

南 華 大 學

資訊管理學系

碩士論文

應用田口方法於咖啡沖製最佳化

The application of Taguchi method in coffee brewing optimization



研究生：林春妙

指導教授：王昌斌

陸海文

中華民國 101 年 5 月 20 日

論文口試合格證明

南 華 大 學
資 訊 管 理 學 系
碩 士 學 位 論 文

應用田口方法於咖啡沖製最佳化

研究生：林青妍

經考試合格特此證明

口試委員：翁振益
王昭訓
吳光閔
陸海文

指導教授：王昭訓
陸海文

系主任(所長)：

口試日期：中華民國 一百零一年 五月 二十日

誌 謝

兩年前跟著同事一起進入南華電商的家庭，週一到週五每天忙著上班，六日趕著上課，這兩年來沒有假日、沒有喘息，雖然辛苦但是卻是珍貴且難得的經驗及難忘的記憶。畢業五年後再次重溫學生身分，從商科背景跳到資訊管理這段路很辛苦，感謝曾經授課過電商的老師們兩年來的耐心教導，謝謝您們的辛勞。

本論文得以完成業感謝我兩位辛苦的指導教授王昌斌教授及陸海文教授，從論文題目的選定、研究架構，研究方法與驗證，一路以來感謝您們犧牲假日、休息時間，給我最深的啟發與指導，讓我銘感在心。

再要感謝班上同學，感謝大家對我給予最深的厚愛，兩年的碩士生涯有你們而過得更快樂。感謝陳得春和戴德明兩位同學在課業上及工作上給予我的建議及幫助。感謝公司秘書劉明昌及主任盧四海，體諒我而對我工作情緒上的包容，對我工作上的指導與支持，讓我得以順利取得碩士學位。

最後要謝謝我的父母及家人，兩年來偶有壓力無法宣洩而發起小脾氣，感謝他們給予我最大的體諒和包容，讓我無後顧之憂，全心上課，感謝我的姐姐及表姊妹，在我心情低落總是為我加油打氣，你們遠是我最大的精神支柱

林春妙 謹誌於
南華大學資訊管理系電子商務組碩士班

中華民國 101 年 6 月

應用田口方法於咖啡沖製最佳化

學生：林春妙

指導教授：王 昌 斌

陸 海 文

南華大學 資訊管理學系電子商務組碩士班

摘要

週休二日實施後改變台灣的生活型態，國人開始對休閒生活開始重視，開始享受咖啡帶來的休閒氣息。九二一大地震後政府推動地方產業結合觀光休閒後，古坑鄉農會一直致力於咖啡產業的發展與推動。本研究為『咖啡沖製最佳化』之探討，利用田口品質工程方法，探討由咖啡沖製過程及設計探討影響咖啡產品品質特徵值的控制因子和水準，其因子如下：咖啡原料、烘焙方式、沖煮器具、水質、沖煮溫度、及沖煮時間，並以 L_{12} 直交表進行 12 次實驗找出咖啡沖製最佳化條件，經由品評員以咖啡順口滿意度為品質特徵值進行評分。

將實驗資料計算求得 S/N 比、反應圖、反應表及變異數分析表，選出最佳化組合配方，再進一步進行確認試驗，驗證是否為最佳化組合。所得最佳化組合條件為綜合混合咖啡豆、中焙、虹吸式、85°C、45 秒。

本研究目的可加深古坑鄉農會咖啡管理制度，並為咖啡行銷一大利器；將咖啡沖製標準化成為咖啡知識，提升生產者及消費者咖啡知識，以利咖啡行銷人員能有所參考。

關鍵字：田口品質工程直交表、咖啡沖製、最佳化條件、農會

The application of Taguchi method in coffee brewing optimization

Student: Chun-Miao Lin

Advisor : Dr. Chin-Bin Wang

Advisor : Dr. Hai-Wen LU

Department of Information Management

The Graduated Program

Nan-Hua University

Abstract

The purpose of this study is to explore the optimal condition of coffee brewing. To gain the objective and universal results, we adopted the Taguchi Method of quality engineering for experimental design. Six factors were analyzed in this study: raw material, roast level, coffee- brewing methods, water sources, brew temperature and brew time. Different levels were set for above factors. Cupping professionals were tasting and scoring using the L_{12} chart of the Taguchi method. Statistical measures including S/N ratio, responsible table, and ANOVA were used to obtain the optimal condition of coffee making. A replicate tasting will be carried out while the competent sets were collected. The finding shows that the optimal condition of coffee making is using the blended coffee beans with media roast through siphon instruments under the brew temperature of 85°C and the time of 45 seconds. It was concluded that we not only use the Taguchi Method and statistical analysis to find the optimal conditions of coffee making, but offer the references for the coffee devotees and salespersons nevertheless they don't obtain the know-how of coffee brewing in the private shops.

Key words: Taguchi orthogonal array 、 Coffee brewing 、 optimal condition 、 Farmers'

Association

目 錄

論文口試合格證明	ii
謝誌.....	iii
摘 要.....	iv
Abstract	v
目 錄.....	vi
表目錄.....	vii
圖目錄.....	viii
第一章緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	2
第三節 研究流程.....	3
第二章文獻探討.....	4
第一節 田口式品質工程.....	4
第二節 台灣咖啡產業發展.....	7
第三節 古坑鄉農會特性.....	9
第三章研究方法、實驗步驟分析.....	12
3.1 選定咖啡品質特徵值.....	13
3.2 分析影響咖啡品質特徵值的因子.....	13
3.3 決定咖啡品質因子的水準.....	13
3.4 計算自由度.....	17
3.5 選定適當直交表：.....	17
3.6 因子的配置.....	19
3.7 咖啡實驗準備作業.....	20
3.8 執行咖啡的沖製實驗，紀錄實驗數據：.....	26
3.9 資料的收集及登錄：.....	27
3.10 資料效果分析.....	27
3.11 最佳化的選取與確認：.....	30
3.12 咖啡沖製最佳化確認實驗.....	31
第四章 結論.....	33
參考文獻.....	35
附錄一	39
附錄二	40

表目錄

表 1	控制因子與水準.....	14
表 2	分散交互作用的直交表.....	18
表 3	直交表.....	19
表 4	行的合併.....	19
表 5	L₁₂ 新直交表.....	20
表 6	咖啡沖製最佳化實驗步驟.....	26
表 7	咖啡順口滿意度實驗成績紀錄表.....	27
表 8	咖啡順口滿意度評比平均數.....	28
表 9	咖啡沖製最佳化實驗 S/N 比值.....	28
表 10	咖啡沖製最佳化因子平均值反應表.....	29
表 11	咖啡沖製最佳化因子 S/N 比反應表.....	29
表 12	咖啡沖製最佳化變異數分析表.....	30

圖目錄

圖 1	虹吸式咖啡壺.....	15
圖 2	濾泡式咖啡沖泡.....	16
圖 3	研磨機研磨咖啡豆.....	22
圖 4	使用電子磅秤稱重.....	22
圖 5	將咖啡裝入夾鏈袋中.....	23
圖 6	使用計時器計時.....	23
圖 7	使用溫度計及瓦斯燈控制溫度.....	24
圖 8	準備 6 組虹吸式咖啡壺及 120 個陶瓷杯.....	24
圖 9	漱口清潔口腔餘味.....	25
圖 10	開始進行評分.....	25
圖 11	因子平均反應圖.....	29

