
生物科技概念指標之研究

朱耀明 莊如芬*

國立高雄師範大學工業科技教育學系

壹、緒論

一、研究背景與動機

「生物科技教育」對現代人或教育界而言是一個新的名詞，雖然我國已把生物科技列為國家重點發展科技，但僅只侷限於產業及學術研究領域，在教育領域也僅大學有相關的科系來開班授課，一般生物科技常識僅靠新聞媒體零零碎碎的相關報導而已。教育是百年樹人，為培育國家未來與其他國家競爭的生物科技人才，除產業及學術研究外，尚需各階段學校教育有完善與系統化的紮根教育不可。

二、研究目的

本研究之目的如下：

- (一) 探討生物科技的內涵。
- (二) 建構高中及國中小學生物科技概念指標。

貳、文獻探討

一、生物科技的概述

(一) 生物科技的定義

生物科技是新興的科技領域，依人類的目的、需求不同而有不同的定義範圍。洪德生(2004)指出生物科技係指運用生命科學方法如基因重組、細胞融合、細胞培

養、發酵工程等為基礎，進行研發、製造產品或提升產品品質，以改善人類生活素質的科學技術。

研究者認為生物科技和其他科技不同之處在於，除了是人為技術，生物科技尚需利用生命體為基底，也就是利用生命體生產有益人類的物質或達成人類生活需求之技術。

(二) 生物科技的關鍵技術：

生物科技是一系列關鍵技術的整合，是結合傳統與現代的技術，其關鍵技術包括新生物技術和傳統生物技術。以下簡略說明新生物技術與傳統生物技術之內涵(朱文深，2001)

1. 新生物技術：

(1) 基因工程技術：亦稱遺傳工程技術，係指在細胞外利用任何可行的方法，將核酸分子進行人工剪切、組合，再嵌接於病毒、質體或其他載體系統，構築重組分子，經由轉錄或轉譯作用送入寄主細胞內，進行複製與表現。

(2) 細胞融合技術：指將兩種不同細胞經藥物或電流的處理，使其融合，產生兼具兩種母細胞遺傳性狀的融合細胞之技術，利用此技術可以將腫瘤細胞與產生抗體的細胞融合，製成融合瘤細胞。

* 為本文通訊作者

- (3) 蛋白質工程技術：藉由蛋白質工程技術可以改變蛋白質的理化特性(如：酸鹼與溫度耐性)及功能，產生具有新穎特性的蛋白質。
- (4) 體細胞複製技術：係指將生物之體細胞以無性生殖的方式大量繁殖成為生物個體的技術，動物體細胞複製技術是最近才發展成功的技術。
- (5) 幹細胞技術：係指以營養培養基繁殖幹細胞(stem cell)，使其分化成為組織的技術。幹細胞存在於人體許多組織中，不但具有再生能力，而且具有能夠分化成為人體各種細胞的潛力，如心臟、肺及肝等。

2. 傳統生物技術：

- (1) 組織培養技術：係指將活體內取出的組織或細胞之一小部份，在無菌狀態之營養培養基中進行人工增殖或分化的技術。廣義的組織培養包括細胞培養、器官培養。
- (2) 細胞或酵素固定化技術：係以物理或化學方法將酵素或細胞與高分子、不溶性物質的擔體結合，而利用於連續反應的技術。酵素或細胞經固定化後，對熱、酸鹼、有機溶劑、變性劑或蛋白質分解酵素等之耐受性提高，且酵素或細胞可不斷接觸與分離，而達到重複使用的目的，具有降低成本、提高效率、產品易回收等優點。
- (3) 發酵技術：係指大量培養生物細胞，進行生化代謝反應，以生產有用物質之技術。發酵技術從早期的微生物到

