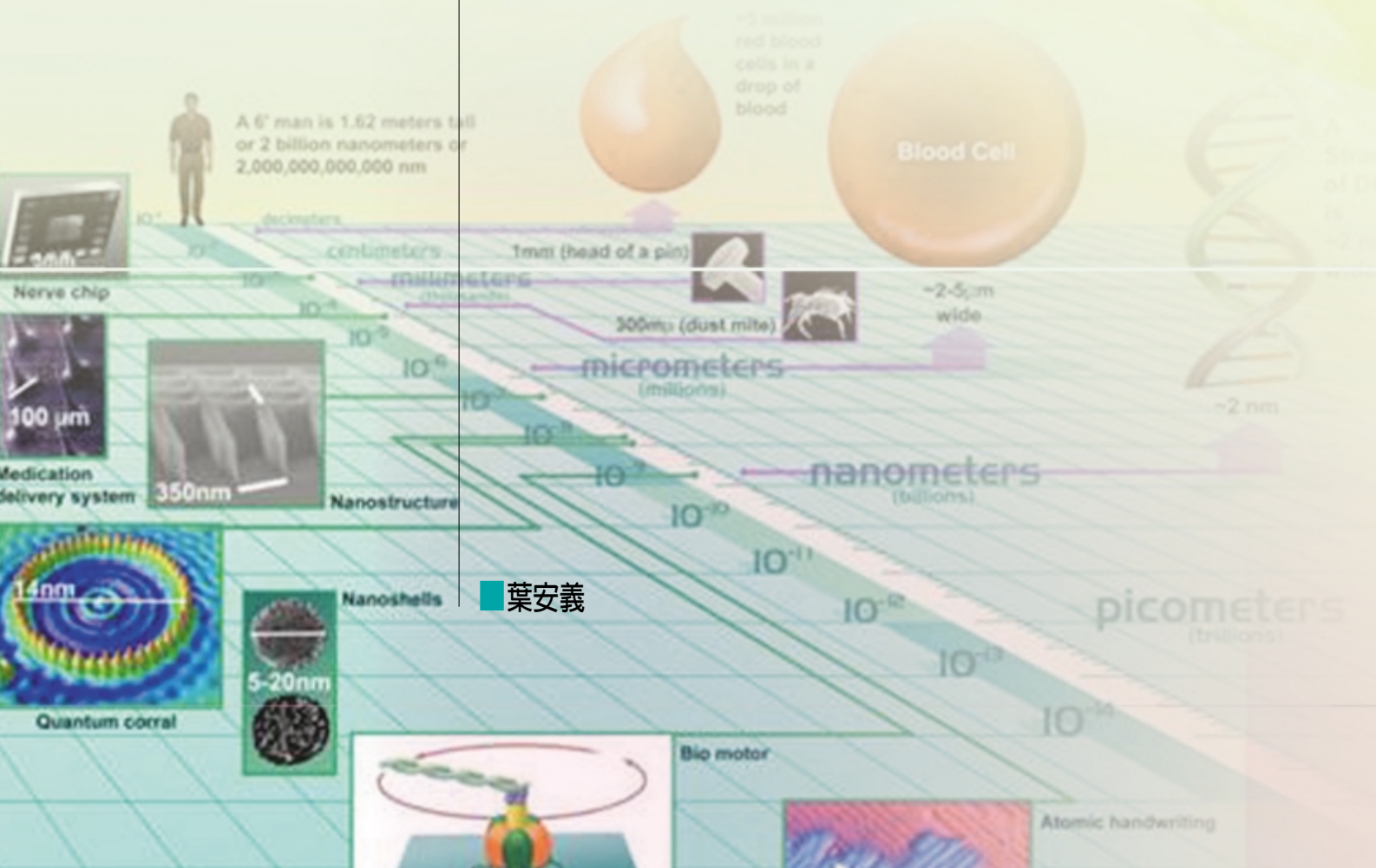


奈米科技 與食品

奈米科技使人類得以調控原子或分子的排列，
並由原子、分子的層次了解各種材料的功能和機制，
將會帶給食品革命性的創新應用。



■ 葉安義

奈米科技是什麼

奈米科技是一個熱門話題，以生產小於微米的產品為主要目的，依照美國國家奈米科技開創中心的定義，奈米科技包括：一、研究介於約 1~100 奈米 (nm) 的原子、分子或聚分子的結構、現象、基本性質的相關科技；二、創造或應用一些由於粒子小而具有特殊性質或功能的結構、設計、或系統；三、操控原子大小的物質的能力。