第一章緒論

第一節 研究背景與動機

在早期歐洲社會，咖啡是一種貴族的社交活動，而近年來咖啡文化盛行，咖啡成為世界最重要的消費品之一。六十年代的台灣社會，享用咖啡被視為一種奢侈的享受，現今咖啡消費隨著台灣社會經濟的成長、生活型態的改變，咖啡品嚐與飲用已經成為日常生活中的一部分（楊雅民，1999）。台灣早期咖啡發展以即飲罐裝咖啡為主，想要喝到現煮咖啡必須到咖啡館。自從 2007 年台灣便利商店打出 24 小時不打烊服務，提供新鮮現磨現煮咖啡，城鄉中人手一杯咖啡情況到處可見，也使得咖啡市場競爭更激烈。咖啡飲用習慣隨著西方飲食文化的帶入，愈來愈多消費族群在家中及辦公室親自動手沖煮咖啡，也培養出愈來愈多咖啡愛好者。

田口方法主要強調在產品週期中，以穩定性及最低成本作為生產品質目標。田口式品質工程擁有提高產品品質及降低生產成本兩大特性，普遍運用於電子、電信、磁磚及機械等加工業，大多應用在製程解決品質的問題，但運用在飲品研究只有少許的研究出現。由於田口品質工程追求以最低成本，製造最高品質的產品為目標穩健設計（*robust design*），乃是一種透過工程最佳化的方式來進行品質改善的方法，而國內對於咖啡相關研究比較著重於外國連鎖咖啡廳的消費行為

或台灣咖啡對地方休閒觀光產業的影響，以咖啡沖製最佳化條件的研究極少引發本研究動機。

第二節 研究目的

基於上述研究背景與動機，本研究主題是以田口式品質工程方法來探討咖啡沖製最佳化條件，將利用簡單的 L_{12} 直交表設計實驗與簡潔的變異數分析，以少量的實驗數據進行分析，並選取最佳化沖製條件，最後由確認實驗驗證是否為最佳化組合，可有效提高產品品質，提升咖啡行銷競爭力。

本研究探討由咖啡沖製過程及設計探討影響咖啡產品特徵值的控制因子和水準，其因子與水準如下：咖啡原料（純古坑咖啡豆、綜合混合咖啡豆）、烘焙方式（淺焙、中焙、中深焙、深焙）、沖煮器具（虹吸式、濾泡式）、水質（自來水、過濾水）沖煮溫度（85°C、100°C）、沖煮時間（45 秒、80 秒）。利用田口方法安排實驗，配置因子依據 L_{12} 直交表進行 12 次實驗，藉由 10 位品評員，以咖啡順口滿意度為品質特徵質進行評分，將實驗資料計算求得 S/N 比、反應表、反應圖及變異數分析表，選出咖啡沖製最佳化組合配置，再進一步進行確認試驗，驗證是否為最佳化組合。

主要目的透過田口方法找出咖啡沖製最佳化沖製條件，以利咖啡行銷及創業人員能有所參考。本研究結果可加深古坑鄉農會咖啡管理制度並為該會提供咖啡行銷一大利器，此外也可以將咖啡沖製標準化成為咖啡知識，提升生產者及消費者咖啡知識，以利將來咖啡行銷人員能有所參考。

第三節 研究流程

本研究之研究流程可以分為以下幾部分：

1. 確定研究主題
2. 田口品質工程及台灣咖啡相關文獻之回顧
3. 咖啡沖製配置最佳化實驗
4. 最佳化資料分析及結果
5. 結論

在本次咖啡沖製實驗中，採用田口品質工程中靜態的參數設計方法進行，以達到望大特性得到最佳化目標。田口實驗方法為利用直交表規劃實驗以減少實驗次數，並採用 S/N 比分析方法求出最佳化沖製組合以達提高咖啡產品品質之目標。

第二章文獻探討

第一節 田口式品質工程

田口式品質工程是田口玄一博士 (Taguchi) 所提出一套品管方法，運用簡單的直交表做實驗設計，此法可以用最少的實驗數據進行分析，不需要太多統計知識就可以運用自如，可有效的提升產品品質。本研究主要在應用田口方法尋找咖啡沖製最佳化的組合。

2.1.1 品質損失函數

當品質特徵值與目標一致時，品質損失最小。當品質特徵值開始偏離目標值時，品質損失也開始增加。為了要將品質損失量化，探索品質損失和品質特徵值之間的關係。田口博士假設：當產品的品質特徵值 y 開始偏離目標值 m 時，品質損失 L 是以二次曲線的速度增加。亦即

$$L(y) = k(y - m)^2 \quad (2-1)$$

k 是一個特定係數，稱為品質損失係數 (Quality loss coefficient)，公式 2-1 的品質損失是相對值，當 $y=m$ 時，品質損失是零，亦即 $L(y)=0$ 。品質特徵值的類型分為望小、望大、望目特性其內容如下：

(1) 望小特性：

品質特徵值為愈小愈好，且資料皆為正或負其中一方，變異數愈小愈好，品質特徵值的理想值可以視為零。例如：表面粗糙度、噪音、熱能損失等。

望小特性 S/N 比公式如下：

$$\eta = -10 * \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{2}{y_i} \right) \right) \quad (2-2)$$

其中 N 為各實驗組數、 y_i 為各組實驗樣本特徵值數據。

(2) 望大特性

品質特徵值為愈大愈好，希望平均值為無限大，變異數愈小愈好品質特徵質越大越好。例如：壽命、強度、黏著度等。

望大特性的 S/N 比計算式如下：

$$\eta = -10 * \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{y_i^2} \right) \right) \quad (2-3)$$

其中 N 為各實驗組數、 y_i 為各組實驗樣本特徵值數據。

(3) 望目特性

品質特徵值有一特定目標，愈接近目標愈好，望目特性的 S/N 比是利用變異係數的倒數來定義。例如：尺寸、電阻等。

望目特性的 S/N 比計算式如下：

$$\eta = -10 * \log \left(\frac{(\bar{y} - m)^2}{s^2} \right) \quad (2-4)$$

其中 \bar{y} 為所觀測的平均值、 s 為標準差、 m 為目標值。

2.1.2 田口品質工程應用

田口方法 (*Taguchi Method*) 應用層面相當廣泛，過去田口品質工程應用在工業解決品質問題，如：電子業、汽車業、紡織業、航空業、化工業等成功案例很多。現不僅限於製造業，更可推廣至服務業上 (*Kumar et al. , 1996*) 以降低成本、提高品質和提高生產力。過去工業應用田口品質工程進行實驗的學術研究很多如：*Henza & Lipowicz*

(1986) 用於射出成型之品質分析，得到射出成型的最適製程；王春和 (1993) 應用於線外品管多重品質特性製程成最佳化；潘忠煜、黃

嘉文、許如欽 (1994) 應用在染整業浸染過程，選出最適宜的製程條件，減少染色成本和提升產品品質穩定度；王羽盟(2009)以醫療生理監視器應用田口方法探討塑膠射出成形最佳化參數；邱弘興、姜禮德 (1997)探討不同合金成分和含量及凝固冷卻速率等對球墨鑄鐵顯微鏡組織和機械性質的影響；詹曉苓 (2000) 運用於汽車空氣濾清器製程不良率之改善；詹佩珍 (2002) 評估模式為探討製紙廠廢水處理單元最適化操作條件之建立；陳延昌 (2002) 應用於紫外光原型件成型技術精敏化之研究；林榮德 (2009) 運用於航太角鋁製程最佳參數之規劃，過去研究中可知田口品質工程對產品品質改善相當有效果，但卻極少運用在食品上。直到近年愈來愈多人應用田口方法在食品加工，以改善製程或是尋找最適條件進而提高產品品質。例如：朱志忠等 (1994) 結合與灰色關聯分析進行蛋黃酥油酥皮生產最佳化研究；陳怡宏 (1995) 應用於製糖濾泥吸收二氧化硫之最適操作條件；陳順宇 (1996) 饅頭配方及原料之影響因子探討；吳光耀 (1994) 運用於文蛤軟糖的製造；陳和賢等 (2001) 進行蛋黃酥桿捲製程的改進；近年來亦有 *Kumar et al.* (1996) 利用選出最佳組合條件處理顧客抱怨問題，證明田口方法亦可成功的改善服務品質；侯東旭 (2008) 應用直交表於網路教學品質，了解田口方法可以改善教學品質。