近代的植物細胞與動物細胞的培養利用，成為生產各種生物技術產品的必要手段。

(三) 生物科技系統

依照科技系統模式中，包含的輸入物質、處理過程、輸出產品及影響結果為何，因此將生物科技的組成要素、技術及產品影響放入，也可形成生物科技系統模式，如下圖 2-1。

(四) 生物科技的特性

因為生物科技材料是以生物體為主，因此運用生物技術製造的產品具有特點為：

1. 原料以再生性資源為主。
2. 污染性低。
3. 能源依存度低。
4. 產品種類多樣化。
5. 技術應用廣及醫療、特用化學品、食品工業。
6. 附加價值高。
7. 產品獲利期間長。

人類為使壽命增長、生存能源不短缺、及提升生活品質，生物技術是未來生活中不可或缺的關鍵科技。

(五) 生物科技的應用：

生物科技不斷的日新月異，發展一日千里，生物科技的應用相當的廣泛，生物科技的內涵可包括基因圖譜、生物製藥、基因工程等，然則其應用的範圍則包括了農業、食品、醫藥、化學、能源、工業等多方面。如下圖 2-2 所示。

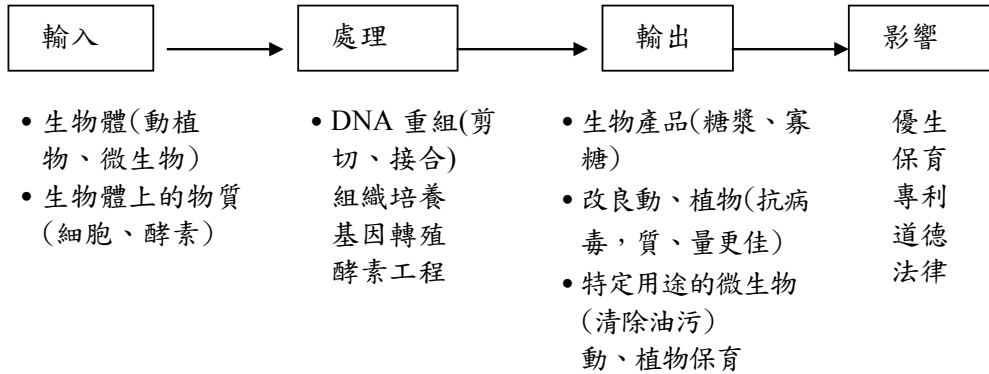


圖 2-1、生物科技系統模式

因為生物科技產品從研究到應用需要較嚴謹的評估期，因此現階段生物科技應用領域大約可分為農業、醫藥、環境等方面的應用。茲介紹幾項生物科技的應用內涵如下：

1. 生物科技與農業：

生物科技在農業方面的應用，多是利用分子轉殖技術，將從動、植物及微生物細胞中部分特定的基因，轉殖到其他目標經濟作物中，使基因改良作物獲得其原來沒有的特性，或改良原來的缺陷，以達到容易控制品質且是快速改良，進而提高農產品的經濟價值的目的。

生物科技在食品領域的範圍包括：保健食品、食品添加物、食品工業用酵素、釀酒、食用油脂、香料發酵菌種的改良、食品品質及安全檢測、基因轉殖作物、廢水及廢棄物處理等。若由食品之加工流程來看，生物科技從原料品種之改良、採收、加工製程的改善與開發、儲存期間的控制、品管及檢驗分析之應用、廢棄物之處理與再利用等流

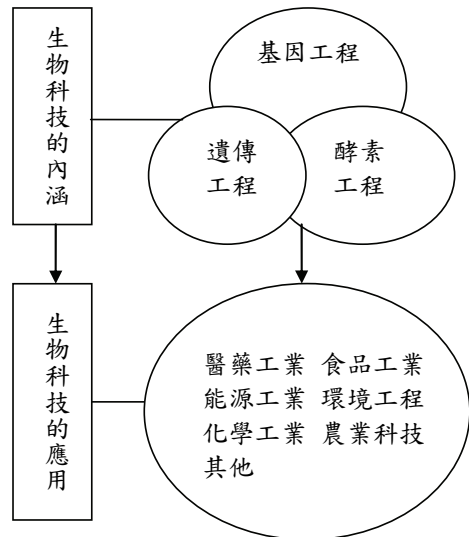


圖 2-2、生物科技的內涵與應用圖
(廖居治，2003)