一項在歐洲的調查顯示，45% 的專家贊同第一項定義，17% 的專家認為小於微米即為奈米，23% 的專家則認為應屬於原子與分子層次。但在某些場合中，小於一奈米（如原子的操控）與大於一百奈米（如奈米粒子強化聚合物在 200~300 奈米時展現特殊功能、或奈米粒子與聚合物間的鍵結）也屬於奈米科技。

在奈米尺寸下，物質常會產生新的特性與現象，例如，蓮花表面的奈米結構使污泥無法沾附，金的顆粒大小在五奈米時熔點大幅下降，奈米尺寸的二氧化鈦的導電性數倍於普通尺寸的二氧化鈦等。

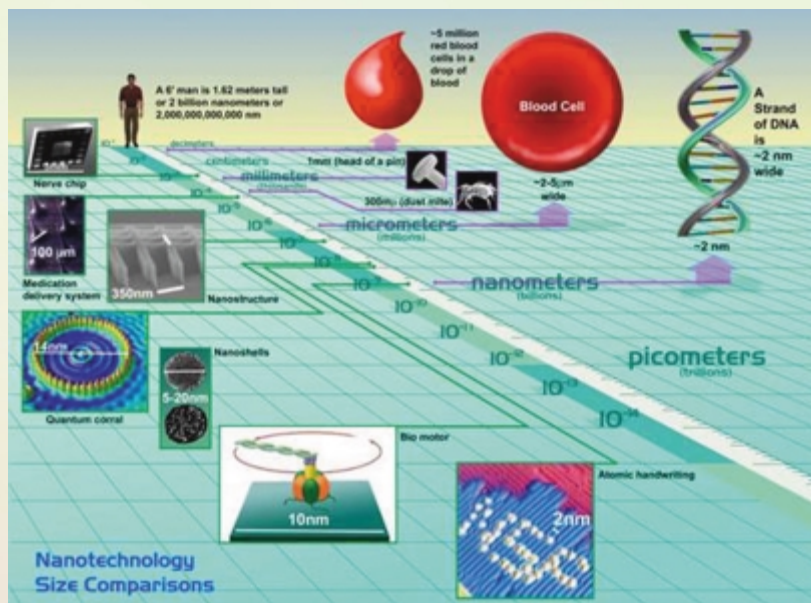
奈米科技的發展

一九五九年著名物理學家 理查·費曼的演說〈寬廣的底層〉(There is plenty of room at the bottom.) 開啓人類對微小物質的探索；一九六二年日本熱力學家久保發表論文指出，細微的金屬顆粒，其電子能階隨著粒徑大小之不同而異；一九八二年科學家發明研究奈米的重要工具——掃描式穿隧顯微鏡，揭示一個可見的原子、分子世界；一九九〇年第一屆國際奈米科學技術會議在美國舉辦，展現奈米科學技術的誕生，奠定了奈米科技研究與發展的基礎，之後世界各國競相投入大筆研究經費。

二〇〇二年，美國政府等投入近六億美元的研究經費，二〇〇三年則增加為近七億美元，二〇〇五年的預算已確認為十億美元；歐洲以德國、英國、法國等國投入較多，共約投入近兩億美元的研究經費。

宏觀物質至分子尺度的比較

尺寸 (nm)	例子	用語
0.1~0.5	化學鍵結	分子/原子
0.5~1.0	小分子、沸石內的小孔	分子
1~1,000	蛋白質、DNA、無機奈米粒子	奈米
$10^3 \sim 10^4$	微小流體的通道、晶片、細胞	微米
$> 10^4$	一般物質	宏觀



尺度的比較 由兆分之一公尺、奈米（十億分之一公尺）至公尺與公尺。

費，亞洲以日本最多（六億五千萬美元），中國大陸居次（兩億美元），台灣與韓國並列第三（一億五千萬美元）。最近的報導，美國眾議院批准在未來四年內投入三十七億美元的研究經費，顯示美國發展奈米科技的決心，研究方向以改善人類健康、診斷與治療方法的改進、減少污染、與有效偵測系統的開發等為主要目標。

