科學教育學刊
2008, 第十六卷第四期, 395-413

Chinese Journal of Science Education
2008, 16(4), 395-413

“5 Why”鷹架式提問提升國小學生學習成就與科學探究學習能力之研究~以「如何做麵包？」教學模組為例

盧秀琴[1]　**洪榮昭**[2]　**蔡春微**[1]
[1]國立台北教育大學　自然科學教育系
[2]國立台灣師範大學　工業教育系

（投稿日期：民國 97 年 2 月 8 日，修訂日期：97 年 6 月 6 日，接受日期：97 年 7 月 15 日）

摘要：本研究依據 Kaartinen 和 Kumpulainen（2002）的精神，研發出適用於國小四年級學童“5 Why”鷹架式提問發展「如何做麵包？」教學模組。此模組主要是以社區的麵包工廠做為教學資源中心，提供製作麵包的理論與實務，且供應材料和器具讓學童做麵包，並負責解答相關的問題。本研究採用準實驗法進行研究，實驗組（n = 105）使用“5 Why”鷹架式提問的探究教學，即教師引導思考方向，讓學童追根究底的討論，找出問題的根本原因，並提出問題解決的策略；對照組（n = 105）使用直接講述教學。研究結果發現，實驗組學童的科學概念、技巧及科學探究學習能力，均顯著優於對照組學童；實驗組學童經由“5 Why”鷹架式提問之探究學習後，能擴散思考各個層面的問題，其畫出的魚骨圖能幫助聚合於核心問題並提出解決策略。

關鍵詞：“5 Why”鷹架式提問、教學資源中心、科學探究學習能力、魚骨圖

壹、前　言

一、研究的理念和重要性

近年來，台灣不斷推動學校本位課程，期望以學校附近的社區資源融入教學活動，聯結學童的課程經驗與校外生活體驗，豐富學習內容；社區資源融入教學大多著重於生態探索或藝文賞析活動（于瑞珍, 2004; 李崑山, 1996; 郭琪瑩和王美芬, 2004）。事實上，社區資源非常多元化，如：各種生產線的工廠，利用這些工廠作為社區教學資源中心也是不錯的選擇（郭元益, 2007）；如此，學童經過社區的工廠，感覺就不再是冷漠的水泥廠房，而是社會生活所接觸的真實物件，學童可跟隨工廠的專業人員學習，促使科學學習更生活化（Hannafin, Land, & Oliver, 1999）。教學資源中心的主要目標是提供卓越教學所需的各項支援服務，服務的項目可為教材、設備、場所、教材設計、規劃及製作的服務，

或是教學策略的諮詢服務，協助教師提升教學效果（朱則剛, 1990）。

根據 Piaget（1967）的認知發展理論，國小學童的認知發展正處於「具體操作」及「形式操作」的階段，對於自己身邊的人、事、物感受最親切，也覺得最有意義；如能在教學活動中，透過親身體驗與探索，使學習與生活結合，將能產生深遠的影響。體驗式學習（Experiential learning）即要求課程設計要根據學童的需求、興趣，教材取自於日常生活的經驗，從現存的經驗中選取能刺激新的思考和判斷的問題，擴展其經驗領域，以成就學童的全面發展（歐用生, 2002; Association for Experiential Education, 1995; Polman & Pea, 2001）。麵包是日常生活的必需品，幾乎是學童每天的早餐選擇之一，「如何做麵包？」課程能使學習與生活結合，滿足學童的好奇心，學童經由體驗式學習了解製作麵包的原物料，觀察麵糰發酵的過程，探討不同種類麵包的製作等，這些活動符合學童的需求、興趣和經驗，能讓學童保持學習的興趣和探究的精神，同時培養獨立思考、解決問題的能力，並激發創造的潛能。

九年一貫課程綱要指出，學習科學讓我們學會如何進行探究活動，學會觀察、詢問、規劃、實驗、歸納、研判等各種能力；使我們獲得處理事務、解決問題的能力（教育部, 2003）；故自然與生活科技領域的課程目標強調「培養獨立思考、解決問題的能力，並激發創造潛能」（教育部, 2003），這些課程目標能從學生的探究活動獲得。探究式學習即類似於科學家的探究，常被結合使用在實驗室和戶外教學中，學童在探究過程中學習如何協商、解決問題和獨立探究（Finn, Maxwell, & Calver, 2002）。當學生進行探究式學習時，教師應扮演什麼角色才能幫助學生的學習？教師的角色應包含：教師不再是解釋、示範及修正，教師必須指引學童動態學習（Lunenberg & Volman, 1999）；教師必須提供學童挑戰的任務，鼓勵學童經由學習來完成任務（Crawford, 2000）；教師必須使用評量學童探究的研究工具，以了解同儕之間的互動（Kaartinen & Kumpulainen, 2002）。

Hong（2006）提出問題解決模式時，談及使用「因果性分析」的方法，說明凡事有因必有果，學童進行探究學習時，因為探究過程可能不同，當產生深層問題時，則無法接續下一個探究階段，這種現象可以用5Why來解決問題；即教師提供5Why 鷹架，藉由問題詢問「為什麼會如此？」，讓學童一層層支解問題，持續到找出最根本的原因，才能根本解決問題（Hong, 2006）。而因果思考（causal thinking）能幫助因果性分析，舉凡自然界力量形成的原因、了解每個個體的用途，都能讓我們因果思考並預測將要發生的事情（Beck & Forstmeier, 2007）。因果思考使我們了解並學會操縱環境，例如為釣得更多的魚，人們製作釣竿時，會考慮如何放置誘餌和如何甩出釣竿，因而分析兩個概念，一是了解魚兒吃食的心態，一是了解甩釣竿的力學概念，藉此發明各種不同的釣竿以釣得各種不同的魚。建立因果思考的機制，可以讓學習者更清晰看到問題的因果關係而提出較佳的解決策略（Beck & Forstmeier, 2007）。

本研究嘗試結合社區的麵包工廠做為社區教學資源中心，發展教學模組使用“5 Why”鷹架式提問的教學策略讓學童進行探究式學習。

二、研究目的

本研究主要使用“5 Why”鷹架式提問之探究教學，發展「如何做麵包？」教學模組，以社區的麵包工廠做為教學資源中心，以探討學童對於科學概念、技巧與科學探究

學習能力之學習成效。因此，本研究探討下列二個問題：1.使用“5 Why”鷹架式提問之教學，能否提昇學生的科學概念、技巧？2.使用“5 Why”鷹架式提問之教學，能否提昇學生的科學探究學習能力？

貳、文獻探討

一、“5 Why”鷹架式提問教學策略探討

許多典型的中小學教學步驟是老師說，學生聽，然後學生接受紙上測驗，最後教師評分；這樣陳述性的知識是沒有生命的，學生也像是被老師支配的工具。因此 Vygotsky 提出以「學習」為中心（learning-centered）的教學想法，使學生更願意學習（Vygotsky, 1978; Wilhem, Baker, & Dube, 2001）。「鷹架」概念源自於 Vygotsky 之學習理論，他認為教師盡其所能地幫助學生進行有意義而複雜的學習，透過教師獎勵學生並提供適時的協助，在此過程中學生擔負愈來愈多的學習責任，最後能獨力完成學習（Wilhem, et al., 2001）。故真正教學的地方是在「近側發展區」（zone of proximal development, ZPD），藉著教師或能力較強的同儕給予支持和協助，學生能充分學習而內化吸收這些技巧，在「近側發展區」發展新的能力（Vygotsky, 1978; Wilhem, et al., 2001）。Vygotsky（1978）在科學學習與建構提出社會文化的觀點，從這個觀點來看，學習是開放的，伴隨行動、感覺與思考等多重責任的過程。Kaartinen 和 Kumpulainen（2002）根據 Vygotsky 社會文化的觀點，提出評量學習者探究過程的四種研究工具：1.交談策略（discourse moves），著重於從交談而能解讀問題的狀況；2.邏輯過程（logical processes），著重於提出原因、提出結果、提供證據；3.解釋的本質（nature of explanation），著重於因果的解釋、描述的解釋、實例的解釋；和4.認知的策略（cognitive strategies），著重於使用證據、運用一個規則。