程，均可看出應用的實例(圖 2-3)(廖啓成，2003)。

生物科技應用在農業方面有增加產量及提昇產品品質兩大目的。因此從人類生活中，農業是國民生活中最直接的基本需求，也是永續生存的要件，為提升傳統農業的單位面積產能及農產品精緻化，適當的運用生物科技將是農業創新發展的未來方向。

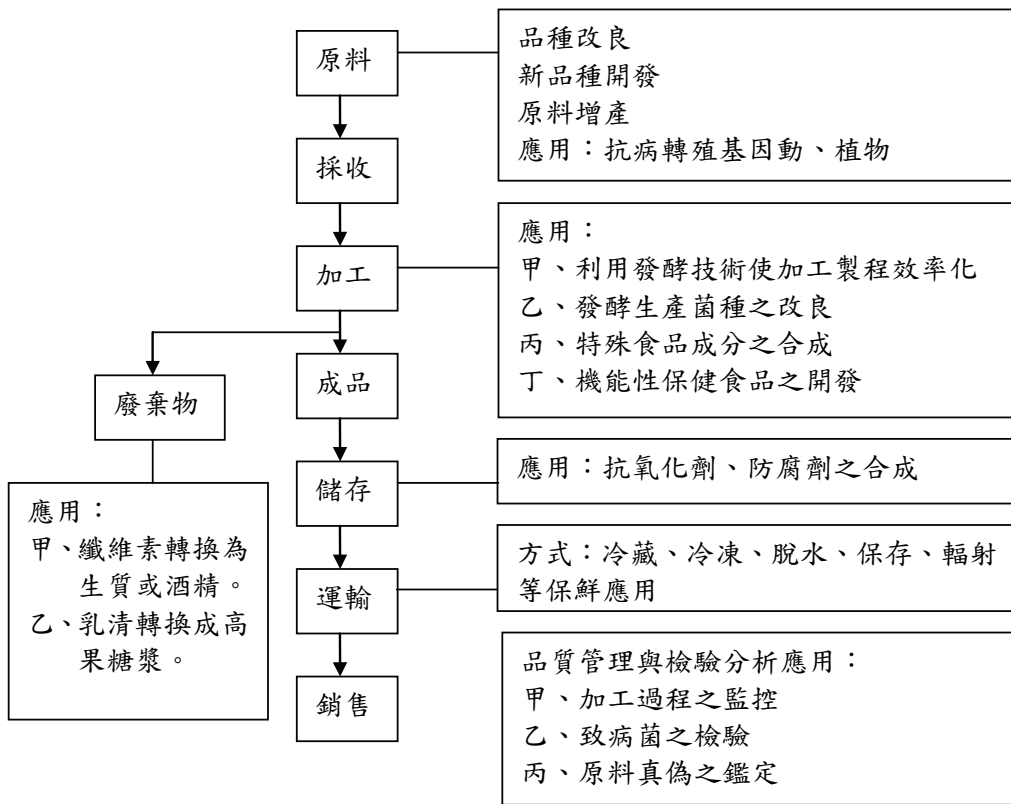


圖 2-3：生物技術在食品產業之應用

(資料來源：生物產業技術概論(p.137)，廖啟成，2003，新竹：清大出版社)

2. 生物科技與環境

環保生物科技發展的現況包括生態保育與污染防治之生物技術，舉凡利用生物程序、生物細胞或其代謝物質、或分子生物技術於自然環境中進行環境的復育、控制及偵測，以改善人類生活環境品質的技術皆可函括(陳國誠，吳建一，2003)。

環保生物科技是因應環境保護及人類永續發展的目的，因為生物科技較一般物理或化學技術而言，成效較佳，

且沒有二次污染的疑慮，需多先進國家正積極推動相關法案、開發技術並推廣運用。台灣地區地狹人稠無法承受大量的汙染，因此生物科技除了解決環境保護的問題，還要作為開發新能源工具，畢竟地球是現階段人類唯一的棲身之處，為使生命永續發展，生物科技結合環境保護是重要發展趨勢。