第二節 台灣咖啡產業發展

咖啡為世界三大飲料作物之一，全世界咖啡品種高達百餘種，主要品種以阿拉比卡(*Arabica*)、賴比瑞卡(*Liberica*)、羅布斯塔(*Robusta*)三大原生種系統，臺灣最早引進種植及目前大面積種植以阿拉比卡咖啡為主要品種。

咖啡傳入台灣的紀錄，根據文獻資料，在西元 1860 年英法聯軍清帝國戰敗，簽訂北京、天津條約，約定台灣港口必須開放與西方通商，於是歐洲各國開始進駐，咖啡便悄悄的飄洋過海來到台灣，為台灣飲用咖啡歷史揭開序幕。台灣咖啡種植根據最早的歷史紀載，西元 1884 年（清光緒十年）英國茶商德記洋行商人，從東南亞馬尼拉引進一百多株阿拉比卡咖啡樹苗，在台北三峽試種，但因運送遙遠且樹苗照顧不佳僅存十株，為台灣種植咖啡引進最初紀錄。西元 1885 年甲午戰爭清朝戰敗後，日本佔據台灣，明治維新運動西方文化對日本產生影響，發現台灣氣候土壤適合咖啡種植，開始思考在台灣種植咖啡，便從國外引進阿拉比卡種植，希望享受到新鮮咖啡。日治時代，西元 1902 年台灣總督府殖產局恆春熱帶植物殖育場，從北部冷水坑蒐集當初引進台灣馬尼拉系的咖啡種及自日本小笠原群島從爪哇進口咖啡生豆，在台灣試種且相當成功，並於西元 1906 年開始採集收穫，但由於咖啡在當時是日本皇族食用，採集收穫後必須運回日本。

台灣總督府殖產局在西元 1918 年成立農事試驗嘉義支場（今農業管理委員會嘉義農業試驗所嘉義分所），開始進行咖啡企業性栽種，且評估所有的咖啡品種以阿拉比卡種咖啡最優，西元 1927 年全台普遍種植，西元 1931 年日本木村公司在嘉義、花蓮等地種植咖啡。

日人企業社結合日本政府政策推廣創立「圖南產業株式會社」，選在古坑鄉內荷苞山經營農場，直到 1942 年間是咖啡種植最多的全盛期，大量栽種咖啡，全台種植面積有將近一千公頃，產量豐富、品質風味佳，奠下日後台灣本土咖啡發展。1933 年台灣部分地區歷經傳染病，造成台灣咖啡產業面臨危機及 1937 年至 1945 年間太平洋戰爭爆發，海運受阻及勞力不足及日本政府獎勵種植軍需作物原料，農民改種稻米，大部分的咖啡田荒蕪，日本在台灣的咖啡事業的發展日漸隱沒（周麗蘭, 2003）。直到西元 1954 年因國際咖啡價格飆漲，當時的農復會及相關單位機構，開始恢復種植及派員出國學習相關栽種技術。西元 1958 年恢復雲林縣咖啡園區，並建立一座現代化咖啡加工廠採集及生產成本太高，政府不獎勵推廣栽種，種植面積日漸減少，西元 1973 年雲林經濟農場停止咖啡種植，西元 1975 年加工廠機器拆除，西元 1978 年咖啡加工廠關閉，古坑咖啡就此隱沒。直到九二一大地震後，政府及各災區為了重建，開始著重傳統產業，結合觀光休閒事業，西元 2003 年古坑鄉推出台灣咖啡節更是將台灣咖啡推向高峰，台灣咖啡再度從塵封的記憶中挖掘出來。

近年來台灣咖啡市場隨著西元 1950 年美軍協防台灣，將即溶咖啡引進台灣，及日據時代日本人將咖啡飲用帶進台灣，在 1960 年有了咖啡館的設立，及自西元 1968 年政府調降咖啡關稅後，台灣咖啡的進口量穩定成長，在全球化的影響下，各式咖啡連鎖店持續進駐台灣，期中西元 1998 年美國風行且知名的連鎖咖啡館，統一星巴克在天母開立第一家咖啡館，引發咖啡飲用風潮；加上雲林古坑、南投惠蓀農場、嘉義中埔、阿里山台灣各地等都有台灣咖啡的栽種，及國民

消費能力的提高，喝咖啡人口增加，使台灣飲用咖啡的人數及種植面積不斷增加。

近年來針對台灣咖啡產業的研究大多以文化空間及台灣咖啡節慶探討，如林彥辰(2005)雲林縣古坑華山社區發展與地方感之研究；吳怡寬(2005)產業文化藝術節推廣以台灣咖啡節為例；李依蓓(2006)文化產業帶動地方發展之創新事業模式探討；莊萬進(2007)古坑台灣咖啡節慶滿意度探討；黃建超(2007)雲林縣古坑鄉台灣咖啡節節慶活動知名度創造及行銷策略之研究；蔡宜霖(2008)節慶活動與地方價值之研究；黃躍雯(2008)探討咖啡帶動古坑鄉華山社區估光發展的轉型等學術研究；廖淑玲(2011)地方節慶、產業特色、行銷模式對經營績效影響之研究；過去研究針對台灣咖啡行銷研究及咖啡沖製最佳化等學術研究較少。

第三節 古坑鄉農會特性

古坑鄉位處於雲林縣東南方靠近中央山脈大尖山系，面積 166 平方公里為縣內面積最大，但平地耕地面積卻最少的鄉鎮，海拔位於 60-100 公尺，鄉民多數務農為主。鄉內主要農特產以柳橙、咖啡、竹筍、鳳梨、番石榴、葡萄柚等為主。近年隨著經濟模式的變遷及加入 *WTO* 影響下，農業地位漸漸式微沒落；面對全球化的時代的來臨，本土農業必須與國際競爭；而鄉內農業產業面臨生產不具規模化，只識生產卻不知如何行銷的小農，及青壯年人口外移鄉內農民多為老農勞動人口居多等問題衝擊古坑鄉內產業。為古坑農產業注入新契機，農會肩負重要責任。

古坑鄉農會於民國八年九月由陳六先生結合地方有志人士提出申請許可，於民國九年六月十日，經台灣總督准予設立。民國十五年七月三日呈准改稱為有限責任崁頭厝信用販賣購買利用組合。民國二十六年六月一日，設置古坑出張所(古坑本會前身)，並將有限責任信用組合改為保證責任信用組合。民國二十八年七月二十四日設置溪邊厝出張所(東和辦事處前身)。民國三十五年一月廿日將古坑庄農業會改組為古坑鄉農會及古坑鄉合作社。民國三十八年十一月廿一日再將古坑鄉農會與古坑鄉合作社，合併改組為古坑鄉農會。

本鄉原以種植麻竹筍為大宗產品「台灣麻竹筍王國」之稱，但因外銷市場遭大陸搶攻，近年來改種植柳丁、葡萄柚、茂谷柑等柑橘類水果及鳳梨、番石榴等果樹為發展重點。然而產業外移及農產品傾銷等因素影響及柳丁、葡萄柚、鳳梨、番石榴等水果面對市場開放衝擊，氣候變遷等原因，造成產量供需失衡、價格偏低、不敷經營成本。

