

食 品化 學

【二版】

Food Chemistry

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 顏國欽教授 總校閱

劉展罔 · 韓建國 · 劉冠汝 · 李嘉展 · 陳建元 · 孫芳明
蘇敏昇 · 馮惠萍 · 謝秋蘭 · 饒家麟 · 梁弘人 · 林聖敦
江伯源 · 李政達 · 盧更煌 · 周志輝 合著

食品化學

【二版】

Food Chemistry

國立中興大學食品暨應用生物科技學系 顏國欽教授 總校閱

劉展昀 · 韓建國 · 劉冠汝 · 李嘉展 · 陳建元 · 孫芳明
蘇敏昇 · 馮惠萍 · 謝秋蘭 · 饒家麟 · 梁弘人 · 林聖敦
江伯源 · 李政達 · 盧更煌 · 周志輝 合著

食品化學 / 顏國欽等合著. -- 二版. -- 臺中
市：華格那企業, 2013.09
面：公分

ISBN 978-986-5828-38-7(平裝)

1. 食品科學 2. 食品加工

463

102018486

食品化學 (二版) Food Chemistry

發行所/Publishing House：華格那企業有限公司/Wagner Co. Ltd

總校閱/Author in Chief：顏國欽/Yen, Gow-Chin

作者/Author：劉展閏/Liu, Chan-Chiung、韓建國/Han, Chien-Kuo、劉冠汝/Liu, Kuan-Ju、李嘉展/Lee, Jai-Jaan
陳建元/Chen, Jan-Yuan、孫芳明/Sun, Fang-Ming、蘇敏昇/Su, Min-Sheng、馮惠萍/Feng, Hui-Ping、
謝秋蘭/Hsieh, Chiu-Lan、饒家麟/Jao, Chia-Ling、梁弘人/Liang, Hong-Jen、林聖敦/Lin, Sheng-Dun、
江伯源/Chiang, Po-Yuan、李政達/Li, Cheng-Ta、盧更煌/Lu, Geng-Hwang、周志輝/Chau, Chi-Fai

董事長/President：南山先生/Mr. Nanshan

發行人兼社長/Publisher & Managing Director：蔡小萍/Tsai, Hsiao-Ping

推廣部經理/Marketing Manager：吳為鈺/Wu, Wei-Yuh、周東賢/Chou, Don-Hsien、蔡健發/Tsai, Chien-Fa

主任/Marketing Supervisor：詹庚午/Chan, Keng-Wu、賴盈豪/Lai, Yin-Hao

林家慶/Lin, Chia-Chin、朱正浩/Cheng, Hao-Chu

管理部副理/Administration Vice-Manager：黃秋朝/Huang, Chiu-Chao

副總編輯/Deputy Managing Editor：張雯雯/Chang, Wen-Wen

執行編輯/Executive Editor：李悅鳳/Li, Yue-Fong

企劃/Project Director：劉曉玲/Liu, Hsiao-Ling

電腦排版/Typesetting：蘇綉雯/Su, Shiu-Wen

封面設計/Cover Designer：洪睿妤/Hang, Jui-Yu

電腦顧問/Computer Consultant：大葉大學資管系副教授吳為聖/Wu, Wei-Shen

地址/Add：台中市南區 402 仁義街 21 號

/No.21, Renyi St., South District, Taichung City, 402, Taiwan (R.O.C.)

電話/Tel：886-4-2285-7299

傳真/Fax：886-4-2285-9783

網址/Website：http://www.wagners.com.tw

電子信箱/E-mail：wagners@ms28.hinet.net

郵政劃撥帳號/Account Number：22183873

戶名/Account Name：華格那企業有限公司

出版日期/Publishing Date：2013 年 9 月二版

定價/Price：NT 750 元

登記字號/Registration Number：局版臺省業字第 928 號

總校閱序

食品化學為食品科學之主要內容之一，其涉及食品之組成及特性，以及在處理、加工及儲藏過程之化學變化。食品化學與化學、生化學、生理化學、動、植物學及分子生物學皆有密切關係。食品化學為應用化學技術、觀念及原則以測定食品中分子之種類及含量，其物化性質及在製造和儲藏過程之化學轉化作用。食品化學之研究範圍相當廣泛，從食品成分分析到無定型固體分子移動測量。食品化學之研究在過去著重於探討影響食品品質及安全性之關鍵化學及生化學反應，以了解影響食品品質之基本機制。然而隨著時代演變、科技進步及消費者之需求，食品化學之研究也進入到與生物科技結合，探討生技產品之安全性及食品成分對人類健康保健上所扮演之角色。