3. 生物科技與醫藥衛生

生物科技在古代就被應用，第一個疫苗是由法國巴氏德發明的狂犬病疫

苗，到了 1880 年 Pasteur 製作減毒疫苗，開始建立人類對疾病免疫和製作疫苗的重要概念。人類科學史上的一個重要里程碑，人類生命科學的登月計畫——人類基因體計畫。物種基因序列中的功能基因，大致可分疾病預防、診斷、治療三階段應用：

- (1) 臨床的檢測與疾病的篩選上，如病原檢驗、疾病基因檢驗、法醫證據鑑定等；
- (2) 藥物的發展部份包括新藥物的開發、藥物的生合成等；
- (3) 農用動物與植物的部份包括食品檢驗、品種鑑定、疫病檢測等(周如文，2005)。

生物科技在近年來的迅速發展，尤其和醫藥衛生的結合發展，所展現的生命延續價值和商機，似乎越來越吸引人。因此，我們在了解生物科技和未來生命的關係後，應該要有智慧判斷其後續可能發生的問題，並且重視科學倫理。

(六) 生物科技的發展與衝擊

1. 生物科技的發展歷程：

盧素涵(2002)藉回顧全球生物技術自 1865 年至 2001 年間的重大發展並概述關鍵技術的突破歷程。首先，整理生物科技發展的演化路徑，初步將其發展歷程概分為三個階段：1.基因、染色體、核酸與 DNA 結構的發現(1865—1972)；2.遺傳工程與基因科技(1973—1995)；3.人類基因組計畫與生物晶片(1996—2001)。

2. 生物科技對人類衝擊：

生物科技是最近幾十年來新興的一門科技整合體。事實上利用微生物來製造食品，例如啤酒、醋、酸乳酪及乳酪已有 8000 年的歷史了(徐泰浩、曾耀銘譯，1993)，最近幾十年以來受科技發展快速之賜，生物科技的技術廣泛應用於農業、化學、醫藥、工業其他方面。

發展生物科技目前已經是世界各國正積極努力的目標，生物科技的重要性具有以下幾點：

- (1)正面的影響：提升國家競爭力、改善人類的生活、掌握時代的脈動、促進經濟發展等。
- (2)負面的衝擊：倫理問題、生理問題、社會問題、宗教問題、政治問題、安全問題等。

3. 生物科技的發展趨勢：

生物科技創造許多就業機會、促進全球性經濟發展及在某些層面改善人類生活，如果每個人都能以關懷生命，尊重大自然為前提，審慎評估生物科技對整體社會、倫理、人文、產業發展、健康醫療安全及公共衛生方面的衝擊，認知現階段限制範圍，並選擇正確的發展項目。那麼生物科技未來的發展與社會貢獻將無可限量(周如文，2005)。

綜合以上所述，生物科技是二十一世紀中，具備龐大經濟商機及利益的領域，也將成為經濟重心，其對社會與倫理方面的影響，也引起全球關心。生物科技的發展對人類的生活帶來許多的影響與衝擊。因此，如

何透過有效的教育方式，及早建立學生正確的生物科技核心概念，確實值得深思。

二、概念的意義與特質

(一) 概念的意義：

概念是人類思考和了解的工具，亦是學習的基本單位，所以經過有意義的學習而獲得的概念，才能使人類能夠具備更深入思考的能力(黃台珠，1984)。所以，概念是知識系統的組成單位，也是認知上極為重要的一環，它可用來代表外界事物及事件的共有性(鄭昭明，1997)，換句話說，概念也是一群觀念或事實的基本特徵。

(二) 概念的特質

概念存在於人的心智中，當人接觸到世界上的各種事物與現象，並試圖找出其

共通性，將此共通性符號化，因此概念有三種特性：共同性、符號化、使用者(黃台珠，1984)