全球奈米科技以日本、美國及西歐先進國家為領先群，但各擅勝場；美國在合成與組裝及高表面積材料領域領先；西歐在分散與塗布材料方面領先；日本則在奈米裝置與固化材料方面領先。奈米研究先驅俄羅斯，在奈米粒子及奈米結構製程方面研究有獨到之處，韓國則偏重半導體領域研究，食品相關的研究則相對地非常少。

相較於美國、日本及西歐部分科技先進國家，台灣投入奈米研究的腳步雖然較晚，但近年以國家型奈米計畫投入奈米科技競賽，在後直追，產業領域包含光通訊、電子、構裝、儲存媒體、顯示器、能源、生技、傳統、檢測分析設備開發及平台等十個領域。根據行政院「挑戰二〇〇八國家發展重點計畫」規劃，從今年起六年內，將陸續投入新台幣 231 億元經費推動「奈米國家型科技計畫」，期望在五年內成為世界奈米科技研究的先導國家之一。

目前台灣奈米技術投入的產業，預估在三年內可影響產業增加的年產值將達九百億到一千二百億新台幣，希望在二〇〇八年能創下年產值三千億新台幣的成績。經濟部技術處認為，以台灣將來占有全球奈米產品市場百分之三計算，年產

值就達新台幣一兆元左右，與半導體產業的目前年產值相當，若能達到預定目標，未來台灣不但是「半導體之島」，也將是「奈米

之島」。

主要奈米科技包括：奈米物理學或介觀物理、奈米化學、奈米材料學、奈米生物、奈米電子學等領域，而奈米技術的研發重點在奈米化學技術、奈米物理技術及奈米工程技術，這些技術廣泛應用到各種產業，例如電子、光電、生醫、化妝品、能源、觸媒、與材料等。

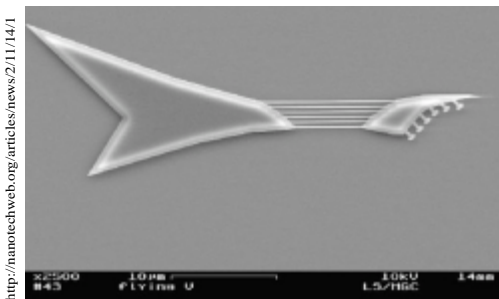
奈米科技的發展使得半導體記憶體縮小，使電腦能有更快速的運作速率和更多的儲存能力，與電子業息息相關。由於粒子小，使印刷出的影像或文字更為清晰；此外，粒子間的空隙小於塵埃，可塗布在表面上作為防塵之用；且由於粒子小可滲入皮膚內層，輔助有效物質的輸送，因此已實際應用於印表機、浴廚用具、化妝品等，與生活息息相關。

日本（Kanebo Spinning 公司）開發出一種新的纖維，外層塗上 20 層薄膜，總厚度只有約五十奈米，其吸水性是一般材料的 30 倍，可用於內衣或緊身衣；另一家公司（Teijin Fibers Ltd.）則開發出發冷光的纖維，衣服可依光源的變化，反射出不同的亮光；最近美國康乃爾大學的科學家製備奈米吉他，弦是以矽為材質，橫切面大小是 150×200 奈米，長度介於 6 ~ 12 微米之間，震盪頻率比一般吉他高十三萬倍，可廣泛應用於積體電路。

奈米科技目前的市場規模約為 4.9 億美元，二〇〇五年可達九億美元，預估二〇一〇年可擴大為 110 億美元。與其他工業相比，奈米科技處於萌芽階段，屬於工業革命的紡織、鐵路、汽車等工業均較成熟，預期在二〇二五年電腦市場的成長也將趨於平緩。

奈米科技的起飛，與各項基礎研究的發展有關。二十世紀初期，物理學的研究由宏觀開始，逐漸縮小尺度，嘉惠了電子與光電產業。生物科技則始於微米級尺寸，經由分子生物，進入生物晶片的領域。化學則由比奈米還小的

奈米吉他



鍵結開始，藉由巨分子的探討，進入奈米領域，導致目前有關電子元件、光電元件與生物晶片的開發。將來需整合不同領域的學理，以便更深入地了解奈米物質的各種性質，增廣其應用範圍。

奈米級技術與食品

食品多來自生物體，主要成分如蛋白質、澱粉等屬於生物材料的聚合物，結構的奧妙出自於自然界的奈米技術，非人類目前的科技所能完成的，例子之一是牛乳蛋白，在乳酪中，當 pH 由 5.5 降為 4.6 時，次膠微粒由 15 奈米減小為 3 奈米，因此質地更細緻。