Hong（2006）提出問題解決模式時，將問題分為三種類型：1.本質性分析；2.可靠性分析；3.因果性分析。首先是本質性分析，是指對於事情的特性做分析，如魚必須有水才能存活；其次是可靠性分析，是指必須探討資訊、知識的可靠性，要掌握資訊、知識的可靠性可以5W1H（Who、What、Where、When、Why、How）來找證據。最後是「因果性分析」，凡事有因必有果，也就是說有 Input 就有 Output，即 Input-Process-Output 法則，但有些深層的問題，造成某一階段無法銜接下一階段事件的發生，這種現象就必須以5Why 來分析。5Why 最早由豐田汽車 Taichi Ohno 提出，以墊圈漏油事件提出5Why 處理模式，整理如表1所示。豐田公司在處理問題時，不停地尋找引起事件的根源，從根本解決問題，使類似的事情不再發生，有效地保證產品的品質（楊玉鳳, 2006）。

Hong（2006）說明5Why 法就是藉由不斷詢問「為什麼」，一層層的支解問題，通常第一個答案不會是真正的答案，會持續到

表 1：豐田公司以墊圈漏油事件提出 5Why 處理模式

Why	不同層次的問題	相應層次的對策
	車間地面上有一灘油污	擦淨油污
Why？	因為機器漏油	修理機器
Why？	因為墊圈磨損老化	更換墊圈
Why？	因為購買了較差原料製成的墊圈	改變墊圈規格
Why？	因為以較低的價格買了這批墊圈	改變採購策略
Why？	因為採購部門以期望節省短期成本的方式來詢價	改變採購部門價格策略

找出最根本的原因。Lu, Hong 和 Tseng（2007a）嘗試發展以“5 Why”鷹架式提問引導學童進行探究學習，當學童面對問題時，引導學童一層層提問，找出核心問題並提出解決策略；但教學並不順利，學童對於一層層提問產生困難。究其原因是沒有找到補助工具讓學生將所有可能原因呈現出來，再加以篩選。為解決這個問題，本研究找到能幫助團隊將所有的提問建立因果分析的構圖，稱為魚骨圖（fishbone diagram），以 San Carlos 醫院針對分娩女性與產前照護發展的魚骨圖為例，說明如圖1所示（The Quality Assurance Project, 2006）。

本研究認為魚骨圖可以成為“5 Why”鷹架式提問教學的輔助工具，因為當學童探究產生問題時，指導學童畫魚骨圖，可以將自己要解決的問題放在魚骨的最右邊，一直清楚自己的問題是什麼；根據這個問題，學童討論可能原因的類別有哪些，每一個類別可用一支中骨為代表；之後在中骨下，學童一層層提問出更細節的原因，可以用小骨為代表。最後，使用因果分析討論每一個原因，並刪除不可能的原因，才能根據主要原因提出解決問題的對策（The Quality Assurance Project, 2006）。使用因果分析討論真正原因時，有學者強調否證論（Falsificationism）的重要性（Evans, 1989），學童可能提出一種假設，但當此假設無法成立時，就轉而採用可取代的另一個假設；當他們針對與理論不合的資料修正自己的假設時，也持續修正自我認知基模，不會認定任何因果的觀念是永遠的真理（Fugelsang & Dunbar, 2005）。由此可知，每件事都是由一系列原因引起的，當我們在找尋起因時，原因就像漁網般以許多方式分支和互相連結；藉由了解一連串原因如何導致成功或失敗的途徑，我們可以了解更深層的原因（Gano, 2006）。有鑑於此，“5 Why”鷹架式提問教學策略是教師先了解學童的近側發展區，針對探究的問題引導學童做一系列可能原因的思考，並教導學童畫魚骨圖以提出因果關係的分析，從不斷的因果思考、提出否證和修正自我認知基模，最後決定影響問題的根本原因，並找出解決對策。

二、科學探究教學、科學探究能力與科學學習成就

科學探究教學有四個主要特徵：1.學生主動去研究自然事物與現象，經過探究過程

San Carlos 醫院所使用的魚骨圖

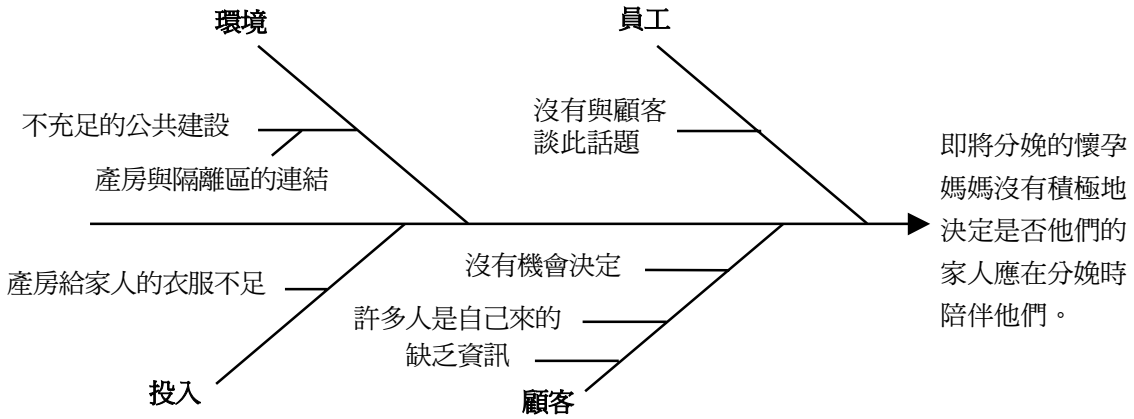

圖 1：利用魚骨圖做因果分析的表示法（引自 The Quality Assurance Project, 2006）

獲得科學知識。2.為了研究自然而培養所需要的探究能力。3.有效的認識自然基礎的科學概念。4.培養探究未知自然的積極態度（American Association for the Advancement of Science, [AAAS], 1994）。國民小學進行科學探究教學法的類型很多，如發現式探究教學法（inquiry by discovery）、理性探究式教學法（rational inquiry）、實驗式探究教學法（inquiry by experimentation）（王美芬和熊召弟, 1995）。而問思教學法（黃萬居, 2002）和“5 Why”鷹架式提問（Lu, et al., 2007a）也是科學探究教學的一種，強調教師須善於發問以啟發學生思考，並且重視反省思考和問題解決思考過程的歷練，教師不再只是知識的提供者，學生也不再被動完全依賴老師的教學，目的都希望培養學生獨立思考、獨立研究的能力（黃萬居, 2002; Gano, 2006; Lu, et al., 2007a）。但問思教學法所討論的主題廣度較大，藉著發問刺激學生的興趣，鼓勵學生追求事物的本質、澄清問題及觀念，培養獨立思考及推論或歸納的能力（王美芬和熊召弟, 1995）。“5 Why”鷹架式提問針對探究問題的廣度較小，像是小範圍的「問思教學法」，一開始針對親身體驗的現象開始問「為什麼」，接著不斷加深問題深度的探討，每個問題都是追溯前一個問題更垂直深入地探討，環環相扣，單就小範圍的主題進行「問思」討論（Lu, et al., 2007a）。Hong（2006）說明“5 Why”鷹架式提問適用於自然科學的探究教學，可以培養學生追根究底的科學探究能力。本研究選擇“5 Why”鷹架式提問教學，著重教師引導學童聚焦於：1.探索問題的方向，2.推論問題與原因，3.確定問題的原因，和4.尋思解決問題的對策；目的是培養學童從科學探究中，找出問題的真正原因並提出有效的解決策略，有效提升科學探究能力。