(三) Bloom 教育目標分類系統(修訂版)之概念知識分類

Bloom(1956)率多位學者共同制定教育目標分類系統的認知領域；分為知識(Knowledge)、理解(comprehension)、應用(application)、分析(analysis)、綜合(synsth)與評鑑(evaluation)等六階層，這是多數教師及教育相關領域專業人員耳熟能詳的內容，在歷經五十餘年，由 Anderson 等學者發起重新修訂教育目標分類系統(如圖 2-4)，此二者主要的差異在於由原來的名詞改為動詞，並將原先的單向度區分為「知識向度」與「認知歷程向度」雙向度。

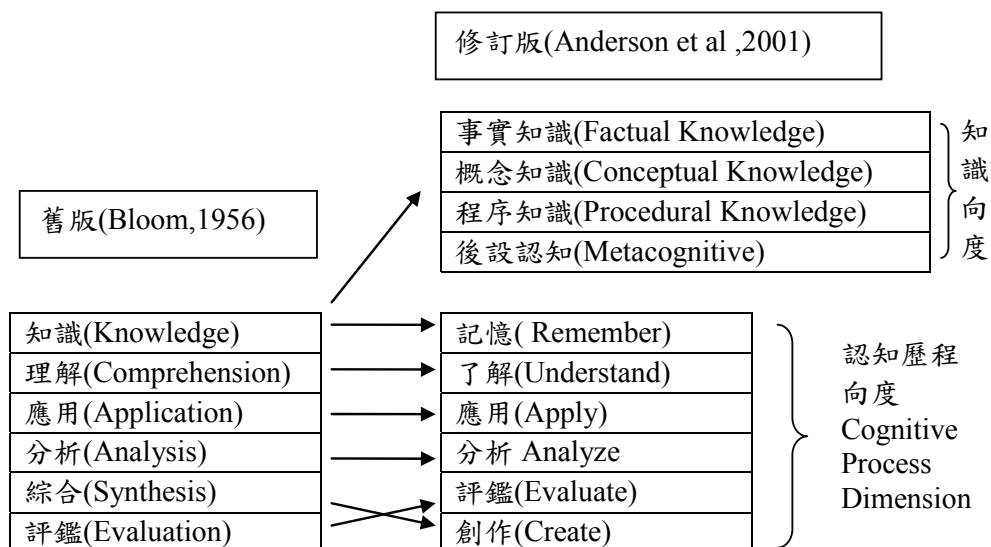


圖 2-4、Bloom 教育目標分類系統新舊版本對照圖(譯自 Anderson et al，2001，p268)

資料來源：譯自 A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Blooms' educational objectives . (p268), Anderson et al, 2001, NY; Longman .

Bloom 的認知目標分類手冊修訂版 (Anderson & Krathwohl, 2001) 將教育目標分類分成知識向度和認知歷程向度兩部分，前者為協助教師區分教什麼，後者在促進學生保留和遷移所習得。

在語法分析教育目標型分段能力指標的語句後，分離其動詞部份與名詞部份；並將認知歷程向度套在動詞部份，將知識向度套在名詞部份，作為解讀分段能力指標的基礎機制。

1. 知識向度

知識向度區分為：A. 事實知識、B. 概念知識、C. 程序知識、與 D. 後設認知知識。(Krathwohl, 2002)。

其中本研究所要探討的概念知識，在上述分類中所代表的意涵是指基本要素與較大的結構共同發揮功能的互動關係。因此概念知識又可細分為：

Ba 分類和類別的知識 (knowledge of classifications and categories)：意指對不同事物的類別、等級、區分和排列的知識；例如：生物體的種類，生物科技的演進。

Bb 原理和通則的知識 (knowledge of principles and generalizations)：指透過觀察現象所摘述的摘要，更重要的是可用於描述、預測、解釋或決定行動與採取的方向；例如：生物科技的應用，技術。

Bc 理論／模式／結構的知識 (knowledge of theories, models, and structures)：意指對複雜的現象、問題和事物提出清楚、完全與系統性的觀點，以理論和模