民國八十八年九二一大地震發生後政府與各災區積極推動農業轉型，開始著重將傳統產業與觀光休閒事業作結合。古坑鄉農會自2003年10月10日至12日於新改建的農業休閒中心舉辦台灣咖啡節活動打響古坑鄉「台灣原生咖啡產地」名號並帶動古坑咖啡相關產業，咖啡這顆小魔豆振興地方的產業，喚醒台灣咖啡在台灣人民塵封已久的記憶。多年來古坑鄉農會積極致力於咖啡產業推廣，率先自創「加比山咖啡」品牌，為各項咖啡產品之識別標章。台灣咖啡節的舉辦至今已舉辦八年，多年來古坑鄉農會每年撥出經費與台灣大學教授及台灣咖啡協會合作舉辦「台灣咖啡節咖啡評鑑活動」，期待經過專業的評鑑人員評鑑出優質台灣咖啡豆及優良台灣咖啡農民。

長期來古坑鄉農會收購咖啡農民生產的台灣咖啡生豆、經咖啡評鑑合格的阿拉比卡咖啡生豆，並設置「加比山食品加工廠」生產多項咖啡產品，全力為古坑鄉農產品及咖啡文化注入新血輪，並積極開闢大陸市場，尋求更大消費族群支持。古坑鄉農會積極輔導成立咖啡產銷班，致力於推廣咖啡產業，結合品牌及優質的咖啡農進行策略聯盟，推出各種咖啡產品及咖啡 *DIY* 教室，透過消費者親自動手煮咖啡並由會內專業人員講解從咖啡採收、烘焙到如何煮出一杯香醇且道地的台灣咖啡。其目的在於讓喝咖啡不只是單純飲用，更是一種知識的傳遞，最終更希望能對本地的咖啡及農業經濟有實質幫助。

第三章研究方法、實驗步驟分析

古坑鄉農會於 2003 年 10 月 10 日至 12 日，在新改建的農業休閒中心舉辦台灣咖啡節活動，打響古坑鄉『台灣原生咖啡產地』名號至今，古坑鄉農會長期與台灣大學教授及台灣咖啡協會合作，進行台灣咖啡評鑑活動，期望透過咖啡評鑑活動提升台灣咖啡品質，推廣優質台灣咖啡。多年來古坑鄉農會致力於台灣咖啡的推廣。本研究方法運用田口品質工程得到咖啡沖製最佳化組合實驗，其目的主要為提供優質的台灣咖啡，及提高服務品質與正確咖啡知識給消費者。咖啡沖製最佳化實驗步驟執行如下：

- (1) 選定咖啡品質特徵值
- (2) 分析影響咖啡品質特徵值的因子
- (3) 決定咖啡品質因子的水準
- (4) 計算自由度
- (5) 選定適當直交表
- (6) 因子的配置
- (7) 咖啡實驗準備作業
- (8) 執行咖啡的沖製實驗，紀錄實驗數據
- (9) 資料的收集及登錄
- (10) 資料效果分析
- (11) 最佳化的選取與確認
- (12) 咖啡沖製最佳化確認實驗

3.1 選定咖啡品質特徵值

本實驗採用咖啡順口滿意度為咖啡沖製實驗的品質特徵值，順口滿意度是指品評員對於每次咖啡沖製實驗，依據自己當時品嚐的口感與情境，提出順口滿意度的評核。此評核雖為個人主觀的分數，但卻是重要量化數據以便於分析。順口滿意度的品質特徵值是望大特性，所以順口滿意度愈高愈好。

3.2 分析影響咖啡品質特徵值的因子

影響咖啡品質特徵值的變數共有 6 個因子，包含咖啡原料、烘焙方式、沖煮器具、水質、沖煮溫度、沖煮時間。其中咖啡原料是指咖啡豆生產地來源、烘焙方式是指咖啡生豆烘焙度的程度、沖煮器具指的是咖啡沖製的器具、水質指的是咖啡沖製所需的水的種類、沖煮溫度指的是水煮沸後維持平衡的溫度後開始與咖啡粉接觸、沖煮時間指的是水與咖啡粉開始接觸後的時間。

3.3 決定咖啡品質因子的水準

咖啡豆的品種及來源與新鮮度、生豆烘焙程度的深淺、沖煮器具種類的不同、水質的好壞、沖煮的時間長短、及沖煮的溫度控制等等因素，都會影響一杯咖啡的好喝與否。本次咖啡沖製實驗找出影響咖啡沖製的六個因子包含咖啡原料（代號 A）、烘焙方式（代號 B）、沖煮器具（代號 C）、水質（代號 D）、沖煮溫度（代號 E）、沖煮時間（代號 F）共六個因子。針對各影響因子決定其水準數，其相對水準數詳見表 1：

表 1 控制因子與水準

可控因子	編碼	水準 1	水準 2	水準 3	水準 4
咖啡原料	A	純古坑咖啡豆	綜合混合咖啡豆		
烘焙方式	B	淺焙	中焙	中深焙	深焙
沖煮器具	C	虹吸式	濾泡式		
水質	D	自來水	過濾水		
沖煮溫度	E	85°C	100°C		
沖煮時間	F	45 秒	80 秒		

各影響因子與水準說明如下：

A. 咖啡原料：

世界上咖啡品種有百餘種，最常見及主要是阿拉比卡、羅布斯塔及賴比瑞亞咖啡三大品種。本咖啡實驗採用品質佳穩定高，並為台灣咖啡主要生產品種阿拉比卡咖啡豆。咖啡來源共有 2 個水準，其中水準 1 為純古坑咖啡豆，是選用 100%純古坑鄉農民生產阿拉比卡咖啡豆；水準 2 為綜合混合咖啡豆，是選用 100%純古坑鄉農民生產阿拉比卡咖啡豆（50%）及引進巴西生產阿拉比卡咖啡豆（50%）。

B. 烘焙方式：

烘焙是咖啡加工的重點，咖啡豆利用烘焙手法，可將它本身的 800 種物質釋放出來，換句話說，咖啡的風味與香氣皆因烘焙而來。本咖啡實驗取簡易烘焙法咖啡豆烘焙變化過程。烘焙方式共有 4 個水準，其中水準 1 為淺焙，是當烘豆機開始加溫運轉約 7-8 分鐘後，焦味出現也轉為較有厚度的香氣，顏色為肉桂色；水準 2 為中焙，是當烘豆機開始加溫運轉約 8-9 分鐘後咖啡豆表面出現油脂，香味轉變為厚重焦糖味，顏色為深褐色；水準 3 為中深焙，是當烘豆機開始加溫運轉約 10 分鐘後咖啡豆油脂愈來愈多顏色更深，介於中焙與深焙之

間；水準 4 為深焙，是當烘豆機開始加溫運轉設定 13 分鐘，經過 3~5 分鐘的送風冷卻，顏色為油性古銅色。

C. 咖啡沖煮器具：

一般市售咖啡沖泡器具種類非常多，從手工沖煮到機器沖煮都有，本次咖啡實驗選用最常見也最普遍的咖啡沖煮器具。咖啡沖煮器具共有 2 個水準，其中水準 1 為虹吸式，虹吸式又稱賽風 (*Siphon or syphon*)，咖啡壺分為上下兩部分，中間以導管連通，是一種利用熱脹冷縮原理，取溫度平衡點將下壺的熱水帶至上壺沖煮咖啡 (參見圖 1)；水準 2 為濾泡式，是指藉由濾紙或濾袋，將熱水直接沖煮咖啡粉末，過濾萃取咖啡 (參見圖 2)。