良好的質感（包括質地、香氣、品味等）是食品的基本需求，不好吃的產品是很難受歡迎的，市場的趨勢可由四個動力（健康與活力、生活形態／方便、衛生與安全、功能性）主導，新穎的、更健康、更好吃、更安全的食品應是主流產品。由於生活水準的提升，飲食知識的累積，醫療費用的增加，自我健康管理意識的增強，消費者常期盼食品能增進健康，並具有滋補與緩和衰老的作用。能使身體健康有活力，同時具有美容效用的食品，會獲得市場的青睞，因此健康／機能性食品、藥用食品、有機食品等應運而生。

利用各種研磨的方法，把具保健成分的原料製成奈米粒子，由於表面積增加，可提高吸收率，強化有效成分的效用，是奈米科技在食品中最顯而易行的應用。同時具有保健、增加活力與美容效用的食品幾乎不存在；把有效成分分別包埋在奈米粒子中，其包埋與釋放效果均優於傳統方法，添加在食品中，就是具保健效用的複方食品。

藥用食品是針對需要特別照顧的病人所設計，精確地傳遞是其特點，攜帶抗疾病（如骨骼疏鬆症、糖尿病、關節炎、腫瘤、心臟性疾病、

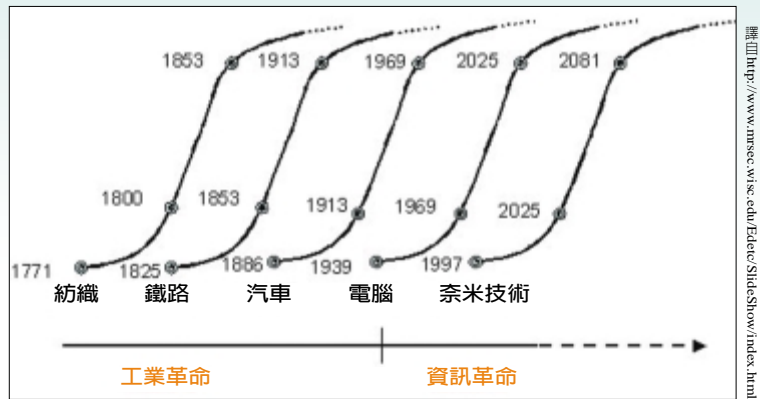


圖 11 <http://www.unsw.edu.au/Electe/SlideShow/index.html>

過敏症等)的有效成分，到達需要的地方釋放出來，維持有效成分需要的濃度，發揮其最大效用。研究學者發現以 DNA 與幾丁聚醣製成奈米顆粒，在老鼠體內可抑制對花生過敏的基因的反應，這類技術的發展，將使許多消費者受惠。

美國一家公司（BioDelivery Science International Inc.）以磷脂質為材料製備效果良好的攜帶體，能抗拒環境的影響，如胃中的酸性，到達目標細胞，經與細胞膜融合，把有效成分或疫苗直接送達細胞內，消彌疾病的發生。還有把 DNA 結合在奈米管的一端，另一端則用來與腫瘤細胞結合並加以消滅的研究報告。未來可把具有