學童的科學探究類似於科學家的探究，先發現問題的現象，為了解決問題，蒐集、閱讀相關資料，小組討論，提出解決策略進行實驗，在探究過程中，探究技巧、探究態度和科學知識同時獲得成長（Finn, et al., 2002）。觀察學生的科學探究能力可包含：探究技巧（Zion, et al., 2004）、探究態度（Zion & Slezak, 2005）與團隊探究（Kaartinen & Kumpulainen, 2002）。Zion 等人（2004）說明探究技巧包含：提問能力、提出假說、分離變因、控制變因、整理資料和作結論；Zion 和 Slezak（2005）說明探究態度包含：主動性、責任、堅持和動力等。Kaartinen 和 Kumpulainen（2002）說明團隊探究包含：工作分配、合作、相互信任、協助同儕。Finn 等人（2002）說明學童使用自己理解的概念去進行科學探究學習時，會上網蒐集、應用相關資料去嘗試解決問題，並解釋自己的疑惑而獲得科學學習成就。Lu 等人（2007a）說明在社區教學資源中心進行教學時，學童從工廠專業人員的示範和解說中，獲得的科學學習成就包含很多科學技巧。有鑑於此，本研究使用“5 Why”鷹架式提問教學，其教學成效主要觀察學童自行製作麵包的科學探究能力，包含：探究技巧、探究態度與團隊探究等能力。

三、教學資源中心支援教學

在講求資源共享的現代，學校已不是學習的唯一場所，教學資源中心是一個能主動提供教師各項教學支援服務，培養學童自我學習和獨立研究的場所（林菁, 1998）。「教學資源中心」起源於1960年美國教育當局認為學校圖書館和媒體中心必須合而為一，提供各類資源及設備來支援教學（朱則剛, 1990）。Prostano 和 Prostano（1987）指出教學資源中心是包括資產（Assets）、成就

（Achievement）和活動（Activities）的三合一系統。資產包含：人力資源、設備和空間、媒體資源和經費；成就包含：諮詢、教導、設計、製作、課程發展與改進服務；活動包含：計畫、組織、領導和控制的功能。此三項必需互相依賴與制衡，藉由縝密的規劃與支持，才能真正發揮教學資源中心改進教與學的功能（Prostano & Prostano, 1987; van Zee, Hammer, Bell, Roy & Peter, 2005）。

陳浙雲和余安邦（2002）提出社區有教室的構想，將社區資源融入學校整體課程中，能化解「九年一貫課程教科書化」的潛在危機，掌握「統整課程」與「協同教學」的創新精神。國小教師如能將社區資源當作是一個教學資源中心，引導老師探索、發現、認識、分析與瞭解各種可能的社區資源，這將協助教師把學生帶入社區的生活現場，進行動態的學習，將能提昇社區意識，營造公民社會（余安邦等人, 2002）。Lu, Hong 和 Tseng（2007b）指出社區的教學資源中心不同於傳統的圖書館、視聽中心和電腦教室，社區的教學資源中心能幫助學生有效地運用社區資料、結合現實生活和創造新的資訊，以達成終生學習的重要任務。本研究的教學資源中心指的是社區的教學資源中心，提供人力資源、設備和空間、諮詢、教導、設計和製作等服務。

台灣的學校教育強調學科知識的記憶，較輕忽科技對社會的影響，Yager（1992）強調以社區、地方、全國或全球性與科學有關的社會問題來設計科學課程，並將學習結果應用於社會上。Lu 等人（2007a, 2007b）選擇以社區的麵包工廠做為教學資源中心，進行探究教學研究以落實社區與學校結合的教學理念；結果發現麵包工廠可提供製作麵包的原物料和器材，方便學生實地操作與探究學習；解說人員能夠現場示範、講解，並回答學生的疑問與協助烘烤麵包；學生能跟著專業人員的解說一步步的製作麵包。有鑑於此，本研究擬以社區的麵包工廠作為教學資源中心，教學理念著重於學童根據查詢如何製作麵包的資料，直接和解說人員對談，說明自己想要做怎樣的麵包，和解說人員進行廣泛的討論後，在解說人員的協助下，小組自己選擇使用不同的冷凍麵糰，製作不發酵、半發酵和完全發酵的麵包，以達成探究的任務。透過這種真實情境的探索模式來探討國小學童的學習成就和科學探究學習能力。

參、研究方法與流程

一、「如何做麵包？」的教學模組設計

發展「如何做麵包？」教學模組，包含四個教學活動：1.調查如何做麵包（2節）-學童分組討論並運用上網方式，搜尋如何做麵包。2.參觀麵包工廠如何做麵包（4節）-和工廠專業人員討論如何做麵包，學童利用冷凍麵糰（工廠提供）自製麵包，由專業人員協助烘烤。3.小組自製麵包（4節）–決定麵包種類及所需材料，進行做麵包的探究實驗。4.延伸活動（2節）–針對做麵包過程產生的問題進行解決問題的討論。實驗組應用“5 Why”鷹架式提問進行探究教學，即學童討論如何做麵包，一邊做麵包一邊發現問題，教師參考 Kaartinen 和 Kumpulainen（2002）的策略，引導學童使用相互交談、邏輯推理，尋找做麵包的問題進行廣泛的討論，並畫魚骨圖協助觀察，再引導學童注意因果思考的解釋，並使用證據找出最根本的原因，最後根據根本原因尋求解決的方法。進行“5 Why”鷹架式提問教學時，本研究掌握以下原則：1.探索問題的方向：學生可

以發散思考很多問題的方向，但教師要引導學生聚焦於主要的問題；2.推論問題與原因：學生可以因果分析很多原因，但教師教學生繪製魚骨圖，篩選主要的因果關係；3.確定問題的原因：學生進行因果思考時，教師引導學生提出否證刪除不對的原因，以確定真正的原因；4.尋思解決問題的對策：學生尋思解決對策時，教師引導學生檢覈對策是否真正能解決問題。

對照組應用教師直接講述教學，即教師直接說明如何做麵包，解釋每個步驟為什麼要這樣處理的原因，包括科學原理和方法，告訴學生跟著教師的步驟做，有問題可以提出來。舉一個將麵糰烤成麵包的例子，說明實驗組和對照組教學設計的差異，整理如表2，表3所示，因為表2的麵包烤焦原因除了麵糰大小的考量外，會引發另一個烤箱溫度控制問題的探究。

二、研究設計

本研究首先發展「如何做麵包？」教學模組，接著採用準實驗研究進行教學，同一所學校的實驗組與對照組學童，都是由相同教師進行教學。實驗組採取“5 Why”鷹架式提問探究教學，“5 Why”鷹架式提問只是一個廣義的代名詞，教學者會因為學童當時的學習情境而接著提問，目的是要學童看到問題的所在，所以在提問的過程中，可能會有“What”與“how”的問題。對照組採取教師直接講述教學，四個教學活動的時間完全相同，所有實驗組和對照組學生都參觀中壢市某麵包工廠（社區教學資源中心）的教學：1.專業人員利用 ppt 檔說明製作麵包的材料，如何做冷凍麵糰、烘烤和行銷；2.和專業人員討論怎樣的冷凍麵糰可以做全發酵麵包（紅豆麵包）、半發酵麵包（丹麥麵包）和不發酵麵包（酥皮麵包），專業人員解說其發酵原理、烘烤時間的差異和口感的差異。3.工廠提供材料和器材，讓學童選擇利用不同的冷凍麵糰製作自己想要的麵包並進行烘烤、試吃。4.小組在麵包烘烤時，自行設計問題請教工廠專業人員，並做成紀錄。

在教學前，兩組學童都以「製作麵包成就測驗」（Achievement Testing of Making Bread, 簡稱 ATMB）（Lu, et al., 2007a）進行前測，教學完畢後進行 ATMB 的後測，教學後一個月進行 ATMB 的延宕後測，檢核學童的學習成就。在教學活動進行中，8位教師分成兩組，以科學探究學習能力檢核表（Science Inquiry Learning Ability Assessment,