式呈現，亦可用來描述、了解、解釋和預測現象，是事實與概念中最抽象的層次；例如：生物科技的系統模式，生物科技的功能。

2. 認知歷程向度：

在認知歷程向度部分，修訂版分為較低層次的記憶、了解、應用和分析，以及較高層次的評鑑與創造，其中記憶和學習保留具密切關聯，而另五種則與學習遷移有關。

由於 Bloom 之教育目標分類系統主要針對認知領域加以闡述，且為一般教師所熟稔、也是目前教師教學與評量常引用的系統，因而在說明時可減少其艱澀難懂之缺點。此外，Bloom 教育目標分類系統，一方面可具體說明各階段應習得之知識概念，一方面也可能說明各階段學生應具備之能力；是兼具教與學角度出發的教育目標分類系統，比「CLD 理論學習達成四階層」之範疇及分類更清楚易懂，因此適合做為本研生物科技概念分類指標訂定依據。

三、指標

(一) 指標的意義

指標乃是用一件事代表另一件事的狀態或變化，為「一種指示量數，用以測量事物的品質或數量」。用做指標者可以是數字、符號、文字或是顏色等，事實上概念是實證研究的基礎，指標則是概念的量數，因為指標能夠化繁為簡，且能清楚表述，因而能對概念更進一步的了解，並提供做為價值判斷的參考依據。指標的建立

需要經過資料蒐集、分析、解釋後才能略見雛形(羅英豪, 2000)。

(二)指標的特性

Johnstone(1981)認為指標是一種統計量數，能反映某種現象的重要層面。他指出指標應具有下列五個特性：1.指標能指出普遍的狀態，但未必具有高度的科學精密度；2.指標與變項不同，變項僅能反映特定層面，而指標卻結合有關概念的變項，呈現制度的縮要圖像；3.指標是可量化的數字，必須依據建構的法則，解釋指標的意義；4.指標的值是短暫的，適用於少數或一段時間，可能是特定的月份或年份，也可能是過去一段時間；5.指標是理論發展的起點。

透過良好的指標人們能容易、清楚的瞭解某一體系所包含的重要層面，因此，研究者在建構指標時應掌握簡明性、適當性、信效性、重要性、可行性、可得性及比較性等規準，並清楚的界定指標，方能建構出一套合適且實用的指標體系。

四、生物科技概念知識建構分析

生物科技涵蓋 16 個領域，包括：微生物學、化學、細胞生物學、分子生物學、食品科學、化學工程學、動物學、植物學、生理學、遺傳學、食品技術工程學、生化工程學、生物化學、免疫學、動物培養學及醫學工程學；此外生物科技還應包含生物科技的本質、生物科技的演進、分子生物科技的基本知識、分子生物科技的主要技術、操縱原核細胞基因之表現、真核細胞的表現系統、蛋白質工程技術、診斷試劑、疫苗及治療製劑、生物性分解作用、

工業微生物產品之生產技術、基因轉殖動物、基因治療及生物科技之社會觀等 15 個主觀念(Tseng, 1997)。顯然，生物科技是一種跨學門的科技，其本質與內涵與其他科技有所不同。

綜上所述，研究者選定之文獻資料，以能概論全面生物科技的主題內容為主，其中以周如文(2005)所寫之生物科技概論，其內容範圍較廣及完整，因此以其內容的大綱及要點為主軸，歸納出六大主題：「生物科技的簡介」、「生物科技發展簡史」、「生物科技核心關鍵技術」、「生物科技的應用」、「生物科技的社會性議題」做為歸納核心知識的主要領域。並在綜合整理國內外各生物科技內涵，參考各家書本的內容，依據 Bloom 教育目標認知領域分類系統，將每個單元中的概念項目找出，研究者先統合各家論述相同之處，定出主要領域，以構成本研究的「生物科技概念知識」內涵，整理如下表 2-1。