圖 1 虹吸式咖啡壺



圖 2 濾泡式咖啡沖泡

D. 水質：

水質指的是咖啡沖煮所需的水的種類，水質共有 2 個水準，其中水準 1 為自來水，是一般家庭常用的水，是指經過自來水廠過濾處理後，其礦物質含量很少的水；水準 2 為過濾水，是指經過濾器過濾後較無雜質的水。

E. 沖煮溫度：

沖煮溫度指的是水煮沸後所維持平衡的溫度後開始與咖啡粉接觸。沖煮溫度共有 2 個水準，其中水準 1 為 85°C 指的是沖煮時水溫維持 85°C 後開始與咖啡粉接觸；水準 2 為 100°C 指的是沖煮時水溫維持 100°C 煮沸狀態開始與咖啡粉接觸。

F. 沖煮時間：

沖煮時間指的是水與咖啡粉開始接觸後的時間，沖煮時間共有 2 個水準，其中水準 1 為 45 秒指的是水與咖啡粉開始沖煮的時間為 45 秒；水準 2 為 80 秒指的是水與咖啡粉開始沖煮的時間為 80 秒。

3.4 計算自由度

選擇直交表的第一步是計算總自由度，田口實驗自由度的計算是各因子水準數減一，例如本實驗烘焙方式因子的水準為 4，則烘焙方式的自由度計算為 4 減 1，所以烘焙方式的自由度為 3，依此要領咖啡沖製實驗的各因子的水準計算如下：

A 因子的自由度為 $2-1=1$

B 因子的自由度為 $4-1=3$

C 因子的自由度為 $2-1=1$

D 因子的自由度為 $2-1=1$

E 因子的自由度為 $2-1=1$

F 因子的自由度為 $2-1=1$

合計總自由度為 8

自由度的定義是為要確定所需實驗次數的最小值，來選擇適當的直交表。各因子及總平均自由度的總和，亦即最小實驗組數，選用直交表的行數必須要大於總自由度。

3.5 選定適當直交表：

直交表是一種可有效率、有系統控制因子的方法，是指每兩行之間所有組合出現頻率都是一樣多。直交表除了可大量降低實驗成本

外，還有簡化資料分析工作及結果，更具可靠性等好處。

$L_{12}(2^{11})$ 的自由度為 11 大於本實驗總自由度 8，故本咖啡實驗選定 $L_{12}(2^{11})$ 直交表。 $L_{12}(2^{11})$ 直交表是很特殊的 2 水準直交表，主要特點是評估因子效應，不是用來評估因子間的交互作用。

$L_{12}(2^{11})$ 有 11 個直行，我們可以建構新的直行來代表某兩個直行間的交互作用，詳見表 2 最右邊單獨的一行是第 1, 2 行的交互作用，會發現這個交互作用行和所有其他直行(3-11 行)都是『部分直交』，這表示交互作用被分散到各行。混合水準直交表主要是用來評估主要因子效應，而假設交互作用並不存在；如果真的有交互作用的存在，這些直交表讓交互作用分散到各行中，讓因子效應保留了相對大小。

本次實驗各因子間無交互作用，所以本咖啡沖製實驗採 $L_{12}(2^{11})$ 直交表配置各因子， $L_{12}(2^{11})$ 直交表只進行 12 組咖啡沖製實驗，卻依然能獲得足夠的資訊，其因子配置情形詳見表 3。

表 2 分散交互作用的直交表

Exp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1x2
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	1
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1	2
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	2
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	2
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1	2
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1

表 3 $L_{12}(2^{11})$ 直交表

Exp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	C			A	B		D	E		F	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1

3.6 因子的配置

本實驗影響因子除烘焙方式有淺焙、中焙、中深焙、深焙共 4 個水準外，其他影響因子皆為 2 個水準。 $L_{12}(2^{11})$ 為 2 水準的直交表，烘焙方式卻是進行 4 水準。我們可以經由合併直交表中的兩行如表 4 所示，來創造出一個新的直交表詳見表 5。本實驗在 $L_{12}(2^{11})$ 直交詳見表 4 中，合併第 5 行及第 6 行後，為新的第 5' 行。合併規則詳見表 4 下：

表 4 行的合併

行	5	6	5'
水準	1	1	1
水準	1	2	2
水準	2	1	3
水準	2	2	4

第 5 行第 1 水準與第 6 行第 1 水準合併為新水準：1

第 5 行第 1 水準與第 6 行第 2 水準合併為新水準：2

第 5 行第 2 水準與第 6 行第 1 水準合併為新水準：3

第 5 行第 2 水準與第 6 行第 2 水準合併為新水準：4

表 5 L_{12} 新直交表

Exp.	1	2	3	4	5'	7	8	9	10	11
	C			A	B	D	E		F	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	3	2	2	1	1	2
5	1	2	2	1	4	1	2	1	2	1
6	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1
7	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1
8	2	1	2	1	4	2	1	1	1	2
9	2	1	1	2	4	1	2	2	1	1
10	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2
11	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2
12	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1

3.7 咖啡實驗準備作業

本次咖啡沖製實驗，所需咖啡豆原料包含由古坑鄉農民所生產阿拉比卡咖啡豆及巴西進口阿拉比卡咖啡豆兩種生豆。首先須將咖啡生豆烘焙為淺、中、中深、深焙後，使用咖啡研磨機(參見圖 3)研磨成粉，每種咖啡豆研磨顆粒大小刻度固定為 3.5，其用意是本次實驗沖煮器具，刻度 3.5 為最佳的咖啡粉沖製粗細度，並依照烘焙程度及咖啡來源不同分裝 12 次實驗所需咖啡粉。避免重量不同而影響實驗的正確性，使用電子磅秤(參見圖 4)每包重量固定為 40g，咖啡豆的

新鮮與否影響咖啡的品質好壞，故將咖啡粉使用封口袋封好(參見圖 5)，使本次實驗咖啡粉咖啡品質不因接觸空氣產生變質。實驗過程為增加沖煮時間及沖煮溫度的準確性，全程使用時間計時器(參見圖 6)及溫度計(參見圖 7)注意時間及溫度變化。

實驗進行當中，沖煮器具的溫度及濾布殘留的水漬等會影響沖煮的品質，實驗會場準備相同規格及容量的器具。包含虹吸式咖啡壺計六組，十二次實驗過程中，實驗沖煮器具不重覆，以確保實驗的正確性；沖煮溫度方面採用瓦斯燈控制溫度，不使用酒精燈或其他燃燒器具，用意在於瓦斯燈較其他燃燒器具容易控制火焰大小；沖煮溫度介於 85°C 及 100°C 並使用溫度計衡量溫度；實驗品嚐後避免因清洗清潔度及溫杯過程水溫控制不當，致殘留前次實驗咖啡味道影響分數評比，實驗過程全程準備保溫效果佳的陶瓷杯進行咖啡評比。本次實驗須進行十二次品嚐實驗，為避免前次實驗咖啡殘留於評審口腔內影響評比客觀性，每次品評前逐次漱口清潔口腔餘味後(參見圖 9)，依咖啡順口滿意度評分表(如附錄一)，進行評分(參見圖 10)確保客觀性。本實驗共十位品評員，其中分別為一位電子商務權威、一位統計專家、及八位咖啡愛好者，實驗現場準備 120 個陶瓷杯，進行十位品評員十二次品嚐實驗，以增加實驗客觀性。為避免走動及四周環境影響品評分數，全程禁止非實驗相關人員進入，每次實驗過程預留 2 分鐘進行評分後，才執行下次實驗，並將十二次實驗過程錄影留存。實驗結束請品評員於評分表中簽名，並收回評分表。