表 2：「將麵糰烤成麵包」為例，說明實驗組和對照組的教學設計

實驗組的教學設計			對照組的教學設計
Why	老師或同學問（不同層次的問題）	學生回答（相應層次的對策）	教師直接講述教學
Why	為什麼麵包烤焦了？	因為麵糰太靠近加熱線圈了	1.麵糰不可以做太大，因為麵糰發酵會膨脹，同學可以比較看看，你看，發酵後的麵糰變大了。 2.麵糰進入烤箱烤，加熱也會使麵糰變大，你看，這是加熱後的麵糰又變大了。 3.所以，麵糰不要做太大，否則會烤焦。 4.同學有什麼問題嗎？
Why	離開加熱線圈遠一點，就好了嗎？	可是麵糰會變大	
Why	為什麼麵糰會變大？	沒想到麵糰加熱會膨脹	
Why	只有加熱才會使麵糰膨脹嗎？	麵糰發酵也會膨脹	
Why	那要怎麼辦？	改做小一點的麵糰	
Why	麵糰要做多小？	先測量發酵前和加熱後的麵糰體積差多少	

表 3：實驗組 5Why 提問的延伸和對照組的教學設計說明

實驗組的教學設計			對照組的教學設計
Why	老師或同學問（不同層次的問題）	學生回答（相應層次的對策）	教師直接講述教學
Why	做小的麵糰就不會烤焦了嗎？	也要注意烤箱的溫度	1.烤麵包時，除了麵糰不要做太大外，還要注意烤箱的溫度。 2.烤箱首先要預熱，裡面的溫度才會均勻，烤出來的麵包才能內外都熟透；不會麵包裡面是生的，外面已經快要燒焦了。 3.要根據說明書調好烤箱的預熱溫度，然後用 120 度來烤，烤 20 分鐘就可以了。 4.同學有什麼問題嗎？
Why	怎樣控制烤箱的溫度？	烤箱要先預熱	
Why	為什麼烤箱要預熱？	維持烤箱熱的均勻度	
Why	為什麼烤箱內的熱度要均勻？	否則麵包外面焦掉，麵包裡面卻沒有熟	
Why	烤箱除了預熱以外，還要注意哪些步驟？	控制烤箱的加熱溫度和時間	
Why	……	……	

簡稱 SILA）（Lu, et al., 2007b）評量學生，即進行所有課室觀察後，教師最後給每一位學生的探究技巧、探究態度和團隊探究各個題目勾選一個等級，說明學童的科學探究學習能力。在教學活動結束時讓學生填寫開放式問卷，深入了解學童做麵包的科學概念、技能及科學探究學習。

三、研究工具

(一)製作麵包成就測驗（簡稱 ATMB）

本研究根據九年一貫自然與生活科技領域第二階段教材認知細目，包括：物質的形態與性質、溫度與熱量、化學反應與食品等，和「如何做麵包？」教學模組課程內容，自編「製作麵包成就測驗」，目的在測試學生是否了解製作麵包的相關科學概念和科學技巧。研究群邀請四位科教專家與國小教師檢核試卷題目與認知階層分類（知識、理解、應用、統整、科學技巧）的適合性，完成專家與內容效度。總計題目內容包含10題是非題、10題選擇題、3題配合題和2題簡答題。研究者再以剛升上國小五年級的桃園縣國小有效樣本256人進行預試，檢驗測驗內部一致性信度，求得 KR_{21}為0.84，難度介於0.31~0.77之間，鑑別度介於0.23~0.68之間，形成正式的成就測驗。

(二)科學探究學習能力檢核表（簡稱 SILA）

本研究之「科學探究學習能力檢核表」係參考多位學者（Finn, et al., 2002; Kaartinen & Kumpulainen, 2002; Zion, et al., 2004; Zion & Slzak, 2005）之科學探究評量內容編修而成的，目的在測試學生的科學探究學習能力，聘請3位國立師範大學的科學教育教授及3位從事國小自然科教學之資深教師，檢核試卷題目的合適度並經過修正而建立了專家與內容效度，評量方式採取 Likert 5點量表（很差、差、普通、好、很好），記分各為 1, 2, 3, 4, 5分。本研究採用精釋法及 Kappa 分析（洪榮昭, 1997），由8位參與觀察的教師分為兩組，在台北縣及桃園縣等6個個案班級進行教學課室觀察和探究評量，取得有效樣本210人，兩組教師針對每個人的表現協商勾選一張評量分數，兩組分數計算成 Kappa 值要在0.8以上，否則兩組教師繼續做修正；最後求得 Kappa 值為0.87。經由 SPSS 軟體統計因素分析，科學探究學習能力檢核表分屬三個因素：探究技巧、探究態度和團隊探究等，將210人樣本進行內部一致性信度考驗，得總表 Cronbach α 值為0.97，探究

技巧、探究態度和團隊探究分量的 Cronbach α 值分別為0.96, 0.96, 0.91，形成正式檢核表。

四、研究對象

研究對象為從桃園縣某國小和台北縣某國小四年級普通班級的學童，以三年級自然科成績作篩選，選擇具同質性的6個班級，隨機分為實驗組3班共105人，其中男生51名，女生54名，將實驗組分成18組，每組5~6人；對照組3班共105人，其中男生52名，女生53名，將對照組分成18組，每組5~6人。學生家長的教育程度有一半為高中到大學程度，社經背景中等，一般的各種職業都有。擔任該校實驗組與對照組教學的教師皆為同一人，即為該校之自然科學教師，各有6年，7年，13年的自然科學教師經驗；目前正於研究者的學校自然科學教育研究所進修碩士，參與國科會研究計畫，熟知“5 Why”鷹架式提問教學技巧，在教學崗位上相當認真教學。

五、資料之蒐集與處理

量化資料：包括 ATMB 之前測、後測及延宕後測資料，以 SPSS 中文13.0版進行 ATMB 前測分數同質性分析，再進行獨立樣本和相依樣本的 t 考驗，並計算實驗效果量（Effect Size，簡稱 ES），以高出0.2個標準差以下當作低度 ES，高出0.2~0.79個標準差當作中度 ES，高出0.8個標準差當作高度 ES（Cohen, 1988）。另有 SILA，由8位教師分成兩組，在整個教學活動中持續觀察每一個學童，課程結束後，每組教師合作評量每一個學童的成績，將兩組成績採用精釋法及 Kappa 分析而確定每一個學童的成績。

質性資料：包括開放式問卷（每個教學活動結束時，出1題給全班學童寫，想要了解學童對於探究學習的看法）、課室觀察、教師訪談（每個教學活動結束後，訪談教師發表對於教學和學生表現的看法）及教師省思札記（每個教學教師針對實驗教學寫出自己的看法和覺得應該改進之處）等資料；本研究將所有資料彙整後做詮釋性分析，以了解學生對做麵包的科學概念、科學技能及探究式學習能力的改變情形。為提昇研究的可信賴度，參與本研究的六位成員不斷透過溝通、審視、評鑑所有資料等，進行三角校正，達到一致的共識。

肆、研究結果與討論

一、進行「如何做麵包？」教學，學童獲得科學概念和技巧的分析

由於實驗組學童和對照組學童的研究樣本無法達到完全隨機分組，故準實驗研究最佳的統計分析方法是以兩組的前測分數做為共變量，進行共變數分析，所以先進行 F 檢定，以排除前測成績差異的影響。先將兩組樣本的 ATMB 前測分數進行同質性分析，以確定共變項與依變項不會因樣本不同而有所差異。以 Levene 法進行各樣本前測分數變異數同質性檢定，ATMB 的組內迴歸係數同質性考驗，得知 F 值 = 5.106，p = 0.466，表示兩組學童的 ATMB 前測分數是同質性的，可用單因子共變數分析兩組學童的 ATMB 後測成績是否具有顯著差異，經過單因子共變數分析的結果，得知 F 值 = 14.856，p = 0.027；顯示兩組學童的 ATMB 後測成績具有顯著的差異。

為了解各組學童 ATMB 前測、後測成績和 ATMB 前測、延宕後測成績的差異性，將各組學童的 ATMB 前測、後測及延宕後測，進行相依樣本 t 考驗，將結果分析呈現如表4所示。從表4發現，兩組學童 ATMB 之

