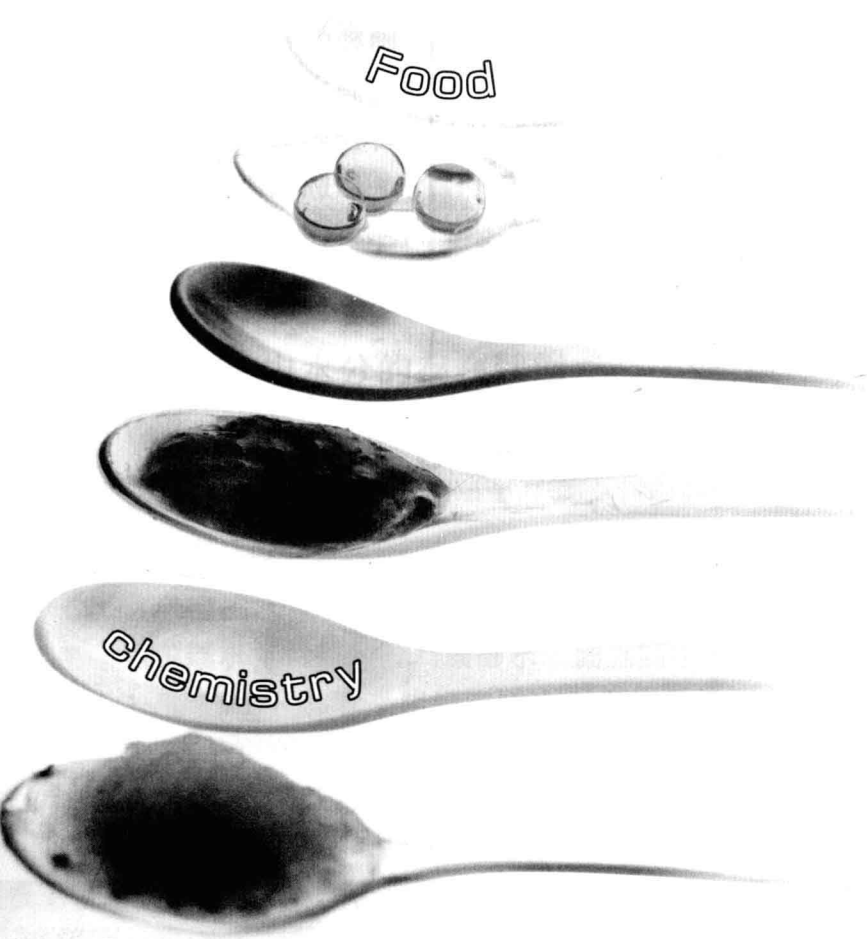
13-2 水產品的特性 325

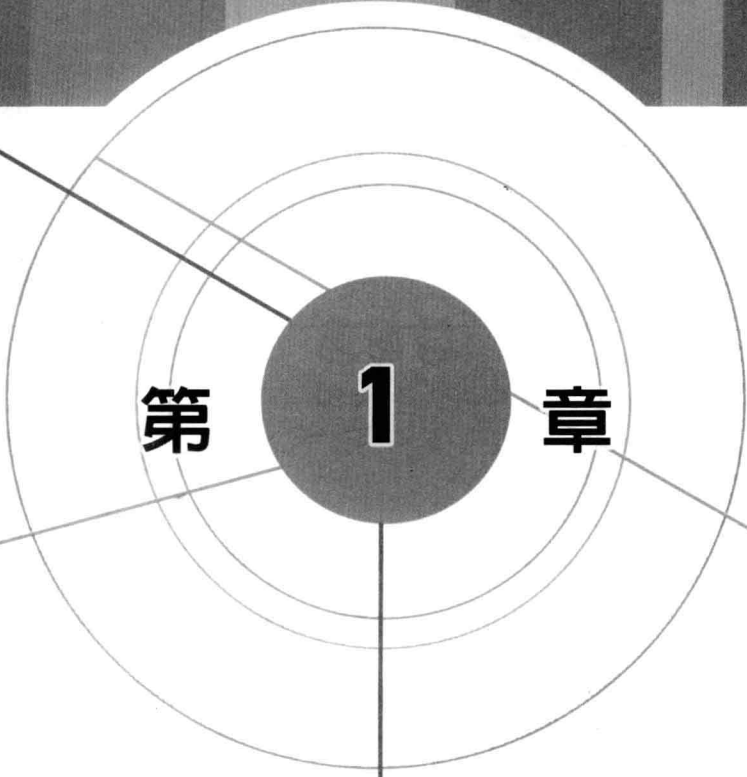
歷年食品技師考題 13 333 自我實力評量 13 334

參考文獻 340

第 壹 篇

食品化學總論

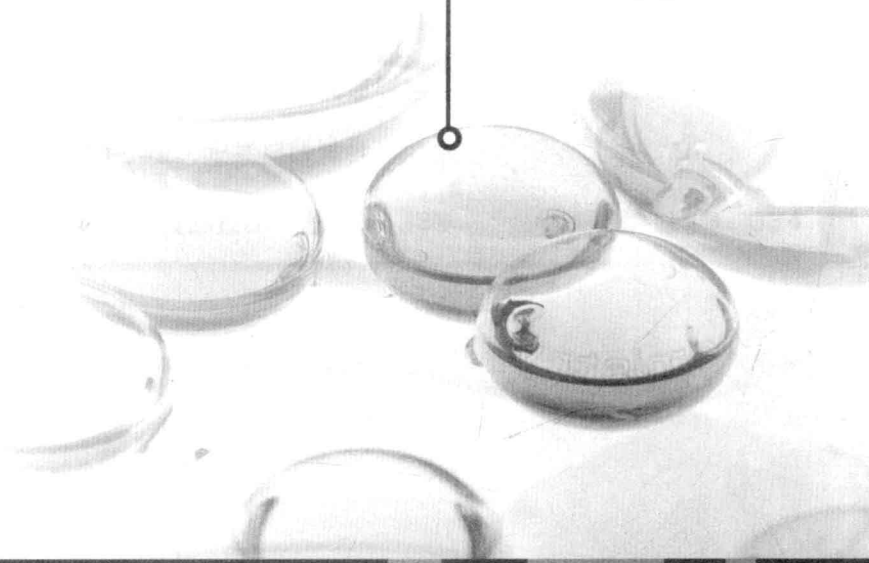




第 1 章

水分

- 1-1 食品與水分
- 1-2 食品水分含量與水活性
- 1-3 水分與食品乾燥



1-1



食品與水分



水的結構與功能

(一) 水的結構

水分子的化學式為 H_2O ，水分子內電荷分布不均勻使得不同分子上的氧原子和氫原子間產生靜電引力稱為**氫鍵**。氫鍵是一種比凡得瓦爾力強，比共價鍵弱的鍵結。每個氧原子有兩個未共用電子軌域，能與鄰近水分子的氫原子形成兩個氫鍵，使水分子間有很強的吸引力。

(二) 水的功能

水為生物體內重要成分，可溶解生體內各種營養成分以利輸送，是生化反應之重要介質（溶劑）。水對人體具有如下功能：

1. 水是良好的溶劑。
2. 水可調節生理機能。
3. 水擔任體內營養成分的運送。
4. 水可調節體溫。
5. 水有助體內排泄代謝廢物。
6. 水是體內潤滑劑。



食品中水分的存在狀態

食品中之水分依其存在狀態，一般可分為**自由水**（free water）、**結合水**（bound water）及**水合水**（hydrate water）等。

(一) 自由水

自由水係指在動力學上能夠自由運動的水分，為食品中之主要水分，又稱**游離水**，可再細分為**凝膠水**、**細胞間水**及**固體表面水**三種。具有如下特性：