工業發明的變革

科學領域的發展

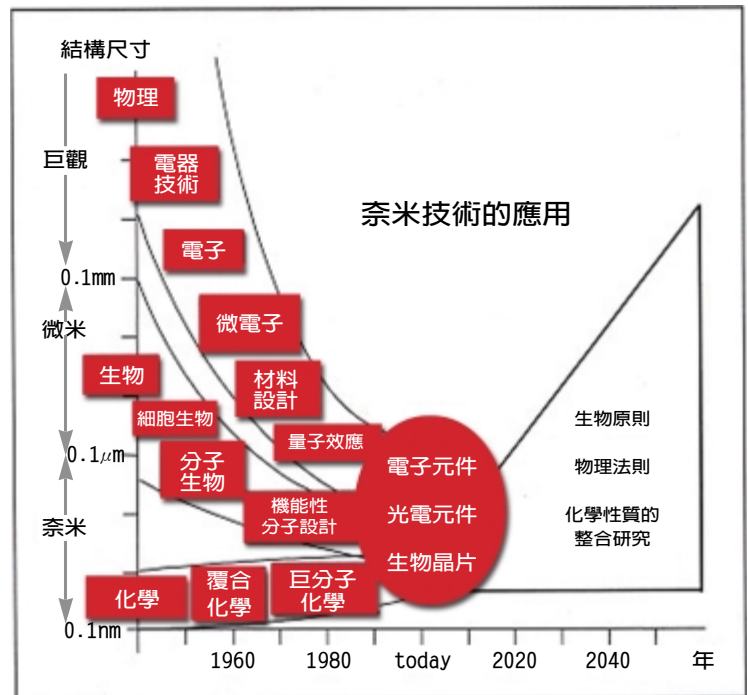


圖 12 Regan - 2002

類似功能的奈米粒子，添加在食品中，使消費者獲得「吃」的快樂與治療效果。

合成／重組食品

經由對奈米顆粒、物質、材料等性質的了解，食品科學家得以了解食品的物理、化學性質與其分子結構的相關性，進一步揭曉分子排列層次的重要性，以及合成物質與生物物質間的分子作用力，因此得以操控分子的結構與形態，合成新的食品。

合成食品所需的技術較深奧，需要更多的研究；短時間較有可能完成的是重組食品的結構，利用由上而下（如研磨、石版印刷等方法）或由下往上（如以原子或分子進行自我組成）的方法，製備各種不同性質的奈米顆粒，添加在食品中，改善其性質，賦予特殊的質地。澱粉可做成奈米粒子，在水溶液中展現膠質的行為，形成特殊的流變性質與質地；或利用奈米粒子的包覆能力，保護香料不受加工或復熱過程的破壞，使產品聞起來香，吃起來更香。

衛生與安全

食品的衛生與安全是絕對需要的，如何避免食物受到恐怖分子的攻擊，更是許多西方国家努力的目標。從原料、加工或製造、運輸、販賣、到消費均需檢測，記錄與控制，方能避免污染。

生物反應器與生物偵測器，奈米管薄膜具高選擇性，加強結構與化學的親和力，可以鑒別酵素、抗體、蛋白質、與DNA等，不但可用於分析，也可做為偵測器，以達到快速檢測的目的。

除了分析、偵測以外，奈米粒子也可用來消彌細菌的致病力，以經自我組成的有機聚合物或無機奈米粒子與多醣類或多肽類結合，產生特殊結合力，與細菌結合，抑制細菌對寄主的感染力。

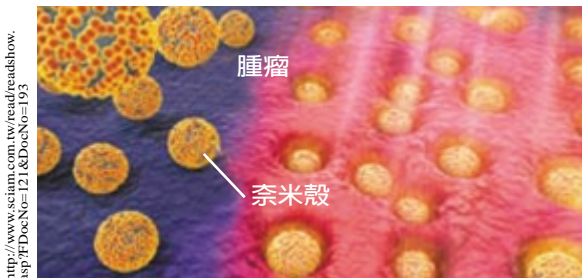
以微晶片為基礎建立的奈米偵測器是一種新趨勢，直接偵測目標細菌的DNA，達到快速檢測的目的。藉由對細菌在物質表面附著力的了解，可以減少食品被污染的機率；用奈米粒子包裹抑菌劑，在特定的條件下釋放出來，以進行滅菌。將植物油與清潔劑混合進行乳化，形成400~600奈米的粒子，利用高表面張力導致的聚集動作，可破壞病原菌的細胞膜，達到滅菌的效果，由於植物油本身對人體無害，可廣泛用在食品中。

零廢棄物

科技的發達，使人類的生活發生很大的改變，但也造成許多污染，零廢棄物是許多國家努力的方向。就食品界而言，新的包裝材料和物料的再利用是兩個重要項目。生物礦化是製備奈米合成物的新穎方法，把有機物（如蛋白質、澱粉）與無機物（如碳酸鈣）作用，產生的新材料，堅韌度大幅增加，例如以馬鈴薯澱粉與碳酸鈣製成的包裝材料，熱導度低，質輕且生物可分解，將可取代速食餐廳常用的聚苯乙烯包裝盒，以減少污染。

日本有一家公司（Nano Material Inc.）開發出奈米合成阻隔性物質，塗於塑膠外層，不但減少透氣性與透水性，而且透明，不妨礙外觀。添加奈米黏土在包裝材料中，使包材質

奈米管具有多種用途，最近的研究，奈米管可用來促進蛋白質的結晶，奈米管與薄膜結合，可作為



奈米醫學 奈米顆粒可把藥物送到特定的目標，包括一般藥物不容易抵達之處。舉例來說，與腫瘤產生結合的金質奈米殼（圓球型），經由紅外光照射後加熱變形，就釋放出摧毀腫瘤的藥物。