圖 3 研磨機研磨咖啡豆



圖 4 使用電子磅秤秤重



圖 5 將咖啡裝入夾鏈袋中



圖 6 使用計時器計時



圖 7 使用溫度計及瓦斯燈控制溫度



圖 8 準備 6 組虹吸式咖啡壺及 120 個陶瓷杯



圖 9 漱口清潔口腔餘味



圖 10 開始進行評分

3.8 執行咖啡的沖製實驗，紀錄實驗數據：

為使本實驗有良好的實驗環境，增加評比的準確性，本次實驗訂於 101 年 3 月 31 日星期六，於古坑鄉農會農業休閒中心咖啡 DIY 教室由十位品評員進行咖啡順口滿意度評比。品評員包含一位電子商務權威專家、一位統計專家、八位咖啡愛好者。

根據本實驗因子配置的直交表（詳見表 5 所示），咖啡沖製最佳化第一次實驗因子組合為：沖煮器具使用虹吸式咖啡壺、咖啡豆使用純古坑咖啡豆、烘焙為淺焙、水質採用自來水、沖煮溫度為 85°C、沖煮時間為 45 秒。依此配置組合本咖啡沖製實驗，實行十二次咖啡實驗步驟，詳見表 6 所示：

表 6 咖啡沖製最佳化實驗步驟

實驗順序	烹煮器具	咖啡原料	烘焙方式	水質	沖煮溫度	沖煮時間
1	虹吸式	純古坑咖啡豆	淺焙	自來水	85°C	45 秒
2	虹吸式	純古坑咖啡豆	中焙	過濾水	100°C	80 秒
3	虹吸式	綜合混合咖啡豆	中深焙	自來水	85°C	80 秒
4	虹吸式	綜合混合咖啡豆	中深焙	過濾水	100°C	45 秒
5	虹吸式	純古坑咖啡豆	重焙	自來水	100°C	80 秒
6	虹吸式	綜合混合咖啡豆	中焙	過濾水	85°C	45 秒
7	濾泡式	綜合混合咖啡豆	淺焙	過濾水	100°C	80 秒
8	濾泡式	純古坑咖啡豆	重焙	過濾水	85°C	45 秒
9	濾泡式	綜合混合咖啡豆	重焙	自來水	100°C	45 秒
10	濾泡式	純古坑咖啡豆	淺焙	自來水	100°C	45 秒
11	濾泡式	綜合混合咖啡豆	中焙	自來水	85°C	80 秒
12	濾泡式	純古坑咖啡豆	中深焙	過濾水	85°C	80 秒

3.9 資料的收集及登錄：

本次實驗共有十位品評員共進行十二次咖啡實驗，實驗結束後請品評員簽名後將評分表收回。並將所回收得到十份咖啡順口滿意度評比表總計共一百二十筆資料，逐筆登錄並製成成績記錄表。詳細登錄資料，詳見表 7 所示：

表 7 咖啡順口滿意度實驗成績紀錄表

Exp.	1	2	3	4	5'	7	8	9	10	11	咖啡順口滿意度評比									
	C			A	B	D	E		F											
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	85	80	76	92	87	86	92	91	80	85
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	78	78	75	63	73	74	72	80	60	72
3	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	70	70	76	60	65	66	62	75	83	66
4	1	2	1	2	3	2	2	1	1	2	65	88	88	84	71	78	85	78	58	70
5	1	2	2	1	4	1	2	1	2	1	81	75	80	51	60	84	89	70	72	61
6	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	90	95	93	98	92	90	95	85	92	93
7	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	70	70	74	72	80	88	90	65	86	81
8	2	1	2	1	4	2	1	1	1	2	90	55	66	69	83	70	65	55	84	62
9	2	1	1	2	4	1	2	2	1	1	75	60	68	64	68	84	59	50	64	65
10	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	91	70	78	81	82	72	83	70	83	82
11	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	87	82	82	95	90	94	87	85	88	91
12	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1	65	50	80	66	72	69	45	60	65	64

3.10 資料效果分析

將本次咖啡實驗所得到一百二十筆資料收集並登錄後，將每次實驗的順口滿意度評比分數運用 EXCEL 計算平均數，其平均數詳見表 8。本次實驗目的為找出咖啡沖製最佳化組合實驗，換句話而言，咖啡順口滿意度評比分數愈高愈好，這種品質特徵是田口方法理論中的靜態的參數設計 S/N 比中的望大特性，其品質特徵質愈大愈好，以達提高產品品質。

表 8 咖啡順口滿意度評比平均數

Exp.	1	2	3	4	5'	7	8	9	10	11	咖啡順口滿意度評比	平均數
	C			A	B	D	E		F			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	85 80 76 92 87 86 92 91 80 85	85.4
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	78 78 75 63 73 74 72 80 60 72	72.5
3	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	70 70 76 60 65 66 62 75 83 66	69.3
4	1	2	1	2	3	2	2	1	1	2	65 88 88 84 71 78 85 78 58 70	76.5
5	1	2	2	1	4	1	2	1	2	1	81 75 80 51 60 84 89 70 72 61	72.3
6	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	90 95 93 98 92 90 95 85 92 93	92.3
7	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	70 70 74 72 80 88 90 65 86 81	77.6
8	2	1	2	1	4	2	1	1	1	2	90 55 66 69 83 70 65 55 84 62	69.9
9	2	1	1	2	4	1	2	2	1	1	75 60 68 64 68 84 59 50 64 65	65.7
10	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	91 70 78 81 82 72 83 70 83 82	79.2
11	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	87 82 82 95 90 94 87 85 88 91	88.1
12	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1	65 50 80 66 72 69 45 60 65 64	63.6

將十二次沖製實驗數據根據望大特性公式 2-3 計算 S/N 比值，結果詳見表 9。

表 9 咖啡沖製最佳化實驗 S/N 比值

Exp.	1	2	3	4	5'	7	8	9	10	11	咖啡順口滿意度評比	平均	S/N 比
	C			A	B	D	E		F				
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	85 80 76 92 87 86 92 91 80 85	85.4	38.57978
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	78 78 75 63 73 74 72 80 60 72	72.5	37.10286
3	1	1	2	2	3	1	1	2	2	2	70 70 76 60 65 66 62 75 83 66	69.3	36.69997
4	1	2	1	2	3	2	2	1	1	2	65 88 88 84 71 78 85 78 58 70	76.5	37.43876
5	1	2	2	1	4	1	2	1	2	1	81 75 80 51 60 84 89 70 72 61	72.3	36.81439
6	1	2	2	2	2	2	1	2	1	1	90 95 93 98 92 90 95 85 92 93	92.3	39.28638
7	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	70 70 74 72 80 88 90 65 86 81	77.6	37.65273
8	2	1	2	1	4	2	1	1	1	2	90 55 66 69 83 70 65 55 84 62	69.9	36.55211
9	2	1	1	2	4	1	2	2	1	1	75 60 68 64 68 84 59 50 64 65	65.7	36.12246
10	2	2	2	1	1	1	2	2	1	2	91 70 78 81 82 72 83 70 83 82	79.2	37.88782
11	2	2	1	2	2	1	1	1	2	2	87 82 82 95 90 94 87 85 88 91	88.1	38.86923
12	2	2	1	1	3	2	1	2	2	1	65 50 80 66 72 69 45 60 65 64	63.6	35.72209

再將 S/N 比值依各因子、水準計算出反應值，彙整成咖啡沖製最佳化因子平均值反應表及咖啡沖製最佳化因子 S/N 比反應表，詳見表 10 及表 11。

表 10 咖啡沖製最佳化因子平均值反應表

水準	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
Level 1	73.82	80.73	78.05	76.67	78.10	78.17
Level 2	78.25	84.30	74.02	75.40	73.97	73.90
Level 3	69.80					
Level 4	69.30					