1. 自由水存於食品組織空隙中，具流動性，可被微生物生長繁殖利用。
2. 食品可在加熱作用時，將自由水蒸發去除。
3. 自由水可作為溶劑，溶解食品中之可溶性成分。
4. 在冷凍溫度降至 0°C 以下時，自由水會凍結成冰。

5. 可利用離心、過濾等加以去除。

由於自由水可供微生物生長繁殖利用，且與食品的酵素反應、非酵素褐變及食品變質等息息相關。因此，我們常將食品以乾燥脫水的方法去除大部分的自由水，或利用糖、鹽醃製食品將自由水轉變成結合水，以延長食品之貯藏保存期限。

(二) 結合水

結合水是指水分子與食品成分中親水性的官能基團，如羥基（-OH）、胺基（-NH、-NH₂）、羧基（-COOH）及羰基（>C=O）等形成氫鍵結合，或與離子性基團（-COO⁻、-NH⁺、Na⁺及Cl⁻）等形成離子鍵結合的水。結合水具有如下特性：

1. 不能做為化學反應的溶劑。
2. 微生物發芽及繁殖無法利用。
3. 加熱不易蒸發。（註：但在105℃長時間加熱會被蒸發，故在水分含量分析時，會被計入總水分含量內）
4. 低溫下不易結冰。

結合水與自由水的性質不同，自由水在冰點下會結冰，而結合水在-20℃、或-30℃時也無冰晶形成，故不能做為溶媒。結合水在冷凍、冷藏保存領域上稱為不凍水，一般而言，動物性組織內約有8~10%不凍結的水；蔬果類組織內不凍結的水則低於6%。根據研究證實，蛋白質水溶液在-35℃下仍存在不凍結水，與蛋白質強烈結合的水於-70℃仍不會凍結。

食品在乾燥及冷凍時如果要去除結合水，則會導致蛋白質之變性，因而降低食品之質地品質。因此，乾燥食品之含水量均有其一定之限度。結合水與自由水的比較如表1-1。

表1-1 結合水與自由水的比較

自 由 水	結 合 水
可自由運動的水	與食品成分藉氫鍵緊密結合
可供微生物生長繁殖利用	微生物無法繁殖利用
可供化學反應之進行	不可作為化學反應之介質
可利用加熱處理蒸發去除	無法加熱蒸發去除
在0℃以下可凍結成冰	在0℃以下無法凍結成冰

(三) 水合水

食品系中含有很多的無機物，如食鹽、鉀、鈣、鎂等，當水分存在下，這些無機物解離為離子後，會與 4~6 分子水以離子鍵結合形成水合水 (hydrated water)。

肉製品當肌肉 pH 值大於等電點時，食鹽的添加可以提高保水性，其原理就是增加水合水含量。

如果依**等溫吸濕曲線** (adsorption isotherm) 理論而言，食品中的水分存在狀態如下：

(一) 單層水

生物體內如蛋白質等高分子化合物，表面的親水性基與單一分子水穩定結合的水，稱為**單層水** (monolayer water)，亦即被 -OH、-COOH、-NH₂ 等親水性官能基強力束縛之水分，為結合水。

(二) 多層水

由 2~3 分子水與蛋白質結合的水，稱為**多層水** (multilayer water)，厚薄度依溫度、電解質存在與否而定，亦稱**毛管水** (capillary water)，在單層水外側的水，為準結合水。

(三) 不穩定結合水

多層水外側的水，為食品中毛細現象保持的水，稱為**不穩定結合水** (loosely bound water)，其性質與純水完全相同，屬於自由水。

1-2



食品水分含量與水活性

 食品水分含量

除了乾燥食物如穀類、豆類之外，大部分食品均含有大量的水分，如魚類為65%以上，肉類約45%以上，蔬菜類含水分85~97%，果實類80%以上。

就食物之物性而言，水分可溶解食品中之蛋白質及醣類等而形成膠體，賦予食品良好的質地 (texture)；此外，對食物之鮮度、軟硬度、流動性、呈味性、保存性及加工性等亦具有重要之影響。