<http://www.sciam.com.tw/read/readshow.asp?DocNo=121&DocNo=193>

輕、堅韌、與耐熱，同時可有效地阻隔氧氣、二氧化碳、水、與揮發性物質的通透，做為食品的包材，尚可延長產品的儲存期。

奈米科技的發展增加對分子以及分子內、分子間作用力的了解，因此可進一步了解許多機制，如觸媒或酵素反應、肌肉收縮、蛋白質結構的展開與折疊等。

在食品中，纖維素是公認為具有多項保健功能（如促進腸胃蠕動、減少膽固醇、油酯的吸收，及緩和血醣升高等）的成分，且廣泛存在於各項食品中，例如大豆、穀物、水果等，但由於其組織、結構較粗糙，口感很差，因此常被當成廢棄物處理。如前所述，奈米管可作為生物反應器，由於其表面積大，可促進酵素反應，分解農產品的廢棄物，成為有用的醣類，不但可改善其口感，作為保健食物或減肥食品之用，同時可大量減少廢棄物，可謂一舉多得。

新技術

由於時代的進步，生活步伐的加快，許多家庭沒有充裕的時間準備三餐，同時三餐間的零食時間增加（如下午茶等），消費者對食品的需求，除了可口（包括質地、香味）外，還需要方便性，相關的產品有許多，例如點心食品與便利商店販售的各式麵點、米飯、燒賣等。材料功能性的了解，與加工技術的適當應用，均有助於這類食品的生產與品管。

奈米科技已應用於廚浴用具的表面處理，使產品不沾灰塵，這項技術可應用於加工器具的表面處理，使其不易受微生物的污染與生長，將可延長產品的保存期限。把無機物的奈米粒子加在有機高分子中，所製成的薄膜，增加的通透率超過 200%，同時可依奈米粒子的大小調節薄膜的選擇性，其分離將更快與精準，可用於蒐集食品中因加熱而散失的香氣。

生物反應器可進行酵素反應、發酵等，增加表面積，提高反應速率是奈米級生物反應器的功效，奈米管添加在薄膜中，不但可作分離用，尚可作為生物反應器；另一種製備生物反應器的方法，是把有機物與奈米管結合，可作微生物反應器，把澱粉分子纏繞在奈米管的表面是一個例子。

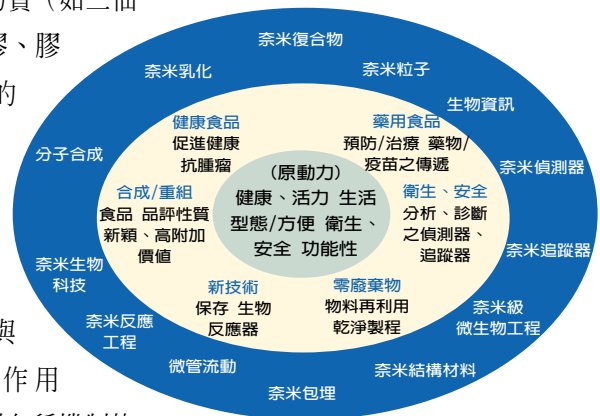
原子力顯微鏡可用來鑑定奈米級物料的特性，測定蛋白質、多醣、或DNA單獨一條鏈的流變性質，測量物質中局部的玻璃轉換現象，探討膠類物質（如三仙

膠、褐藻膠、膠原蛋白）的成膠機制，乳化液中介面的分布以及乳化劑與分子間的作用

力。由於對各種機制的了解，將有助於開發可口、高品質、與保存期限長的食品或食品添加物。

奈米科技是一項新技術，應用的範圍正逐漸擴大，很難預估其對人類長遠的衝擊。這項科技的發展將增加人類對物質的控制，發展出有益於社會的產品。雖然目前尚無奈米食品材料的商品，但由於粒子小，其吸收率應較高，有助於嬰兒、老人、或消化系統不良者攝取必須的營養物質，且可能應用在中草藥，使藥效更容易發揮。為達到這些長遠的目標，食品材料的奈米化技術與產品性質的了解是一項重要的課題，食品科學家應掌握此契機，善用奈米科技，造福消費者。 □

葉安義
台灣大學食品科技研究所



奈米科技與食品的關聯