參、結論

本研究對於生物科技核心概念的選取，是依照研究者參考大量的生物科技相關資料，從一系列事實知識中找出核心概念知識，經 2 次專家座談大致確定科技概念向度及生物科技核心概念內涵，最後經三次德懷述專家問卷確認生物科技概念指標及國中、小學及高中階段適合之生物科技核心概念指標。本研究結果說明如下：

一、生物科技概念內涵

生物科技是一種跨學門的科技，其本質與內涵與其他科技有所不同。因為生物科技的內涵與應用相當的廣泛，例如內涵

可包括基因圖譜、生物製藥、基因工程等，然則其應用的範圍則包括了農業、食品、醫藥、化學、能源、工業等多方面。在綜合整理國內、外各生物科技內涵書籍，參考各家書本的內容，並經過專家座談討

論，歸納出指標內涵，確定生物科技概念指標涵蓋領域及向度，分別為「生物科技的本質」、「生物科技的內涵」、「生物科技的演進與發展」三領域，三領域下又包含七項科技向度，歸納整理如下：

表 2-1、「生物科技概念知識」內涵

1.生物科技的簡介	包含生物科技的定義、原理、意義、目的及系統等…
2.生物科技發展簡史	生物科技之發展歷程(依對象、技術和利用性分)、現階段生物科技產業範圍，
3.生物科技核心關鍵技術	生物科技核心關鍵技術，生物資源、運用生物科技製造產品的特點、生物科技的社會性議題等…
4.生物科技的應用	生物科技與農業、生物科技與醫藥衛生、生物科技與環境及海洋生物技術等…
5.生物科技的社會性議題	未來生物技術的發展方向與展望與後基因體時代

資料來源：本研究整理

- (一) 生物科技本質有三項：生物科技的定義、意義、目的、功能、生物科技的分類、生物科技的要素、模式或系統。
- (二) 生物科技概念內涵有二項：生活常見的應用或成品、生物科技的材料、設備、原理、技術與方法。
- (三) 生物科技的演進與發展趨勢有二項：生物科技的發展歷程與趨勢、生物科技的影響與衝擊。

依照七項科技向度建構完成的生物科技概念指標共二十三個指標題項。其中生物科技本質領域(見表 4-15)包含八個指標題項；生物科技的內涵領域(見表 4-16)包含八個指標題項；生物科技的演進與發展趨

勢領域(見表 4-17)包含七個指標題項。

二、生物科技概念指標

本研究結果根據各學習階段分類，國小階段包含六個指標；國中階段包含十一個指標；高中階段包含六個指標。說明如下：(下列「a-b-c-d」的編號中，a 代表科技概念領域；b 代表科技概念下的向度；c 代表學習階段序號；d 代表流水號)

(一)「國小階段」生物科技概念指標

- 1-1-a-1 了解生物科技對生物體的重要性
- 1-2-a-1 能知道生物科技在農業、醫藥衛生、環境等方面的常見產品
- 2-1-a-1 舉例說明常見的生物科技產品及

其用途

- 2-2-a-1 能分辨生物體的差異及其種類
- 3-1-a-1 能察覺並說出生物科技的重要發明
- 3-2-a-1 察覺生物科技對生活的影響

(二)「國中階段」之生物科技概念指標

- 1-1-b-1 察覺並描述生物科技的目的是
- 1-1-b-2 能了解生物科技的定義
- 1-2-b-1 比較生物科技在農業、醫藥衛生、環境等方面的應用並舉例說明
- 1-3-b-1 能了解生物科技系統的輸入、輸出及處理過程
- 2-1-b-1 能認識發酵食品、基因食品等食品加工及其特性。
- 2-2-b-1 了解生物體的組成
- 2-2-b-2 了解簡單的生物技術設備的特性、功能及適用對象。
- 2-2-b-3 能知道簡單的生物技術原理，並能列舉在生活中的應用。
- 3-1-b-1 了解生物科技各階段的演進
- 3-2-b-1 了解生物科技對社會的影響
- 3-2-b-2 了解生物科技對環境的影響