本人多年來一直從事食品化學領域之研究與教學，雖然國外有經典之食品化學教科書可供教師教學之參考，但並不全然適合國內學生之學習及教師教材之準備。基於此原則，本書在籌劃時即邀請國內 11 所大學院校食品相關科系實際從事食品化學教學之教師共 16 位，依其專長及經驗負責各章節之撰寫。本書內容編排包含主要食品成分、微量食品成分及食品系統等，學理及應用兼顧，並顯現食品化學發展趨勢。相信本書之出版，將能符合教學及學習之需要。

本人很榮幸並感謝華格那出版社之邀請而有此機會擔任本書之總校閱，感謝本書各章之作者在百忙中能準時交稿，另外更應感謝華格那出版社曾參與本書之負責編輯。由於在這段期間大家之辛勞及共同努力下，才使得本書能順利出版。

總校閱



講座教授 謹誌

2007 年 08 月於國立中興大學食品暨應用生物科技學系

總校閱簡介

顏國欽

美國羅德島大學食品科學博士

曾任台灣食品科學技術學會理事長

國立中興大學食品科學系教授兼系所主任

現任國立中興大學講座教授

國立中興大學食品暨應用生物科技學系教授

作者簡介

劉展岡

美國賓州州立大學化學工程系博士

國立台灣大學化學工程系學士

曾任國立屏東科技大學食品技術系副教授

現任國立屏東科技大學食品科學系副教授

韓建國

國立台灣海洋大學水產食品科學研究所碩士

曾任元培科學技術學院食品衛生系專任副教授兼教務長

元培科學技術學院食品科學系專任副教授兼圖書館館長

亞洲大學保健營養生技學系專任副教授兼圖書館館長

現任亞洲大學保健營養生技學系專任副教授

劉冠汝

國立海洋大學食品科學所博士

曾任東方技術學院食品科技科副教授兼科主任

國立澎湖科技大學通識中心主任

國立澎湖科技大學食品科學系副教授兼系主任暨食品科學所所長

現任國立澎湖科技大學食品科學系教授兼學生事務長

李嘉展

國立海洋大學食品科學研究所博士

曾任開南大學進修部主任

現任台北海洋技術學院食品科技與行銷系主任

陳建元

國立中興大學食品科學系博士

曾任中台科技大學食品科學系教授

現任中台科技大學食品科技系教授

孫芳明

美國羅德島大學食品科學暨營養所博士

現任嘉南藥理科技大學保健營養系副教授

蘇敏昇

美國密西西比州立大學食品科學博士

曾任輔仁大學食品營養系專任助教

現任元培科技大學食品科學系副教授

馮惠萍

美國喬治亞大學食品科技博士

曾任國立海洋大學水產養殖系國科會計畫研究助理

嘉南藥理專科學校食品衛生系講師

現任嘉南藥理科技大學食品科技系副教授

謝秋蘭

國立中興大學食品科學研究所博士

曾任弘光科技大學食品營養系教授

現任彰化師範大學生物技術研究所教授

饒家麟

國立中興大學食品科學系博士

現任東方設計學院餐飲管理系教授

梁弘人

英國里茲大學食品科學博士

曾任英國糖業公司研究助理

中央研究院化學研究所博士後研究員