表 4：兩組學童的 ATMB 相依樣本 t 考驗之分析

組別	人數	前測	後測	前測、後測 t 考驗		延宕後測	前測、延宕後測 t 考驗	
		M/SD	M/SD	t 值	p 值	M/SD	t 值	p 值
實驗組	105	30.21/2.47	34.24/2.29	-4.64	0.000**	33.63/1.99	-3.71	0.001**
對照組	105	30.31/2.61	32.95/2.63	-2.51	0.017*	32.42/2.73	-2.14	0.040*

*p < 0.05; **p < 0.01

前測（t = -4.64, p < 0.01）、後測（t = -2.51, p < 0.05）；前測、延宕後測相依樣本 t 考驗（$t_{實}$ = -3.7, p < 0.01; $t_{對}$ = -2.14, p < 0.05），都達到顯著差異；表示不管是接受“5 Why”鷹架式提問教學或接受一般講述式教學，學童都能獲得麵包科學概念和技巧的學習，且學習能夠持續一段時間。

為比較兩組學童在 ATMB 的學習成就差異性有多少，進行獨立樣本後測和延宕後測的 t 考驗，結果如表5所示。從表5發現，兩組學童 ATMB 的後測、延宕後測獨立樣本 t 考驗，都達顯著差異（t = 1.54, p < 0.05; t = 1.38, p < 0.05），表示接受“5 Why”鷹架式提問教學的實驗組學童，其獲得麵包科學概念與技巧優於接受一般講述式教學的對照組學童而持續有效，達到中度實驗效果（ES = 0.29, ES = 0.25）。

本研究根據「如何做麵包？」教學模組的設計目的，定義答對率超過70% 的題目表示學童獲得學習，將兩組學童都獲得科學概念和技巧整理重點如下：1.麵粉、糖、鹽、酵母粉各有不同的功能；2.知道將各種材料按照比例和在一起搓揉，就可做成麵糰；3.可利用顏色和觸覺的不同，辨別生麵糰和熟麵糰；4.適當的高溫能使發酵作用速度增加；5.知道烤箱內可由傳熱方式將麵包烤熟；6.認識生活中的食品添加劑，例如香料、色素；7.知道在麵糰外面塗蛋汁的目的是為了增加麵包的色澤；8.了解科技與社會的關係，如：冷凍麵糰產品使生活更便利。將兩組學童對於 ATMB 答對率差異大於20% 的試題說明，整理如表6所示。

二、進行「如何做麵包？」教學，學童獲得科學探究學習能力的分析

本研究在整個教學模組過程中，聘請8位教師分成兩組，以精釋法及 Kappa 分析進行兩組學童的 SILA 評量，進行獨立樣本 T 考驗，以瞭解兩組學童在科學探究學習能力的發展狀況，是否呈現顯著差異，分析結果整理如表7所示。

由表7發現，實驗組學童 SILA 的總量表（t = 7.344, p < 0.005）和探究技巧（t = 5.319, p < 0.001）、探究態度（t = 8.890, p < 0.05）分量的表現，優於對照組學童，達顯著性差異，顯示進行探究式教學的學童，其探究技巧和探究態度的科學探究學習能力表現優於一般講述式教學的學童，但團隊科學探究學

表 5：兩組學童 ATMB 獨立樣本 t 考驗之分析

組別	人數	後測	後測 t 考驗			延宕後測	延宕後測 t 考驗		
		M/SD	t 值	ES	p 值	M/SD	t 值	ES	p 值
實驗組	105	34.24/2.29	1.54	0.29	0.026*	33.63/1.99	1.38	0.25	0.029*
對照組	105	32.95/2.63				32.42/2.73			

*p < 0.05

表 6：兩組學童對於 ATMB 答對率差異大於 20% 的試題說明

題號	題目內容	對照組答對率（%）	實驗組答對率（%）	兩者差距（%）
1-3	加到麵粉的水應該比建議的比例多一點，和出來的麵糰才能鬆軟。	38.1	71.4	33.3
1-8	麵糰發酵的時間愈久，麵包會烤得愈大。	53.3	76.2	22.9
2-8	搓揉麵糰時，為什麼要用身體帶動的力量去搓揉呢？主要是為了(1)習慣動作。(2)增加力道。(3)鍛鍊身體。(4)動作比較優美。	51.4	74.3	22.9
2-9	要怎麼計算麵糰和餡料的份量，麵糰才能包住餡料？(1)麵糰和餡料要一樣大。(2)麵糰要比餡料大。(3)餡料要比麵糰大。(4)根據兩者重量，計算比例。	39.0	75.2	36.2

表 7：兩組學童的 SILA 之 t 檢定分析

	人數	實驗組（M/SD）	對照組（M/SD）	t 值	p 值
總量表	105	69.49/12.78	50.47/11.83	7.344	0.003**
探究技巧	105	25.29/6.23	15.55/5.13	5.319	0.000***
探究態度	105	22.92/7.34	17.56/6.01	8.890	0.012*
團隊探究	105	21.28/4.01	17.35/3.73	10.007	0.182

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001

習能力則沒有差異。將實驗組和對照組學童的 SILA 各題平均得分和差異，整理如表8所示。

從表8統計數據發現，實驗組學童在探究技巧的平均得分高於對照組學童1分以上，相差顯著。本研究整理開放式問卷、課室觀察、訪談及教師省思札記等資料進行詮釋性分析，說明實驗組和對照組學童的探究技巧差異，整理如表9所示。

由表9發現，實驗組學童較能針對探究問題上網搜尋，攫取和問題相關的資料；小組討論時，能採用5Why 持續提問，找出問題的細節，想辦法自己解決問題，並思考找出原則性，慢慢修正原本的假設，歸納出一些概念。對照組學童跟著教師教導的既定步驟做，較少自己提出問題；當發生問題時，都直接請教老師要怎麼做，故學童能提出解釋，但無法歸納出一些概念。他們上網找資料比較多樣化，傾向有趣的主題而非自己的研究主題；在社區工廠進行學習時，學童提問的問題較發散，想到什麼就問，問題和問題之間沒有連慣性。另外，從課餘時間觀察兩組學童的差異，發現實驗組為了自己解決做麵包的問題，所以下課時間經常聚在一起用5Why 討論如何做麵包，畫魚骨圖，並且會求證於教師，是否正確，應該注意什麼？還不時在魚骨圖上打叉做記號，不斷重畫。對照組學童下課時，並不會延續麵包課程內容的討論。

三、“5 Why”鷹架式提問教學與實驗組學童的科學探究學習

本研究進行「如何做麵包？」教學模組時，發現社區的教學資源中心麵包工廠，能提供專業人員解說的人力資源，冷凍麵糰、各種麵包餡料的原物料，桿麵棍、壓製模型、

表 8：兩組學童的 SILA 之平均得分和差異

檢核向度	檢核細目	實驗組	對照組	平均
		平均得分	平均得分	相差
探究技巧	1-1 搜集到的相關資料能和探究的主題結合。	3.41	2.11	1.30
	1-2 設計的研究方法能驗證研究假設。	2.92	1.91	1.01
	1-3 能找出問題的細節，並想辦法解決。	3.24	1.98	1.16
	1-4 對於探究活動有新的想法時，能修正原本的探究假設。	3.16	1.93	1.23
	1-5 能歸納並衍生出新的假設或概念。	3.10	1.84	1.26
	1-6 能接受失敗，而改變探究方式或另起探究主題。	3.30	2.00	1.30
	1-7 能整理實驗，歸納提出探究觀點。	3.03	1.77	1.26
	1-8 對實驗的結果，能詳細的說明或解釋。	3.13	2.00	1.13
探究態度	2-1 願意採用不同的方式探究問題。	2.73	2.05	0.68
	2-2 當實驗結果不如預期時，會產生好奇並思考其原因。	2.76	2.00	0.76
	2-3 能謹慎控制變因並觀察其結果。	2.50	1.86	0.64
	2-4 謹慎改變探究的變項，並觀察其對實驗的影響。	2.32	1.69	0.63
	2-5 願意挑戰複雜且艱難的探究任務。	2.56	1.89	0.67
	2-6 謹慎經過思考後再提問。	3.24	2.61	0.63
	2-7 願意上網流覽或下載相關主題的資料。	3.70	3.00	0.70
	2-8 碰到問題後，能針對問題不斷地提問、深究。	3.10	2.48	0.62
團隊探究	3-1 在小組討論時，能清楚地說明自己的想法。	3.68	2.91	0.77
	3-2 與組員之間能相互信任。	3.74	3.07	0.67
	3-3 能適當的分配小組工作並安排優先順序。	3.50	2.87	0.63
	3-4 在小組討論的過程中，能詢問師長及朋友。	3.80	3.10	0.70
	3-5 小組學習中能各盡本分，完成自己分內的工作。	3.70	3.18	0.52
	3-6 小組討論中，提問的內容能啟發他人的思考。	2.86	2.23	0.63

