

食品科學技術 專題討論彙編

第九號



食品工業發展研究所編印

臺灣省新竹市

中華民國六十四年四月

食品科學技術
專題討論彙編
第九號

版權所有・翻印必究

發行人：曾 桐

編輯委員：（以姓氏筆畫爲序）

王 振 勇

食品工業發展研究所食品工程組組長

林 景 明

食品工業發展研究所副所長

吳 碧 鏗

食品工業發展研究所食品加工組組長

林 冠 中

食品工業發展研究所食品微生物組組長

陳 尚 球

國防醫學院副院長、食品工業發展研究所顧問

陸 伯 勛

美國加州大學教授、食品工業發展研究所顧問

陳 懋 良

國防醫學院生化系主任、食品工業發展研究所顧問

張 爲 憲

食品工業發展研究所食品化學組組長

黃 中 平

食品工業發展研究所推訓組組長

鄧 滋 璋

食品工業發展研究所食品工業月刊社主編

出版者：食品工業發展研究所

食品工業月刊社

新竹市西大路光復里10之1號

電話：23191・23192

內政部登記證內版台誌字第2905號

印刷者 德泉印刷設計股份有限公司

台北市敦化南路360巷17號四樓

電話：7517659

中華民國六十四年四月出版

本所自民國五十九年二月起，將本所同仁負責研究之專題，提出討論，並舉行學術討論會，以促進學術之研究。學術討論會在開始時，每週舉行一次，經半年之久，改爲每月舉行兩次，主持討論之人員，除本所人員外，尚有國內外之學者專家，至民國六十三年，本所同仁因工作繁忙，再改爲每月一次，其中之學術論文，每半年整理編印一冊。題爲「專題討論彙編」，共出至八集，收論文九十八篇，自出版以來，甚受讀者與學術界重視。

自六十三年起，因舉行學術專題討論之次數減少，「專題討論彙編」亦改爲每年編印一次，現本集所蒐集整理之文稿，即爲六十三年及六十二年部分存留者。其中部分發表於「食品工業」月刊，亦有因時間關係，未在學術討論會上提出討論者，但仍具參考價值，經整理一併編入。至於因篇幅所限，尚有未選入之文稿。遺珠之憾，尙祈見諒。

茲以出版在即，用贅數言，本所編校，人手不足，雖經多次校對，錯誤仍在所難免，敬希先進及讀者隨時指正。

民國六十四年四月一日，編者謹識

食品科學技術
專題討論彙編

第九號

總目錄

1. 超低溫生物學的基礎與應用.....	Dr. J. K. Sherman ...	5
2. 食品組織之研究與發展.....	王 一 凱...	13
3. 論食品在乾燥過程中之質能變化與微波應用於脫水之可能性.....	方 登 禮...	75
4. 利用微波在食品加工上之最近發展.....	李 錦 楓...	93
5. 水產品變色之探討.....	邱 克 明...	109
6. 植物蛋白之組織與人造肉之製造.....	陳 文 亮...	121
7. 包裝材料對微生物生長的影響.....	許 文 輝...	149
8. 色氨酸的定量法.....	孫 超 財...	165
9. 逆滲透在食品加工上之應用.....	張 炳 揚...	179
10. 紅茶在發酵期間化學成份的變化.....	張 瑞 郎...	191
11. 多核芳香烴在食品中的存在.....	蔡 維 鐘...	201
12. 酵素在食品加工上之應用.....	劉 廷 英...	213
13. 最近微生物澱粉分解酵素的研究與利用.....	賴 敏 男...	227
14. 氨基酸利用氣相色層分析儀之定量分析.....	盧 景 鐘...	241

Food Industry Research and Development Institute

Literature Review on Special Topics

No.9

Contents

Cryobiology - It's Nature and Applications....Dr. J. K. Shermen.....	5
Food Texture.....I. K. Wang.....	13
The Phenomena of Mass and Heat Transfer During Food Drying Processing and the Possibility of Using Microwave in Food Dehydration....T. L. Fang.....	75
Recent Advance in the Use of Microwave Energy in the Food Industry.....C. F. Li.....	93
A Review on Discoloration of Marine Products..K. M. Chiou.....	109
Texturization of Vegetable Proteins.....W. L. Chen.....	121
The Influence of Packaging Materials on Microbial Growth.....W. H. Hsu.....	149
Methods of Tryptophan Analysis.....C. T. Sun.....	165
Reverse Osmosis in Food Processing.....P. Y. Chang.....	179
Changes in Composition of Black Tea During Fermentation.....R. L. Chang.....	191
Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Food.....W. C. Tsai.....	201
Enzymes in Food Processing.....T. I. Liu.....	213
Recent Development in Research and Industrial use of Microbial Amylases.....M. N. Lai.....	227
Quantitative Amino Acids Analysis by Gas - Liquid Chromatography.....J. J. Lu.....	241