現任元培科技大學食品科學系助理教授

林聖敦

國立中興大學食品科學研究所博士

曾任禎祥食品工業股份有限公司品研課課長、諮詢顧問

弘光科技大學食品營養系專任助理教授

現任弘光科技大學食品科技系教授兼系主任

江伯源

國立台灣大學食品科技研究所博士

曾任食品工業發展研究所技術員

現任國立中興大學食品暨應用生物科技學系副教授

李政達

美國俄亥俄州立大學動物科學博士

現任輔英科技大學保健營養系助理教授兼系主任

盧更煌

密西西比州立大學食品科技博士

曾任東方工商專科學校食品科科主任

曾任東方技術學院進修部主任

現任東方設計學院餐飲管理系副教授

周志輝

香港中文大學生物系博士

美國德州農工大學食品科學及科技碩士

曾任國立中興大學食品暨應用生物科技學系副教授

現任國立中興大學食品暨應用生物科技學系教授

目錄

第一章 水與溶液

劉展岡

第一節	水的構造、性質與功能特性	1-5
第二節	水與溶質的相互作用	1-8
第三節	水活性	1-10
第四節	食品等溫水分吸附曲線	1-15
第五節	水在食品加工與保藏中所扮演的角色	1-22

第二章 醣類

韓建國

第一節	醣類的分類與構造	2-5
第二節	醣類在食品加工及儲存中的化學反應及理化變化	2-15
第三節	醣類在食品及人體腸道中的功能	2-31

第三章 脂質

劉冠汝

第一節	脂質的定義與分類	3-5
第二節	脂質的性質	3-12
第三節	脂質的穩定性及酸敗反應	3-18
第四節	油脂的檢測與品質鑑定	3-26
第五節	油脂的加工與應用	3-29

第四章 蛋白質與胺基酸

李嘉展

第一節	胺基酸的種類與特性	4-6
第二節	蛋白質的種類與特性	4-17
第三節	蛋白質的構造階層及其作用力	4-19
第四節	蛋白質的變性作用	4-30
第五節	蛋白質的呈色反應與定量分析	4-35

第六節	食品蛋白質的功能特性	4-38
第七節	蛋白質營養價值的評估	4-44
第八節	蛋白質的化學反應及其衍生物	4-48
第九節	蛋白質側鏈基團的修飾作用	4-53

第五章 酵素

陳建元

第一節	酵素發展的沿革	5-5
第二節	酵素的命名與分類	5-7
第三節	酵素的特性與分布	5-9
第四節	酵素動力學	5-12
第五節	影響酵素反應速率的因子	5-19
第六節	食品加工上常用的酵素	5-23
第七節	固定化酵素及其應用	5-40
第八節	酵素穩定性的改良	5-44

第六章 維生素與礦物質

孫芳明

第一節	維生素	6-5
第二節	礦物質	6-32
第三節	加熱對維生素與礦物質的影響	6-44

第七章 風味

蘇敏昇

第一節	食品的滋味	7-5
第二節	香味化合物的分析與鑑定	7-12
第三節	香味化合物的種類	7-16
第四節	食品中香味化合物的生成	7-26
第五節	食品的香味物質	7-28