工作檯、各種不同烤箱、烤盤等實驗器材和場地，讓學童進行探究學習。發現有16組實驗組學童學會以“5 Why”鷹架式提問和專業人員互動，進行提問-回答-再提問-回答-做決策的討論，發現所有實驗組學童都能選擇不同的冷凍麵糰做不同種類的麵包，進行麵包烘烤並試吃的探究任務。

教學活動三團隊探究自製麵包，發現有16組實驗組學童能從秤量原物料、做種麵糰、發酵、做主麵糰、包餡、塗蛋汁到烘烤等程序，進行自製麵包的探究學習。教學活動四延伸活動，學童針對自己做麵包所產生的問題，進行問題解決的探究；發現有16組實驗組學童能畫魚骨圖澄清問題，使用因果思考篩選原因，半數學童能提出否證，證明這不是真正的原因，而重新尋找真正的原因為何？最後發現有15組實驗組學童成功的提出製作麵包失敗的真正原因，提出解決的方法。舉一組實驗組學童的麵糰發酵失敗做為舉證，當他們進行「麵糰發酵實驗」時，發現「主麵糰沒有漲到原來體積的兩倍大小」，開始從大範圍畫魚骨圖以推論問題與原因，並使用否證刪除不對的原因，如圖2所示。

他們原來假設可能是發酵的溫度不對，但檢查溫度、溼度、器材，都沒有問題，所

表 9：兩組學童在探究學習中，探究技巧的差異性比較

形成主張	實驗組舉證說明	對照組舉證說明
1.實驗組學童在教師的引導提問下，能針對探究主體採用 5Why 持續提問，找出問題的細節，並自己想辦法解決，藉由同儕之間的對答，能思考找出原則性。 2.對照組學童在教師的教導下，一直跟著既定的步驟做，較少自己提出問題。如果發生問題，全部直接請教老師，或等待老師教他們怎麼做。	S_3：為什麼要把麵糰揉圓才能包餡？而不揉成別的形狀？ S_{16}：因為沒有先把形狀固定好，餡料就包不好。 S_{27}：為什麼會「包不好」？ S_1：因為麵糰揉成圓形，比較好包餡料進去。 S_3：為什麼麵糰揉成圓形比較好包餡？ S_{26}：因為手握麵糰圓圓的，中間壓下去，剛剛好放餡料，比較好包。（課室，20061201）	S_{16}：老師說怎麼包餡的？ S_2：用手掌做成凹陷狀，然後把紅豆餡放進去。 S_3：用大拇指和食指把麵糰包起來。（課室，20061202） T_1：對照組的學童不太會發問問題，比較會問同學老師是怎麼說的。 T_2：對照組學童能自己親手做麵包很興奮，但他們只會問老師自己不會或不清楚的步驟，很少自己提出其他的問題。（晤談 T_1，T_2，20061216）
3.實驗組學童上網、閱讀圖書搜集到的相關資料，較能和探究的主題結合，並能在小組中進行討論、整理和歸納，共同找出問題的細節，根據資料去解決他們的問題。 4.對照組學童上網找到的資料比較多樣化，很少聚焦在自己的研究主題上，而主要是以有趣的主題登錄下來，並不是為了解決研究的困難而搜尋資料的。	T_1：實驗組學童上網尋找資料時，比較能針對自己的問題或困難找資料，去分析別人是怎麼做的？自己可以用嗎？（晤談 T_1，20061216） 實驗組學童會討論他們這組的問題，去問老師，也上網找相關的資料，討論要不要跟著做？（課室，20061204）	T_1：對照組學童尋找的資料都為各種麵包的彩色照片，很少聚焦在自己的研究主題上，也許他們實驗沒有產生問題。（晤談 T_1，20061216） 對照組學童喜歡上網找能吸引他們的彩色麵包照片、麵包達人的故事，比較多樣化。（課室，20061204）
	Q：你什麼時候想要上網找相關資料？如何應用找到的資料？（開放式問卷，20061204）	
	S_{52}：麵糰烤不好，時常會烤焦。 S_{52}：根據資料，控制烤箱預熱的溫度，再烤麵糰就不會烤焦了。	S_{43}：老師教我們上網找相關資料。 S_{43}：覺得這種麵包很好吃，想去麵包店找這種麵包來買。
5.實驗組學童對於探究活動有新的想法時，能進行討論，慢慢修正原本的探究假設；對於實驗的步驟與結果，能夠詳細的說明，並能根據實驗結果，歸納出一些概念出來。 6.對照組學童對於探究活動保持很高的興趣，但比較少自己提出新的看法或去修正探究假設，會根據老師的說明提出解釋，但自己無法歸納出一些概念出來。	針對延伸活動-做麵包過程產生的問題，進行解決問題的探究來觀察。 T_3：實驗組學童較能根據原本實驗的結果去修正原本的探究假設，一起進行討論，提出延伸實驗要如何修改，最後能根據延伸實驗結果歸納出一些概念出來。（教師省思札記，20061211）	T_3：對照組學童會跟老師討論他們的實驗結果，並詢問老師要如何改進，根據老師的建議重新做延伸實驗並說明實驗結果有改善；但自己無法歸納出一些概念出來。（教師省思札記，20061211）
	Q：進行延伸活動時，你如何改善你的實驗？有什麼新的發現嗎？（開放式問卷，20061211）	
	S_{51}、S_{59}、S_{61}、S_{68}、S_{53}：記錄發酵的時間，時間快到的時候，要測量麵糰的大小是不是變成兩倍大，就知道發酵好了沒有。	S_{71}、S_{89}、S_{81}、S_{98}、S_{93}：老師說麵糰要做成比拳頭小一點，才不會燒焦。烤箱用 120 度預熱 15 分鐘，然後烤 20 分鐘就不會燒焦。

以推翻假設，提出新的假設，認為可能是使麵糰發酵的酵母菌有問題。他們根據新假設再一次畫魚骨圖以推論問題與原因，使用否證刪除不對的原因，如圖3所示。

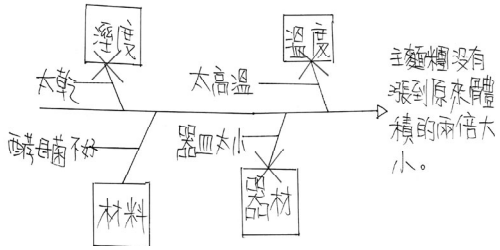

圖 2：小組學童從大範圍開始畫魚骨圖以推論問題與原因，使用否證刪除不對原因

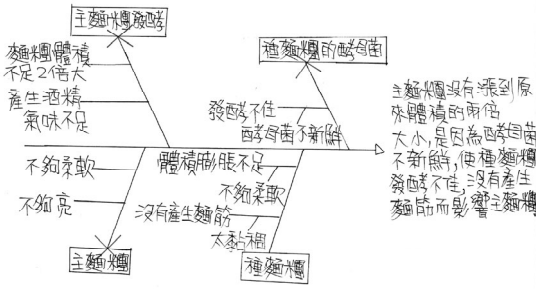

圖 3：小組學童根據新假設畫魚骨圖以推論問題與原因，使用否證刪除不對原因

他們發現：1.種麵糰的發酵已經不好了，所以主麵糰、主麵糰發酵不是主要的影響因素。2.做種麵糰的酵母菌並沒有攪拌不均勻，也不是考量因素。3.種麵糰的發酵不好，應該是酵母菌不新鮮的關係。最後，他們根據麵糰發酵失敗是因為酵母菌不新鮮的關係，進行檢驗「酵母菌是否新鮮？」的解決策略，如圖4所示。