超低温生物學的基础與應用 Cryobiology—It's Nature and Applications

Dr. J.K. Sherman

王豐洲 譯

目 錄

一、前 言.....	6
二、冷凍保藏.....	6
三、歷史演進.....	7
四、細 胞.....	9
五、研究用途.....	10
六、摘 要.....	11
七、英文摘要.....	12
八、參考文獻.....	12

超低溫生物學的基礎與應用

Dr. J. K. Sherman

王豐洲 譯

Dr. J.K. Sherman 係中興大學客座教授，應邀於（六十三年）三月十四日來本所以“超低溫生物學的基礎與應用”為題，在學術專題討論會作專題討論。原討論稿為英文，由本所食品加工組王豐洲博士譯成中文。

一、前言

超低溫或低溫生物學是一門由於科學發展所產生的新知識與新技術，它在低溫環境下，尤其是指低於凍結溫度下，與生物的生死有極密切的關係。此關係的密切性在利用低溫來保存或毀壞與生命有關連的組織和機能時，由生物體水份結晶的狀況可表現出。

本文的旨在介紹這門相當新的知識給食品界的讀者，它與食品科技的研究與發展很有關係。在現代化的市場裏，銷售冷凍儲藏過的新鮮與熟煮食品是很普遍的，就是在東方，尤其是日本，冷凍乾燥若干食品銷售於國內市場與外銷很風行。本文的作者是一位超低溫生物學家而不是食品科學家，他所感興趣的是生物體的體系，尤其是哺乳類細胞的問題，但是他相信超低溫生物學上的研究與應用對於食品工業也是相當重要的。目前超低溫生物學所研究的雖與食品工業界，尤其是台灣，所做的事情有一段距離，但食品科技人員如對超低溫生物學的原理有所認識，則對他在冷凍與冷凍乾燥的基本訓練與業務上會有所幫助，因這些原理對於改進低溫儲藏，運輸和銷售不易保藏之食品的方法有所裨益。

二、冷凍保藏

冷凍保藏的最基本原理是控制分子活動（molecular activity），生命借着在某液狀環境裏各種分子的運動而有化學變化。如果活細胞的細胞漿中水份在低溫下變為冰而停止了這些分子運動，同時假設這些生物系統來日可使恢復活動而未損傷，則這些細胞的生機就能

夠被處理成“延緩生氣”(suspended animation)冷凍保藏。

利用冷凍來保藏食品的目的和意義與保藏哺乳細胞和組織不同。食物冷藏的好壞主在量度味道、組織、外觀和營養，而不是細胞的關鍵機能。但在實驗設計上兩者都在研究冷却，冷凍與後來解凍時的傷害及保護情形。當然兩者量度的尺度不同。

1949 年由於 glycerol 的被引用，更促進了冷凍保藏的發展。一些分離出來的哺乳細胞包括精蟲、紅血球、正常的以及長瘤之組織細胞都可冷凍保藏並可儲在“細胞庫”中供工業、診斷和研究的利用。現在由於人體器官移植的成功，尤其是腎臟與心臟方面，更刺激了冷凍人體器官用於診斷的構想。

利用冷凍來破壞細胞與細胞因冷凍而受傷，也是低溫生物學家與外科醫生所關心的事。選擇性冷凍傷是外科手術的一種技術用來去除毒瘤組織與保留正常組織。動物學家與植物學家兩百年前已知道利用冷凍與解凍可以永久改變細胞的構造與機能。流行世界各地的低溫手術就是利用這個原理而建立的，現在台大醫學院與高雄醫學院均有此種手術。

在過去二十年，低溫研究主要朝向冷凍細胞庫的方向走，尤其是動物育種方面是如此。動物育種所用的精液庫方面之研究雖風行一時，但今已入低潮，因具有商業價值的方法已被發展出來。這種低溫保藏方法之不能推行下去，因為無論用什麼方法仍有百分之三十至五十的精蟲在解凍後死亡。我們自豪的保藏技術不但不能百分之百保有細胞，而且因於冷凍與解凍而造成了暗傷，此種暗傷在解凍後馬上可看出。很明顯的我們正站在基礎低溫生物學向前跨上一步的新紀元的門檻上。目前的動向主要是趨向人類醫學的器官庫藏與低溫外科手術兩方面。這兩方面的研究者都承認如想突破，必須在基本工作上下功夫。