第八章 色素

馮惠萍

- 第一節 食品色彩學 8-5
- 第二節 食品中的天然色素 8-9
- 第三節 食品中的著色劑 8-31

第九章 褐變反應

謝秋蘭

- 第一節 酵素性褐變反應 9-5
- 第二節 非酵素性褐變反應 9-12

第十章 食品添加物

饒家麟

- 第一節 食品添加物的意義 10-5
- 第二節 食品添加物的安全評估 10-19
- 第三節 食品添加物的性質 10-25

第十一章 食品膠體

梁弘人

- 第一節 膠體系統之流變行為 11-5
- 第二節 乳化液與泡沫 11-24
- 第三節 多醣與蛋白質乳化液與泡沫之關係 11-37

第十二章 植物類之特性

林聖敦

- 第一節 水果及蔬菜 12-5
- 第二節 茶 12-27
- 第三節 咖啡 12-45

第十三章 穀類的特性

江伯源

第一節 穀類的構造 13-5

第二節 穀類的組成分 13-10

第三節 穀物的碾磨 13-27

第四節 穀類的儲存 13-31

第五節 穀類在加工中的變化 13-35

第六節 穀類加工品介紹 13-38

第十四章 肉類的特性

李政達

第一節 肌肉的性狀 14-5

第二節 屠宰前後肌肉生化及組織學上的變化 14-19

第三節 屠後肌肉變化對食肉品質的影響 14-26

第四節 加工對食肉的影響 14-30

第五節 肌肉蛋白的功能性質 14-36

第六節 食肉的營養價值 14-38

第十五章 乳與蛋的特性

盧更煌

第一節 乳的特性 15-5

第二節 蛋的特性 15-20

第十六章 保健食品化學

周志輝

第一節 常見的功能性成分 16-6

第二節 其他功能性成分 16-20

索引 A-1

第一章

水與溶液

Water and Solution

劉展岡 編著

第一節 水的構造、性質與功能特性

第二節 水與溶質的相互作用

第三節 水活性

第四節 食品等溫水分吸附曲線

第五節 水在食品加工與保藏中所扮演的角色

學習目標

►讀者閱讀本章節後，應能達成以下目標：

1. 認識水分子之化學結構、極性來源、氫鍵，以及水之特殊性質與功能特性。
2. 學習如何定義與測量食品中水分含量多寡與其存在狀態，以及水分與食品其他成分之間的相互作用。
3. 明白食品水活性之定義、測定方法，以及水活性對食品品質之影響。
4. 了解食品等溫水分吸附曲線之定義、特徵，以及數學模式分析。
5. 清楚不同食品加工保藏過程中，水之應用狀況與功能表現。

重要字彙

- ❖ 電偶極（矩）(electric dipole)
- ❖ 熱容(heat capacity)
- ❖ 熔化焓(enthalpy of fusion)
- ❖ 汽化焓(enthalpy of evaporation)
- ❖ 自由水(free water)
- ❖ 結合水(bound water)
- ❖ 移動性(mobility)
- ❖ 濕量基準含水率(wet basis moisture content)
- ❖ 乾量基準含水率(dry basis moisture content)
- ❖ 相對濕度(relative humidity ; %R.H.)
- ❖ 水活性(water activity ; A_w)
- ❖ 露點(dew point)
- ❖ 活性係數(activity coefficient)
- ❖ 等溫水分吸附曲線(moisture sorption isotherm)
- ❖ BET 單分子層吸附水含量(BET monolayer moisture content)
- ❖ 滯後現象(hysteresis)
- ❖ BET 方程式(BET model)
- ❖ GAB 方程式(GAB model)
- ❖ 臨界水分含量(critical moisture content)

前言

水是地球上存在最多的物質，地球表面有 70% 的面積被海洋覆蓋，就連大氣中也有水蒸氣存在；而在一般食品中，水分通常占食品重量的 60~70% 以上。雖然水並不提供能量或營養，但是食品中的碳水化合物、蛋白質、脂質、礦物質及維生素等營養成分，均依賴水而為人體所攝取，以至於消化吸收。水分在生物體細胞中亦扮演著維持適當滲透壓，進而維繫細胞生命與生長之重要角色。水分含量的多寡會直接影響食品的質地組織，因而決定食品之適口性。此外，水分含量與其存在的狀態，都會直接或間接地影響食品中諸多化學與生化反應，以及微生物的生長繁殖，因此成為食品加工或儲藏上品質安定之決定因子。本章將針對食品系統中水分本身之定性、定量描述，以及水分對食品品質之影響作一簡要之闡述。

第一節

Structure, Characteristics and Functions of Water

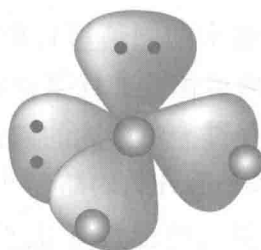
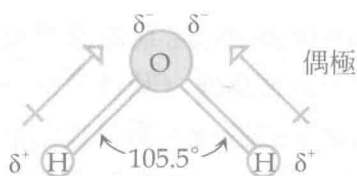
水的構造、性質與功能特性