相對的，對照組學童面對做麵包的失敗問題，也會提出很多的原因，但沒有畫魚骨圖幫忙整理，也缺乏因果思考訓練，提不出否證，故學童追根究底的能力差很多，最後只有3組能成功提出製作麵包失敗的真正原因。

四、研究討論

研究發現，進行“5 Why”鷹架式提問教學的實驗組學童，其在科學概念、技巧及科學探究學習能力，均顯著優於進行一般教

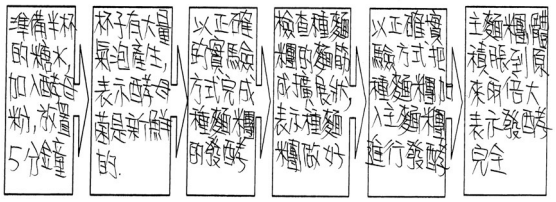

圖 4：小組學童從麵糰發酵失敗的真正原因提出解決的策略

學的對照組學童。究其原因，教師使用“5 Why”鷹架式提問，能幫助學童對於問題的可能原因擴大思考，且一個問題會引發下一個問題的思考；而教師引導學童繪製魚骨圖，能幫助學童將這些可能原因整理成階層性，方便學童逐一分析其關聯性為何。The Quality Assurance Project（2006）提出尋找因果關係的魚骨圖思考，能幫助學習者思考更深層的原因；因為這個分析工具可以呈現事件之間的關聯和直接或間接的形成原因。本研究從實驗組學童所繪製的魚骨圖，可以觀察他們如何提出原因的可能向度，稱為大原因主幹，每個大原因主幹又能各自提出可能的小原因枝幹，這樣就組合成一個整體性。楊玉鳳（2006）說明在處理問題時，要不停地尋找事件引起的根源，因果圖（Cause-and-effect diagrams）可以反應出達成目標時所遭遇的阻礙原因和有利的原因，因果分析可使問題解決者系統化地擴大他們的思維來看問題的整體性。反觀對照組學童，教師使用講解、示範與修正的指導，食譜式的實驗，學童跟著既定的步驟做麵包，當然也能獲得學習，但學童很少產生疑問，即時產生實驗操作的技巧問題也是詢問教師等待解答，故其科學探究學習能力不如實驗組學童，尤其是探究技巧，很多學童無法找出製作麵包失敗的真正原因，多組學童的探究任務失敗，也無法自行歸納一些概念出來。

實驗組學童接受另一個鷹架式引導為因果思考和提出否證的培養，教師引導實

驗組學童因果思考做麵包失敗的每一個問題與原因之間的關係，檢驗每一個環節的真實性，是否能提出否證以推翻原來的假設？然後重新提出更合理的新假設出來。實驗組學童經過這種課程的訓練，較能避免只尋找與自己的假設相符合的證據，而故意忽略與假設相互衝突的資訊，因此較能客觀學習而能自行歸納一些概念出來，如種麵糰發酵失敗的原因有很多，必須細心的檢覈每一個可能的因素，找對原因後才能改善而做出好的麵糰發酵。Dalal 和 Agarwal（1987）認為渴望成功的人都會習慣性找出他們成功或失敗的原因，這種因果的找尋能幫助自己理解自身和環境，達成對未來成功的期望，當結果不被預期時，更能激起個體找尋原因的動力。

本研究發現麵包工廠提供人力資源、原物料、烘烤設備和實作空間，真的能協助教師落實社區資源與學校教育結合的教學理念，像這種社區麵包工廠的教學資源中心，扮演著教學與科技整合的角色，能主動提供教師各項教學資源的服務，培養學生自我學習的場所。翁榮桐（2000）認為教學資源中心即是提供開放式、互動式與多樣化的學習環境，導引學習者主動學習的重要機構，最終受益者是學生，但其服務對象是教師。教學資源中心所扮演的角色和服務會因應社會、經濟和科技的需求而產生改變（Prostano & Prostano, 1987）。本研究發現麵包工廠的專業人員只會將自己熟悉的專業知識，食譜式的介紹給學童，他們不懂“5 Why”鷹架式提問的教學策略，也很難溝通，他們強調可以示範「如何做麵包」給學童作觀摩，也可以像師徒制式的做技術指導，但要他們啟發學童進行探究學習則非常困難。為此，本研究鼓勵實驗組學童以活動一進行資料調查所形成的疑問，利用“5 Why”技巧直接諮詢專業人員，在延伸活動產生困難時，也利用“5 Why”技巧諮詢專業人員。這將是一個起步，如何指導工廠專業人員，使其具備“5 Why”鷹架式提問的教學策略是本研究的遠程目標。

伍、結論與建議

一、結論

本研究實施“5 Why”鷹架式提問的準實驗教學，以社區的麵包工廠作為教學資源中心，協助學童的探究學習。在整個教學模組進行中，對於實驗組學童，教師都以“5 Why”鷹架式提問引導學童做一系列可能原因的思考，當他們在麵包工廠學習做麵包時，教師鼓勵他們能將心中的疑問以“5 Why”提問去諮詢專業人員；當學童體驗動手做麵包時，教師鼓勵他們能以“5 Why”提問去思考實驗的細節，規畫實驗步驟或方法。當學童做麵包失敗時，教師教導他們擴散思考，畫魚骨圖提出因果關係的分析，從不斷的因果思考和修正原來的假設，最後找出做麵包失敗的根本原因，並提出解決對策。研究結果發現：1.實驗組學童的科學概念、技巧及科學探究學習能力，均顯著優於對照組學童。2.實驗組學童經由“5 Why”鷹架式提問之探究學習後，能擴散思考各個層面的問題，其畫出的魚骨圖能幫助因果關係的分析，因果思考和提出否證能幫助學童找出根本原因，並提出解決策略。3.對照組學童的探究技巧能力差很多，提問的問題較發散，問題和問題之間沒有連慣性，無法有系統的整理因果關係，不易找出做麵包失敗的根本原因。4.共有15組實驗組學童，3組對照組學童能達成探究任務而找出根本原因。5.兩組學童均獲得製作麵包的相關科學概念，認識製作麵包的原物料，理解麵糰發酵能使

麵包鬆軟，使用冷凍麵糰做麵包，能使日常生活更便利。

二、建議

根據本研究的結果提出一些建議：

本研究發現“5 Why”鷹架式提問的科學探究，需要比較多的節數做長期訓練，故建議可結合自然與生活科技領域、綜合活動等課程，以每週2節的「科學主題」探究方式進行，採用分次進行，讓學童能跟隨不同的「科學主題」，進行“5 Why”提問、因果思考的科學探究，能培養學童追根究底的探究精神，達成解決問題的探究任務。

一般國小教師大都採用直接講述式教學，很少會採用探究式教學，訪談國小教師認為探究式教學既耗時又耗材，設計課程也不容易，接受度不高；因此想要發展“5 Why”鷹架式提問教學法，培訓國小種子教師是必須的，讓種子教師瞭解這種教學法的優點及學習成效，才能鼓勵國小教師使用探究式教學。

社區的教學資源中心很多，本研究發展“5 Why”鷹架式提問之「如何做麵包？」教學模組，經由準實驗教學證明是可以推動的，建議各國中小可以考慮社區的其他教學資源中心，以此發展更多的科學探究校本課程。對於未來的研究建議可加強，探究的時間以及研究樣本，以多方驗證本教學模組的實驗成效。

致　　謝

本研究能夠順利完成，首先感謝行政院國家科學委員會的經費支持（NSC 95-2511-S-152-003-MY3）；其次，感謝三位國小個案教師的支援教學，三間台北縣、桃園縣國小共六個班級學生的配合；最後，感謝本研究群的辛苦參與，幫忙建立研究工具的信效度、個案學生、個案教師的訪談資料。