由於人類腎臟與心臟移植戲劇性的發展，使人們想到利用冷凍來保存這些器官，但由於器官是由複雜的、不單一的柔膜組織(parenchyme)、各種間質，組織黏液和各種成份因子聯合組成，各細胞組織對於冷凍與解凍的感受不一致，致使使用於相當純一的精蟲之凍結技術無法用於器官上。

冷凍外科手術在最近五年來的發展主要在神經、泌尿生殖器、腸胃、內分泌和皮膚方面。目前應用最廣的還是利用冷凍配合解凍來控制破壞體內不正常之細胞，而不是像器官庫一樣的利用冷凍原理來保護細胞與組織。目前存在的問題有儀器方面的，有效的控制冷凍範圍，組織的熱傳導，組織本身與四周溫度的控制，組織的潛熱與比熱，該組織四周其他組織的保護等等問題均需解決。更重要需要解決的是我們對於在體內凍結傷害的基本機構還沒真正了解。

三、歷史演進

冷凍與解凍之使用於生物體最早是應用於植物與昆蟲。動物的配偶子 (gamete) 是最先用於低溫實驗的脊椎動物細胞中之一種，而人類的精蟲可能是第一個人類細胞用於體外冷凍與解凍的實驗。在十八世紀以至於十九世紀末葉冷凍與解凍的實驗只限於機能方面的觀察，例如無脊椎動物精蟲的移動性，原生動物肌肉的刺激感受性和收縮性，種子或孢子的發芽性，以及其他生殖力，生長力等等。

用顯微鏡觀察組織上的凍傷，起初只是用於冷凍前與解凍後，但後來在十九世紀末也注意到細胞內外冰結晶的形成與融解，無脊椎動物的分離細胞，植物組織切片和動物肌肉組織被用來做冷凍與解凍組織傷害的實驗，這些傷害往往能用肉眼看出。試驗樣品的實況也就在顯微鏡的大小與能達到清澈程度下檢查。在冷卻，冷凍和解凍過程中的實驗程序與量度一直缺乏不完全，而只在分解力受限制的一般光顯微鏡下把有趣的組織上的變化報告出來。

雖然研究工作一直很活躍，但關於活細胞質內冰結晶的知識到 1930 年才有所了解。1897 Molisch 第一次用顯微鏡描述細胞內冰形成的情形。他發現阿米巴 (amebae) 原形細胞質中有冰結晶形成的地方在解凍時就成海綿狀。1916 年魚肌肉細胞內外冰結晶的形成在凍結時被注意到。1932 年 Chamberg 和 Hale 對於新鮮阿米巴，青蛙的肌肉纖維和洋葱表皮等細胞內外冰結晶形成對細胞構造的影響有較詳盡的報告。但這些研究與報導並沒有激起人們對於細胞構造與冰形成的相關作用做基本的研究，却只限囿於細胞機能受冰結晶影響的描述而已。這種現象直到 glycerol 被引用時才改觀。

直接觀察活細胞被顯微鏡的分析力與取樣的困難所限制。這使得只能觀察某些東西在某些情況之下。所以今天關於凍傷與冷凍保藏的實驗只限於觀察那些細菌，酵母菌、紅血球，和精蟲的分離細胞而已。由分離細胞來研究，尤其是基本結構方面，雖然是很重要的參考點，但用分離細胞研究的結果引用為系統化的組織，科學上的證據不足而且也不實際。各個組織細胞在理論與實際工作上必須各別分析研討。

1936 年 Hoerr 用冷凍乾燥的原理來研究組織細胞，這個原理是利用真空昇華來保有冰結晶的空間，於 1939 年成功地用於雞肌肉的組織研究予食品工業界，但當時冷凍乾燥的原理與應用均為低溫生物學家所忽略。直到 1954 年它才被用到人類精蟲細胞的生存與冰結晶形成的研究上，冷凍和解凍速率在有無保護物質下細胞的生存情形也在研究之內。當時對於細胞外的冰結晶是用光學顯微鏡看的。同樣的技術後來用於觀看較大的雌胚芽細胞，哺乳動物和鳥禽的瘤細胞，和腎細胞內的冰結晶。冰結晶的形成和因冷凍解凍造成的構造與機能之損害與保護發現有連帶關係。另一種在細胞切片中能保有冰結晶的性質與位置的技術於 1941 年被引用，此技術能在極低溫度下用一種溶液和固定劑來有效地融解和取代冰結晶。但此技術直到 1955 年才被正式用來研究冷凍速率對於凍結狀態中哺乳動物組織的外觀。