水分子具有電偶極（矩）(electric dipole)，為高極性分子，分子間產生許多氫鍵(hydrogen bond)，因此適合作為帶極性基團化合物之溶劑。基本特性為熱容(heat capacity)大、沸點高、表面張力大、熔化焓(enthalpy of fusion)與汽化焓(enthalpy of evaporation)大、熱傳導性良好等。親水性溶質與水分子之相互作用大，彼此之間會互相影響其物理、化學或生化特性。

構造

Structure of Water Molecule

水分子是由二個氫原子與一個氧原子經共價鍵結而成。氧原子的電子組態為 $1s^2 2s^2 2p^4$ ，價電子殼層由四個 sp^3 混成軌域組成，其中二個軌域以單鍵與氫原子（電子組態 $1s^1$ ）鍵結，另外二個未鍵結的 sp^3 軌域則各自含一未共用電子對。水分子呈彎曲狀，二個 O-H 鍵之間的夾角約為 105.5° ，鍵長約 0.099 nm 。由於氧原子的陰電性（electronegativity，或稱電負度）為 3.5，而氫原子的陰電性只有 2.1，因此 O-H 鍵上的電子雲會較靠近氧原子，形成氧原子帶有部分負電荷；氫原子則帶部分正電荷，故稱為極性共價鍵 (polar covalent bond)。水分子因正電荷的中心與負電荷的中心不在同一位置，稱為具有電偶極（矩），所以被稱為極性分子 (polar molecule)。水分子結構示意如圖 1-1。



Wagner

圖 1-1 水分子模型

水分子之立體模型，可依據 sp^3 混成軌域視為一正四面體(tetrahedron)，二個鍵結氫原子的尖端帶有部分正電荷；另二個含氧原子之未共用電子對端則帶有部分負電荷，如此使得水分子彼此之間有相當大的分子間靜電吸引力，此稱為氫鍵，如圖 1-2 所示。水中氫鍵鍵能約 13~25 kJ/mol（共價鍵能約 300~400 kJ/mol），而每個水分子最多能與其他分子形成四個氫鍵。由於水是少數能形成立體氫鍵結構之化合物，因此其熱容、熔點、沸點、表面張力及相轉變焓(enthalpy of phase transition)，皆比其他液體大。

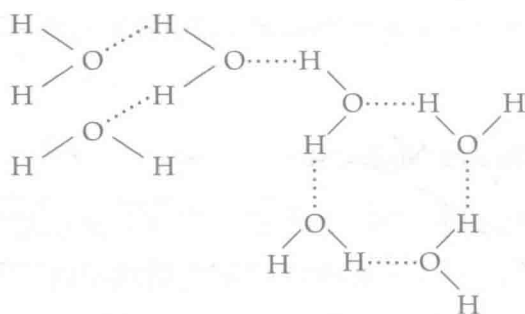


圖 1-2 水分子間氫鍵作用示意圖

物理性質

Physical Properties of Water

表 1-1 列出水（包含冰與水蒸氣）的一般物理性質，必須要注意的是，水擁有異常大的熱容與相轉變焓，包括：熔化焓、汽化焓、昇華焓(enthalpy of sublimation)，這使水（包含冰與水蒸氣）在食品加工上可被充分利用為加熱或冷卻的媒介。

另外，液態水的熱傳導係數(thermal conductivity)比其他液體要來的大，而冰的熱傳導係數亦比其他非金屬要大，這使得水（或冰）成為相當理想之熱交換介質。由於冰的熱傳導係數約是水的四倍，而且冰的熱擴散係數(thermal diffusivity)約略是水的八倍，表示在同樣溫度下，冰的溫度變化速率將超過水的溫度變化速率。以上有關熱傳導及熱擴散之量化比較，有助於解釋為何在同樣的增加或移除熱功率之條件下，食品凍結的速率會高於冷凍食品解凍的速率。又因為水的熱容比大部分食品中的固形物