(三)「高中階段」之生物科技概念指標有 6 項

- 1-1-c-1 能比較傳統生物科技與現代生物科技
- 1-3-c-1 能了解生物科技系統模式
- 2-1-c-1 能認識並舉例生活中常見的分子生物科技產品。
- 2-2-c-1 能知道生物科技核心關鍵技術
- 3-1-c-1 了解生物科技發展的未來趨勢
- 3-2-c-1 了解生物科技對經濟的影響

肆、建議

在研究過程中，本研究發現現今生物科技的發展重心大都在於產業的製造、技

術的發展上，直接提及生物科技教育的部分則較少觸及，因此，九年一貫自然與生活科技學習領域如何配合社會的脈動，推動生物技術科技教育，是值得探究的問題。綜合以上所述，針對本研究的結論與發現提出建議，以供提升能與進一步研究之參考。

一、教育行政單位

- (一) 生物科技已成為明日之星，為因應生物科技帶來的巨大衝擊，教育行政單位可參考本研究概念指標，配合九年一貫課程中科技課程加強宣導效果，鼓勵民間團體編制適合高中或國中、小學之生物科技書籍或影片，以提昇科技教育品質。
- (二) 本研究之生物科技概念指標具體反映出各學習階段之核心概念，因此可做為未來公、私立教育機關團體編設教材、影片時之具體參考。

二、教師方面

- (一) 以本研究所建構的生物科技概念指標，作為教師發展生物科技課程設計的概念依據，以及相關活動規劃推廣之參考。
- (二) 本研究指標是依據九年一貫能力指標編寫方式，並具體劃分各學習階段之重要科技指標，可作為教師參考了解各學習階段學生所應具備之科技概念，並藉此診斷學生之科技認知能力，作為補充教學之參考指標。
- (三) 現代教師應具備對生物科技之敏感度，並體認未來孩子們應具備的科技

知識、技能為何？因應不同發展階段學生的能力，將生物科技知識傳授給學生或統整，提升學生的科技素養。

參考文獻

- 周如文(2005)：生物科技。載於李隆盛主編：**生活科技概論**。台北：心理。
- 洪德生(2004)：生物技術產業的發展遠景。卓越雜誌，221，172。
- 徐泰浩、曾耀銘(1993)：**生物技術概論**。台北：藝軒圖書出版社。
- 陳國誠、吳建一(2003)：生物技術在環境保育之應用。載於吳文騰主編：**生物產業技術概論**。新竹：清大出版社。
- 黃台珠(1984)：概念的研究及其意義。科學教育月刊，66，44-56。
- 廖婉如(2004)：**漫談生物科技與倫理**。台北：五南出版社。
- 廖啓成(2003)：食品生技。吳文騰主編：**生物產業技術概論**。新竹：清大出版社。
- 鄭昭明(1997)：**認知心理學 - 理論與實踐**。桂冠圖書。
- 盧素涵(2002)：演化觀點下的生物科技發展。國立清華大學科技管理研究所碩士論文。
- 鍾竺均、陳偉(2003)：**生物技術概論**。台北：新文京出版社。
- 羅英豪(2000)：國民中學校長辦學績效評鑑指標之研究。國立臺灣師範大學教育研究所碩士論文。
- 蘇遠志著譯(2002)：生物技術概論。相田浩編著 飯野久和等共著。
- ITEA(2000).Standards for technological literacy: Content for the study of technology Reston, VA : International Technology Education Association.
- ITEA.(2002). ITEA/Gallup Poll Reveals What Americans Think About Technology. Retrieved 2005/7/25, from:[http://www.itea.org/editor page/NewsReleaseGallup.pdf](http://www.itea.org/editor/page/NewsReleaseGallup.pdf).
- Johnstone, J. N. (1981). Indicator of education system. Paris: UNESCO.
- Oliver, R. W. (2000). The coming biotech age : *the business of bio-materials*. New York: McGraw Hill.
- Tseng, J.(1997). Expert opinions concerning a taxonomic structure for the curricular organization of biotechnology. Proceedings of the National Science Council, Part D. 7: 86-95.