表 11 咖啡沖製最佳化因子 S/N 比反應表

水準	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>E</i>	<i>F</i>
Level 1	37.11	38.04	37.65	37.50	37.62	37.64
Level 2	37.68	38.42	37.13	37.29	37.17	37.14
Level 3	36.62					
Level 4	36.50					

再以反應表繪製出反應圖，參見圖 11

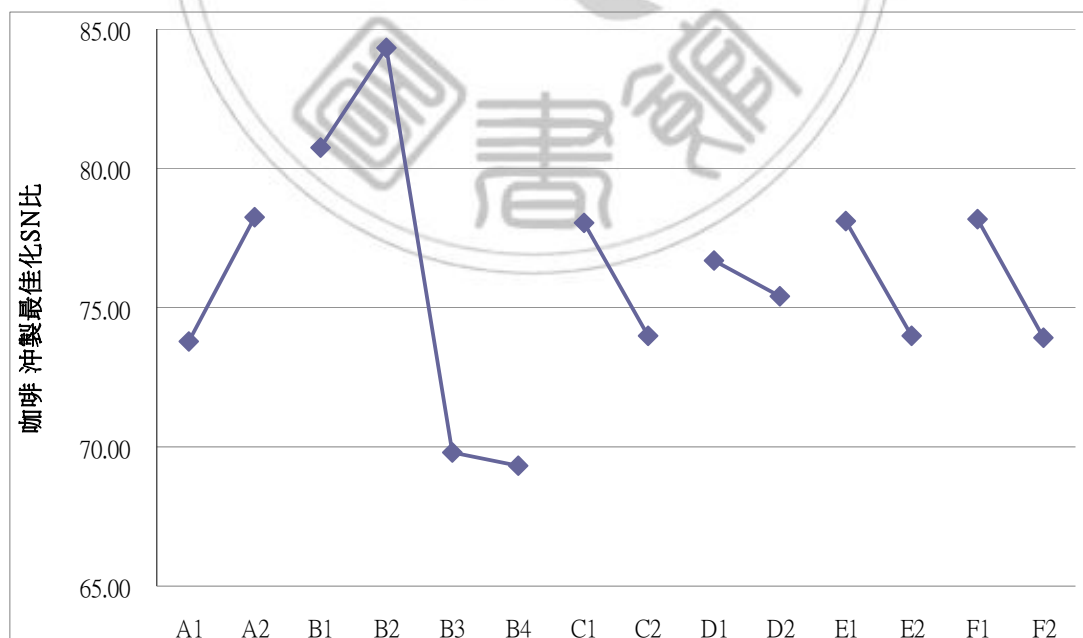


圖 11 因子平均反應圖

表 12 咖啡沖製最佳化變異數分析表

控制因子	平方和 SS	自由度 Dof.	均方和 Var.	變異比 F	貢獻度 Confidence	顯著性 Significant?*
A	58.96	1	59	109.156	0.9981	Yes
B	523.86	3	175	323.265	0.9997	Yes
C	48.80	1	48.8	90.3471	0.9975	Yes
D	4.81	1	4.81	8.91068	0.9416	No
E	51.25	1	51.3	94.8827	0.9977	Yes
F	54.61	1	54.6	101.103	0.9979	Yes
Error	139.08	3	46.4	S =	6.8	
Total	881.39	11		*At least 99% confidence level		

根據表 10 因子平均反應表、及圖 11 因子平均反應圖與表 12 咖啡沖製最佳化變異數分析表得知，控制因子 D 之影響因子不顯著，A、B、C、E、F 影響因子有顯著性差異，其咖啡沖製最佳化條件為咖啡來源為綜合混合咖啡豆、烘焙方式為中焙、沖煮器具為虹吸式、沖煮溫度為 85°C、沖煮時間為 45 秒。

3.11 最佳化的選取與確認：

現行的沖製咖啡的條件為： $A_1B_3C_1E_1F_2$ （只考慮有影響的因子），純古坑咖啡豆（ A_1 ）、中深焙（ B_3 ）、虹吸式（ C_1 ）、85°C（ E_1 ）、80 秒（ F_2 ）為現行的沖製條件。

$$\begin{aligned}
 S/N_{initial} &= \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A_1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B_3} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C_1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{E_1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{F_2} - \bar{\eta}) \\
 &= \bar{\eta}_{A_1} + \bar{\eta}_{B_3} + \bar{\eta}_{C_1} + \bar{\eta}_{E_1} + \bar{\eta}_{F_2} - 4\bar{\eta} \\
 &= 37.11 + 36.62 + 37.65 + 37.62 + 37.14 - 4 \times 37.39 \\
 &= 36.56(db)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_{\text{initial}} &= \bar{\mu} + (\bar{\mu}_{A1} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{B3} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{C1} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{E1} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{F2} - \bar{\mu}) \\
&= \bar{\mu}_{A1} + \bar{\mu}_{B3} + \bar{\mu}_{C1} + \bar{\mu}_{E1} + \bar{\mu}_{F2} - 4 \times \bar{\mu} \\
&= 73.82 + 69.80 + 78.05 + 78.10 + 73.90 - 4 \times 76.03 \\
&= 373.67 - 304.12 \\
&= 69.53
\end{aligned}$$

最佳化條件的選取為： $A_2B_2C_1E_1F_1$ (只考慮有影響的因子)，綜合混合咖啡豆 (A_2)、中焙 (B_2)、虹吸式 (C_1)、 85°C (E_1)、45 秒 (F_1) 為咖啡沖製最佳化條件。

$$\begin{aligned}
\eta_{\text{optimum}} &= \bar{\eta} + (\bar{\eta}_{A2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{B2} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{C1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{E1} - \bar{\eta}) + (\bar{\eta}_{F1} - \bar{\eta}) \\
&= \bar{\eta}_{A2} + \bar{\eta}_{B2} + \bar{\eta}_{C1} + \bar{\eta}_{E1} + \bar{\eta}_{F1} - 4\bar{\eta} \\
&= 37.68 + 38.42 + 37.65 + 37.62 + 37.64 - 4 \times 37.39 \\
&= 189.01 - 149.58 \\
&= 39.437(\text{db})
\end{aligned}$$

最佳化條件與現行咖啡沖製條件進行比較，其增益 (*gain*) 為 $39.437 - 36.56 = 2.877(\text{db})$ ，對於品質損失比例而言，損失為原始條件的 $10^{\frac{2.87}{10}} = 51.885\%$ 。

$$\begin{aligned}
\mu_{\text{optimum}} &= \bar{\mu} + (\bar{\mu}_{A2} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{B2} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{C1} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{E1} - \bar{\mu}) + (\bar{\mu}_{F1} - \bar{\mu}) \\
&= \bar{\mu}_{A2} + \bar{\mu}_{B2} + \bar{\mu}_{C1} + \bar{\mu}_{E1} + \bar{\mu}_{F1} - 4\bar{\mu} \\
&= 78.25 + 84.30 + 78.05 + 78.10 + 78.17 - 4 \times 76.0 \\
&= 396.87 - 304.12 \\
&= 92.73
\end{aligned}$$

3.12 咖啡沖製最佳化確認實驗

驗證實驗主要針對前次咖啡沖製最佳化實驗，經由田口實驗方法

分析推定：綜合混合咖啡豆、中焙、虹吸式、85°C、45 秒為咖啡沖製最佳化組合，為了要確定此最佳化組合條件，是否有高於最佳化組合的預測值，即是否此條件確實為最佳組合。所以進一步執行最佳化確認實驗，得到最好的品質。