含多量水分之食品易因微生物汙染而腐敗，利用鹽漬及糖漬可相對減少水活性 (例如蜜餞)，因而可提高保存安定性。一般而言，如欲達到防止微生物腐敗之目的，則肉類、魚類之水分含量宜降至3%以下，蔬菜類宜降至5%以下 (例如茶葉)，穀類宜降至12%左右。

 水活性

(一) 平衡水分含量

食品放在空氣中會隨著環境中相對濕度大小的變化而發生吸濕或乾燥脫水之現象。食品會產生吸濕還是脫水現象是由食品系本身的水活性及大氣中之相對濕度來決定。

當食品的水活性大於空氣之相對濕度時，會發生**脫水現象**；反之，若空氣之相對濕度大於食品水活性時，則發生**吸濕現象**。若兩者相等，則維持平衡，食品不會發生脫水或吸濕現象，此時為**平衡水分含量** (equilibrium moisture content)。

(二) 水活性

密閉系統中，食品系之平衡水蒸氣壓 (P) 與同溫度下，純水之飽和水蒸氣壓 (P₀) 之比值，稱為該食品的水活性 (water activity; A_w)，其值恰等於水分的平衡相對濕度 (equilibrium relative humidity; ERH%)。

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{ERH}{100}$$

$$ERH (\%) = \frac{P}{P_0} \times 100$$

純水之 $P = P_0$ ，因此，純水之水活性 $A_w = 1$ 。食品系中之自由水因溶解有許多有機或無機之成分，會與成分中的親水性官能基結合成結合水，造成食品系之水蒸氣壓 (P) 下降，故其 $P < P_0$ ，即食品系之 $A_w < 1$ 。

以理想溶液的觀點來看，50%蔗糖水溶液 ($C_{12}H_{22}O_{11} = 342$, $H_2O = 18$) 的水活性值計算如下：

$$P = P_A = X_A \times P_0 = \frac{n_A}{n_A + n_B} \times P_0 = \frac{50/18}{50/18 + 50/342} \times P_0 = 0.95P_0$$

$$A_w = \frac{P}{P_0} = \frac{0.95P_0}{P_0} = 0.95$$

一般而言，蔬菜、水果、果汁之水活性約 0.99；肉類、魚肉約 0.98；乾燥之米、豆類等約 0.60~0.64。對溶液而言，溶液濃度高時，其 P/P_0 變小，即 A_w 變小，則可提高食品之保存性，如鹽漬（鹹魚）及糖漬（蜜餞）等中濕性食品（intermediate moisture food；IMF）。

中濕性食品又稱半濕性食品、中度水活性食品，係指含水量約 20~40%，水活性 0.65~0.85 的半濕半乾食品，其水分含量仍高，但自由水及水活性下降達保存目的，如果凍、果醬、蜜餞、糖漿、蜂蜜、意大利香腸、乾燥水果等。其製造方法係於食品中添加溼潤劑，再脫濕，使食品水活性降到 0.85，此時的水分含量約 17%（10~40%）；缺點為易受酵母及黴菌的感染，可利用加熱或添加抗黴劑來改善；優點為其風味組織較接近於天然食品，含有適量水分，且長期在室溫貯藏也不會腐敗，同時亦可提高產品價值。

食品水活性會與勞特定律（Raoult's law）的理想溶液的水活性有差異，原因是食品系中的水分因溶解有許多有機或無機成分，使 $P < P_0$ ，則 $A_w < 1$ ，而勞特定律是指添加溶質時，溶劑的蒸氣壓下降是與溶液中溶質之莫耳分壓成正比。

(三) 水活性與微生物的繁殖

微生物之繁殖須有一定之水分來源，此水分限度通常以水活性來表示，能使其生長狀況最好的水活性，稱為最適生長水活性（optimum A_w ）。一般微生物生長繁殖所需之最低水活性：黴菌為 0.80；酵母為 0.88；細菌為 0.90；耐鹽性黴菌為 0.75；耐乾性黴菌為 0.65；耐滲透壓酵母為 0.61。食品的水活性及一些代表性微生物生長所必須的水活性如圖 1-1。