作者在做人的精蟲研究時發現冷凍乾燥細胞的構造用電子顯微鏡比用光學顯微鏡更能表示出冰結晶的存在。最近作者配合改進的實驗程序對於活哺乳動物器官的組織切法，分離的正常與長瘤細胞予以冷凍，而研究冷凍前後細胞與細胞間質構造與機能的變化。利用電子顯微鏡的好處不只可觀看細胞內細小冰結晶的形成，並可研究冰結晶在器官系統內外形成的位置與性質。

今日研究冷凍解凍影響生存的因子時必須用超顯微鏡來觀看冰直接與間接對細胞構造與機能的影響。此因子包括冷凍前的冷卻速率，冷凍後的凍結速率，最後到達的溫度，最低溫度的保存時間，解凍速率，細胞的冷凍前處理，冰結晶的形成位置與性質和凍結解凍所引起的潛在傷害。冷凍解凍細胞的機能的測定由呼吸狀況，生殖能力，運動性，酵素活性，滲透性，螢光反射，蛋白質合成等決定。值得一提的就是細胞構造上的改變確實能反應細胞生存的可能性，此不僅在舊有或是今天的研究可證明此說，就是古典的病理學也有此說法。細胞核的構造傷害與否特別被認為是細胞活性的指示。

四、細胞

今日生物學可說是細胞生物學。對於健康與疾病基本機構的瞭解反應在細胞的構造與機能上，細胞內的次小單位和成份大分子均包括在內。科學小說式的闡說和新生物學的潛在研究範圍主要是在染色體中 DNA 的化學“遺傳手術”方面，希望能改變疾病的可侵性和阻止不正常細胞的發展。這種分子生物學奇蹟的出現是可能的，因為繼續研究細胞構造的結果將自然地導至此可能性。事實上，在研究一般機能和特殊生化活性而構成今日的細胞生物學上，瞭解器官的詳細構造是必要的。細胞生物學的研究途徑和技術是否能應用於低溫生物學，尤其是凍傷方面，要依賴冷凍解凍所引起構造上之改變之基本研究。

細胞是生物體的基本結構和機能單元，就像原子之於化學反應之基本單位。該細胞與其小器官和活性本身就是一個生物體。構成其活性的就是其結構上的組織使然，而細胞就是該組織的傑作，如果此細胞組織被破壞，其細胞機能也就被改變。雖然一些主要機能例如酵素的活性仍然存在，有時甚至強化，但細胞的協合組織已被瓦解並不是同一般自然造成者相同。

現代細胞學研究的趨勢，在研究有關健全與疾病的細胞中，各小組織的構造與機能方面是比其他方面來得活躍，這是因這方面的研究有一百多年根底的關係。雖然一直在談論細胞的構造，但讀者不要忘了生物化學是推動細胞學發展的一個顯明因子。因細胞生化學貢獻出新方法來分離和分析細胞中的小器官，使在配合進步的電子顯微鏡下能做分子級的研究。反應細胞活性的許多重要化學反應機構實在是構成小器官的組成分。在某種程度下的觀察的確很

難區別那個是屬於構造或是反應機能。整個細胞由其組成份的協調作用和配合組成份與環境之交互反應下維持一定的法則。

五、研究用途

細胞的傷害，尤其是用冷凍與解凍而引起的，終究必須用分子的種種學說來解釋。

今日的低溫生物學的知識還不能了解也不能解說生物複雜系統的凍傷與冷凍保藏之許多現象。這方面的研究大部份是實驗方面的，雖然在保藏各種細胞方面很成功，但對於在低溫哺乳動物細胞的生與死之基本知識之了解幫助太少。現在冷凍解凍對於細胞生存的因子的研究要用極粗的微顯鏡觀察之，才能對冰之形成與融解所發生之直接和間接影響有較深刻的瞭解。