參考文獻

1. 于瑞珍（2004）：校外教學與科學博物館。**教學科技與媒體**, **70**, 15-28。
2. 王美芬、熊召弟（1995）：**國民小學自然科教材教法**。台北：心理出版社。
3. 朱則剛（1990）：在師範學院設立教育資源中心的理念與規劃。**視聽教育雙月刊**, **31**(4), 25-29。
4. 李崑山（1996）：國民小學戶外教學理論與實務初探。**環境教育**, **29**, 62-69。
5. 余安邦、林民程、張經昆、陳烘玉、陳浙雲、郭照燕、劉台光、周遠祁和趙家誌（2002）：**社區有教室—學校課程與社區總體營造的遭逢與對話**。台北：遠流。
6. 林菁（1998）：一個教學與科技整合的理想—談國小教學資源中心。**教學科技與媒體**, **38**, 3-13。
7. 洪榮昭（1997）：精釋（Hermenutic）研究法在政策評量的應用。**中等教育**, **48**(5), 39-47。
8. 翁榮桐（2000）：從知識管理論教學資源中心之設立。**教師天地**, **107**, 66-67。
9. 郭元益（2007）：**教育型文化創意商品研發案例**。2007 年 3 月 11 日取自 http://www.kuos.com。
10. 郭琪瑩、王美芬（2004）：學校本位戶外教學對於科學態度之影響--以象山生態教學為例。**台北市立師範學院學報：人文藝術與社會科學類科學教育類**, **35**(1), 165-186。
11. 教育部（2003）：**國民中小學九年一貫課程綱要-自然與生活科技學習領域**。台北：教育部。
12. 陳浙雲、余安邦（2002）：社區有教室：九

年一貫課程與社區學校化的實踐。**教育研究資訊**, **10**(3), 29-48。

13. 黃萬居（2002）：由教學原理論述 STS 教學活動之應用。科**學教育研究與發展**, **29**, 59-85。
14. 楊玉鳳（2006）：**從豐田公司 5Why 看國內企業流程優化**。2006 年 10 月 6 日取自 http://www.51made.com/zzxxh_show.
15. 歐用生（2002）：快樂學習或安樂死？~體驗學習的批判教育學意涵。**課程與教學季刊**, **5**(4), 107-124。
16. American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1994). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
17. Association for Experiential Education (1995). AEE definition of experiential education. *The AEE Horizon, 15*(1), 21.
18. Beck, J., Forstmeier, W. (2007). Superstition and belief as inevitable by-products of an adaptive learning strategy. *Human Nature, 18*, 35-46.
19. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
20. Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(9), 916-937.
21. Dalal A. K., & Agarwal R. (1987). Causal thinking and expectation of success in the achievement context. *Journal of General Psychology, 114*(1), 57-68.
22. Evans, J. St. B. T. (1989). *Bias in human reasoning*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
23. Finn, H., Maxwell, M., & Calver, M. (2002). Why does experimentation matter in teaching ecology? *Journal of Biological Education, 36*, 158-162.
24. Fugelsang, J. A., & Dunbar, K. N. (2005). Brain-based mechanisms underlying complex causal thinking. *Neuropsychologia*, *43*, 1204-1213.
25. Gano, D. L. (2006). Where Did Root Cause Analysis Come From? Retrieved January, 11, 2008, from http://www.realitycharting.com/root-cause-analysis/causal-thinking.
26. Hannafin, M., Land, S., & Oliver, K. (1999). Open learning environments: Foundations, methods, and models. In C. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models, volume 2* (pp. 115-140). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
27. Hong, J. C. (2006, June 11-14). *A study of idea searching as the knowledge creation approaches on Chinese eight trigrams (Pa Gua)*. Paper presented at the 2006 ISPIM Conference, Athens, Greece.
28. Kaartinen, S., & Kumpulainen, K. (2002). Collaborative inquiry and the construction of explanation in the learning of science. *Learning and Instruction, 12*(2), 189-212.
29. Lu, C. C., Hong, J. C., & Chen, C. C. (2007, May 25-26). *Experiential inquiry-based teaching module of the creative teaching "Shuei-Jing soap cleaning"*. Paper presented at Asian Conference on Creativity Development, National Taiwan Normal University, Taiwan.
30. Lu, C. C., Hong, J. C., & Tseng, Y. C. (2007a, May 28-30). *The effectiveness of inquiry-based learning by scaffolding students to ask "5 Why" questions.* Paper presented at Redesigning pedagogy 2007 Conference, SCI 388, National Institute of Education, Singapore.
31. Lu, C. C., Hong, J. C., & Tseng, Y. C. (2007b, May 25-26). *Research on using D. I. Y. bread*

making course as Inquiry-based teaching module in the elementary school. Paper presented at Asian Conference on Creativity Development, National Taiwan Normal University, Taiwan.

32. Lunenberg, M. L., & Volman, M. (1999). Active learning: Views and actions of students and teachers in basic education. *Teaching and Teacher Education, 15*(4), 431-445.
33. Piaget, J. (1967). The mental development of the child. In D. Elkind (Ed.), *Six psychological studies*. NY: Random House (Original work publisher in 1940).
34. Polman, J. L., & Pea, R. D. (2001). Transformative communication as a cultural tool for guiding- inquiry science. *Science Education, 85*(3), 223-238.
35. Prostano, E. T., & Prostano, J. S. (1987). *The school library media center (5th.).* Englewood, CO: Libraries Unlimited.
36. The Quality Assurance Project (2006). *Methods & tools, QA resources, cause-and-effect analysis*. Retrieved August 8, 2007, from http://www.qaproject.org/methods/resc&e.html.
37. van Zee, E. H., Hammer, D., Bell, M., Roy, P., & Peter, J. (2005). Learning and teaching science as inquiry: A case study of elementary school teachers' investigations of light. *Science Education, 89*(6), 1007-1042.
38. Vygotsky, L. S. (1978). Social development theory. Retrieved June 1, 2008, from http://tip.psychology.org/vygotsky.html.
39. Wilhelm, J., Baker, T., & Dube, J. (2001). Scaffolding learning. *Adapted from Strategic reading: Guiding students to lifelong literacy*. Retrieved August 8, 2005, from http://www.myread.org.
40. Yager, K. F. (1992). The STS approach parallels constructivist practices. *Science Education International, 3*(2), 18-20.
41. Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in Biology learning. *Science Education, 88*(4), 728-753.
42. Zion, M., & Slezak, M. (2005). It takes two to tango: in dynamic inquiry, the self-directed student acts in association with the facilitating teacher. *Teaching and Teacher Education, 21*, 875-894.

The Promotion of Pupil’s Science Achievement and Scientific Inquiry Ability through the Use of “5 Why” Scaffolding Strategies -- “How to Make Bread” Module as a Teaching Example

Chow-Chin Lu[1], Jon-Chao Hong[2] and Chun-Wei Tsai[1]

[1]Department of Natural Science Education, National Taipei University of Education

[2]Department of Industrial Education, National Taiwan Normal University

Abstract

This study developed an inquiry teaching module, “how to make bread?”, which is suitable for use with fourth-grade students by asking “5 Why” scaffolding strategies, based on the work of Kaartinen and Kumpulainen (2002). The module used a community bread factory as an instructional resource center. The study was conducted using a quasi-experimental design. The experimental group (n = 105) received inquiry-based teaching by asking “5 Why” scaffolding strategies. That is, teachers issued some directions to inspire students to ask questions and solve problems. By then, pupils found the root cause of the problems, and developed problem solving strategies. The control group (n = 105) were taught via a direct teaching approach with teachers’ explaining, modeling, and revising. The pupils followed teachers’ procedures and asked questions if needed. The results showed that experimental group pupils’ scientific concepts and techniques of scientific inquiry ability were superior to the control group. In addition, the experimental group was able to extend their thinking and concentrate on a core problem with the help of drawing a fishbone diagram.

Key words: “5 Why” Scaffolding Asking Strategies, Instructional Resource Center, Science Inquiry Learning Ability, Fishbone Diagram