為防止食品在儲存期間長黴，一般將 A_w 降至 0.60 以下，當米之含水量降至 13~14% 時，其 A_w 約為 0.60~0.64，故可長久儲存不長黴。但當米之水分含

量為 15~16% ($A_w = 0.70 \sim 0.73$) 時，被稱為貯藏黴菌的**灰綠麴菌** (*Aspergillus glaucus*) 即會開始生長繁殖，米就很快發霉變質而不耐久貯。

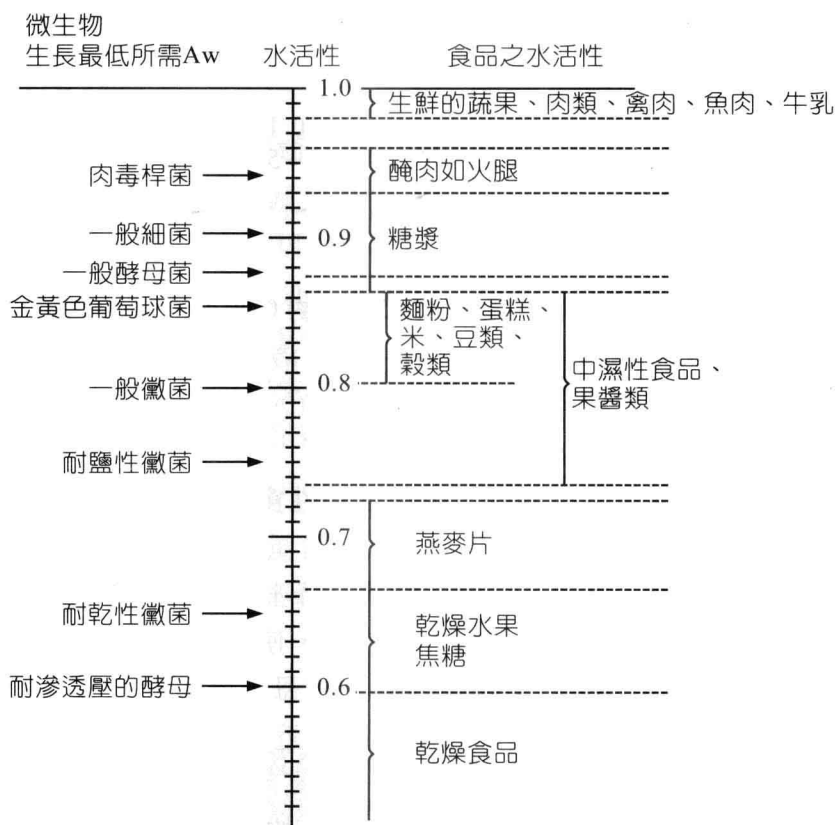


圖 1-1 食品的水活性及一些代表性微生物生長所必須之水活性
(資料來源：參考文獻 2, P.158)

(四) 水活性與化學反應

水活性與化學反應速率之相關性如圖 1-2。

1. 脂質氧化：水活性值低於 0.3，或是高於 0.5，脂質的**自氧化** (auto-oxidation) 最易發生。脂質的 A_w 降至 0.3 左右時，氧化安定性最佳，但繼續再降時，氧化速率反而升高，推測可能因食品乾燥至小於 0.3 時，已成細小粉末狀或多孔洞之狀態，致與空氣接觸的面積變大，遂增加了氧化速率。
2. 非酵素性褐變：水活性值於 0.6~0.9 時，非酵素性褐變的作用較快。非酵素褐變包括**梅納反應** (Maillard reaction)、維生素 C 氧化褐變及焦糖化褐變，其中以梅納反應最為常見。梅納反應主要指醣類的**羰基** (carbonyl