目前作者與其他人研究的目標在(1)調查生物複雜系統中各階層受冷凍解凍所造成傷害的本質，期望能找到因果和防止的可能反應機構 (mechanism)；(2)要完成這個又必須調查影響細胞中極小器官構造和酵素活性，在冷凍解凍過程中冷凍速率和保護作用之諸藥劑之作用；(3)利用冷凍刻蝕 (freeze-etching)，冷凍乾燥或冷凍取代 (freeze-substitution) 等技術來研究細胞中各小器官在冷凍前後因冷凍而產生構造和機能在各階層的變化；(4)利用呼吸，滲透壓，移植，生殖等等生物實驗所得之種種常數配合各組織酵素與膜質活性來研究冷凍傷害。

瞭解冷凍傷害或冷凍保護的機構不僅要靠細胞在冷凍前後各種情勢的比較，同時要看冰結晶在冷凍細胞中和各種小組織的關係。在研究細胞構造和生化技能所用之種種技術也要用在新鮮組織的日常實驗上，當然也包括冷凍和解凍的工作上。目前冷凍乾燥和冷凍取代兩技術是光學顯微鏡和電子顯微鏡切片實驗中，研究組織內冰形成的最普遍方法。一種既新，理論上又極優的冷凍刻蝕 (freezing-etching) 技術將來可能被用來做細胞中冰結晶形成的研究。

利用光學顯微鏡來研究冰結晶之形成與細胞構造的關係已經證明了細胞內外的冰結晶會影響細胞的活性。研究冷凍前後細胞極構造與相關機能，還有，我們研究的細胞極構造在凍結狀態的情形使這門科學有相當的成果。電子顯微鏡，生化方面的分離工作和酵素實驗之應用於生物組織的研究是不可少的工具。

瞭解細胞因冷凍解凍引起傷害的作用依賴我們對細胞本身基本機構之了解。細胞生物學雖已有相當的成就，但離我們要求的目標尚遠，因此要期望種種實驗的成功，在目前還未成熟也不實際，但我們還是要有系統地一步一步地澄清凍傷的機構。希望能從細胞各階層複雜系統中瞭解構造與機能的種種關係，則在細胞生物學上將是一大成功。正如細胞生物學上已有的例子，爲了瞭解細胞機構而做的種種實驗必須配合分析生物體各階層複雜性所得之資料

六、摘要

簡略述說低溫生物學，它的本質、應用、歷史和研究的重點。期望這方面的知識能應用於台灣食品工業的研究與發展。同時希望如此一篇短文能引起讀者查閱文獻的興趣而對於食品冷凍與冷凍乾燥的工作有所幫助。

英文摘要

English Summary

An abbreviated description of cryobiology, its nature, applications, history and research emphasis, was presented in order to introduce this field for possible applications in research and development in the food industry of Taiwan. It is hoped that even such an incomplete exposure will stimulate some readers to investigate the literature and other sources of information on the subject, so as to provide a better basis for progress in preservation of foods by freezing and freeze-drying.

參考文獻

- Mazur, P. Cryobiology; The freezing of biological systems. Science 168; 939-949, 1970
- Neryman, H.J., editor, Cryobiology, Academic Press, New York, 1966
- Sherman, J.K. Freeze-thaw-induced structural changes in cells, I, II & III. Cryosurgery 2: 123-205, 1969
- Smith, A.U. Effects of low temperatures on living cells and tissues. In Biological Applications of Freezing and Drying, Chapt 1, R.J.C. Harris, Ed., Academic Press, Inc. New York, 1954
- The Journal-Cryobiology, AP., 1964-present.

食品組織之研究與發展

Food Texture

王一凱
I.K.Wang

目 錄

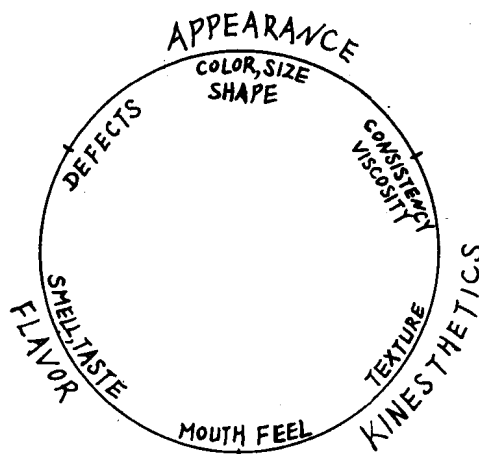
一、前 言.....	14
二、食品組織之定義及食品組織類型.....	15
三、食品組織研究之理論基礎——流變學簡介.....	21
四、流變學之應用.....	25
五、食品組織測試方法之發展.....	31
六、食品組織測試儀器之發展.....	43
七、食品組織計算公式之建立.....	50
八、食品組織之儀器測定 Texture Profile Method 簡介.....	53
九、結 論.....	69
十、英文摘要.....	70
十一、參考文獻.....	71

食品組織之研究與發展

王一凱

一、前言

任何動植物原料，加工成食品，品質好壞是人們食用時第一要求。就官能評價立場，其品質成因可圖解如圖一：⁽²⁾



(圖一)

按此圖，吾人可知構成食品品質好壞，在一般消費者的看法是外觀 (Appearance)，風味 (Flavor)，肌感覺 (Kinesthetics)，各名詞在意義上無法完全獨立，官能感覺上有重覆的地方，研究時需要整體的配合。習慣上，我們仍說構成食品品質的因子是色、香、味及組織感。本篇則是專就食品組織的研究發展提出報告，此處所論組織的定義是廣泛的，可以說圖解中之尺寸 (size)，形狀 (shape)，稠度 (consistency)，黏度 (Viscosity)，組織 (Texture)，口感 (Mouth Feel) 都予以包括。

食品組織研究中，流變學 (Rheology) 乃其理論基礎，蓋食品是由複雜的生物體構成，其組織結構所呈現之力學關係，皆與流變性質有直接關係，流變學是物理學之分支；是討

論固體與液體物質受力時變形與流動的情形⁽³²⁾⁽²⁹⁾。流變學日趨重要，有三大原因⁽³³⁾：(1)農產品機械化收割越來越多，產品原料受力的大小會直接影響品質，故每一種產品的流變性質皆應詳加研究。(2)食品加工大量生產皆係機械處理，操作方法有切割 (Cutting)，製漿 (Pulping)，擠壓 (Extrusion)，混合 (Mixing)，抽送 (Pumping) 及乳化 (Emulsifying)，每一種加工動作都直接影響產品原料之流變性質⁽⁸⁾。(3)消費者因教育水準提高，經濟日趨富裕⁽³³⁾⁽³⁾，對食品組織的鑑定日益講究，而官能上之咀嚼感，事實上便是流變性質變化問題。目前由於人造食品的發展⁽⁴²⁾，譬如組織化的廉價蛋白食品⁽⁴³⁾⁽²⁷⁾⁽⁴⁷⁾，糕點食品之營養強化⁽²⁶⁾，另外如人類生存空間的變化，如太空失重狀況下之飲食組織流動研究⁽⁵⁾都刺激組織研究之發展，研究組織是欲改進及提高食品品質最根本的途徑，欲求高品質食品加工技術在國內生根，尤其需要做食品組織之基礎研究。

本文之重點在流變學之介紹及應用，一般測試方法及儀器發展，Texture Profile Method 之特別介紹及目前研究組織之最新趨勢等。

二、食品組織之定義及食品組織類型

食品組織是一種官能特性，目前較被接受之食品組織定義是：組織是食品品質官能評價物性之一，與人體的觸感有直接關係，且能用儀器測試，以力、大小等單位予以表示者⁽²⁾。組織定義討論已有數十年歷史。早期的研究者將組織 (Texture) 與稠度 (Consistency) 皆視為食品組織的一部分⁽³⁹⁾，組織是指食品的堅度，稠度是指食品粒子大小結合情形，組織是固體，稠度是固體與液體之混合，組織強調結構中之個體，稠度強調整體的感覺，可以說每一學者皆有其一套說法。如今廣義的，有人將組織與稠度視為同義，或乾脆以組織代替整個廣義之食品組織，而稠度僅指半固體特有的性質。

本文討論是以組織代替整個廣義涉及食品組織因素之總稱，故包括硬度，碎度，甚至稠度等。

組織與結構 (Structure) 二名詞是不可相混的，結構是組成組織之個體，結構可以表示分子間結構的情形，也可以表示吾人所見食品外形的整體情況。

物理性質與組織意義又不同，食品之物理性質包括所有的物理現象，因此食品之光學性質、熱學性質皆可包含其中⁽³²⁾，組織是物理特性流變學部份與官能評價等生理、心理研究因素之綜合體。

故組織的研究，實包括心理學 (psychology)，生理學 (physiology) 物理學 (physics) 各方面之探討，於是涉及肌感覺學 (Kinesthesia)，流變學 (Rheology) —