依照最佳化條件，本次確認實驗執行 2 次，品評員共計十位得二十筆數據，本次實驗平均值為 93.70，S/N 比為 39.434，最佳化條件與確認實驗進行比較，增益為 $(39.434-39.437)/39.437=-0.0076\%$ ，顯示本確認實驗的結果與最佳化的答案是非常接近的，表示本實驗的最佳化條件具有再現性。

第四章 結論

長久來許多非咖啡生產國家，透過咖啡烘焙、包裝與製成，及有效的行銷手法，成功的將咖啡產品行銷全世界，提高附加價值。而台灣空有咖啡生產與進口、咖啡飲品製造技術，與到處林立的咖啡館、咖啡相關設備，但其發展卻比其他國家晚了相當久的時間。近年來發現，對咖啡有相當偏好的咖啡愛好者，他們對咖啡忠誠度非常高，會選擇精緻、高品質且具有個性化的咖啡產品，來滿足咖啡風味及自行 *DIY* 的樂趣。未來台灣咖啡產業，需要加強咖啡品質、與專業咖啡知識與技術、創新的行銷方式才能與世界競爭，站上國際舞台。

本研究目的主要是透過田口方法理論，以咖啡沖製最佳化實驗，提高本會未來相關產品的服務品質，本實驗結果以沖製古坑咖啡為例得到最佳化組合為咖啡豆為綜合混合咖啡豆、烘焙方式為中焙、沖煮器具為虹吸式、沖煮溫度控制在 85°C、沖煮時間需 45 秒，此為咖啡沖製最佳化條件，提供最佳化的咖啡沖製資訊給顧客。讓顧客了解咖啡文化，讓喝咖啡不僅是一種習慣，使咖啡更融入其生活。近年來科技的發達，縮短了世界的距離，相對也提高人們對咖啡產品的品質需求，未來產品的開發強調產品品質及新鮮感、與創造多變化的口味是相當重要的。而如何掌握瞬息多變的消費市場及口味，有敏銳的市場觀察力與對咖啡的深入認識，是從事咖啡相關開發產業的行銷推廣人員應具備的能力。

最佳化沖製實驗，可加深古坑鄉農會咖啡管理制度，為提供本會咖啡行銷一大利器，將咖啡沖製標準化，未來利用網路包裝將咖啡知識放置在網路系統訊息，提供給顧客，以利咖啡行銷人員能有所參

考，並增加農會的管理能力及技術能力。對未來本農會研發新品種時，可透過最佳化的建立，有效的節省人力、時間與空間成本方法。

參考文獻

一、中文部份

1. 王春和，「田口方法於線外品管多重品質特性製程最佳化之應用研究」，國立交通大學工業工程研究所碩士論文，1993。
2. 王羽盟，「應用田口方法探討塑膠射出成形最佳化參數--以醫療生理監視器為例」，國立中興大學機械工程學系所碩士論文，2009。
3. 田口玄一主編，田口式品質工程講座 V: 品質工程案例輯-日本篇，台北，中國生產力中心，1990。
4. 田口護，咖啡大全，城邦圖書花園，2010。
5. 朱志忠、林俊一，「以實驗計畫法探討製糖濾泥吸收二氧化硫之最適操作條件」，技術學刊，Vol. 9，No. 2，pp. 181-184，1994。
6. 吳全耀、吳黃素月、趙熹、鄭昌家，「田口式品質工程在食品加工上的應用-文蛤軟糖的製造」，中國水產月刊，Vol.493，pp. 29-40，1994。
7. 吳怡寬，「產業文化藝術節推廣以台灣咖啡節為例」，南華大學視覺與媒體藝術學系所碩士論文，2005。
8. 李依蓓，「文化產業帶動地方發展之創新事業模式探討」，國立政治大學科技管理研究所碩士論文，2006。
9. 林崑狄，「以田口方式探討茶焗蛋製程最適條件」，國立屏東科技大學食品科學系所碩士論文，2004。
10. 林榮德，「應用田口式方法於航太角鋁製程最佳參數之規劃」，國立中興大學工學院機械工程學系所碩士論文，2009。
11. 林彥辰，「雲林縣古坑鄉華山社區發展與地方感之研究」，國立彰化師範大學地理學系所碩士論文，2005。
12. 林威逸，「雲林縣古坑鄉咖啡觀光產業發展與空間生產」，世新大學觀光學系所碩士論文，2005。
13. 林朝蒼，田口式品質工程在電子產業之應用，電子檢測與品管季刊，vol. 30，pp. 36~39，1997。
14. 胡文青，台灣的咖啡，遠足文化，2005。

15. 邱弘興、姜禮德，「合金添加對球墨鑄鐵之顯微組織及機械性質的影響」，鑄工，Vol. 23，No. 2，pp1-21，1997。
16. 侯東旭，「應用田口直交表於網路教學品質改善之研究」，國立屏東教育大學資訊科學系碩士論文，2008。
17. 莊萬進，「雲林縣古坑地區台灣咖啡節節慶活動滿意度之研究」，南台科技大學休閒事業管理系碩士論文，2008。
18. 陳延昌，「紫外光原型件成型技術精敏化之研究」，國立台灣師範大學工業教育研究所碩士論文，2002。
19. 陳和賢、王志源，「灰色田口方法應用於蛋黃酥油酥皮生產之最佳之研究」，技術學刊，Vol. 16，No. 4，pp549~556，2001。
20. 陳和賢、黃卓治、謝政峰、王志源，「應用田口品質工程於蛋黃酥桿捲製程改進之研究」，台灣農業化學與食品科學，Vol. 38，No. 3，pp. 214~222，2000。
21. 黃躍雯，「雲林古坑華山地區以咖啡帶動地方觀光發展的轉型經驗」，生物與休閒事業研究，Vol. 6, No. 1，pp. 41-62，2008。
22. 黃建超，「雲林縣古坑鄉台灣咖啡節節慶活動知名度創造及行銷策略之研究」，觀光與休閒產業經營管理研討會，pp. 42-59，2007。
23. 詹曉苓，「應用田口方法於汽車空氣濾清器製程不良率之改善—以信通交通器材公司為例」，華梵大學工業管理學系碩士論文，2000。
24. 詹佩珍，「製紙廠廢水處理單元最適化操作條件之建立-利用田口品質工評估模式」，國立高雄第一科技大學環境與安全衛生工程所碩士論文，2002。
25. 楊燕枝、吳思華，「文化創意產業的價值創造形塑之初探」，行銷評論，秋季第 2 卷，No3，pp. 313-338，2005。
26. 趙民德編著，參數設計易知錄，中華民國品質管制學會，台北，1994。
27. 黎正中編譯，穩健設計之品質工程，台北，台北圖書，1993。
28. 鄭崇義(2000)，田口品質工程技術理論(第三版)，中華民國品質學會。
29. 鄭燕琴編著，田口品質工程技術理論實務，中華民國品質管制學會，台北，1995。
30. 簡志興(2004)「應用田口品質工程於無鉛焊錫製程參數最佳化之研究」，國立臺灣科技大學工業管理系碩士論文。

31. 潘忠煜、黃嘉文、許如欽，「應用田口式品質工程在染整業之研究」，東海學報，Vol. 35，pp. 99-116，1994。
32. 蔡宜霖，「節慶活動與地方價值之研究-以台灣咖啡節為例」，南華大學旅遊管理所碩士論文，2008。
33. 鍾清章等編著，品質工程，台北，中華品質工程管制學會，1997。
34. 鷺尾泰俊著，實驗計畫法，台北，華泰書局，1993。
35. 廖淑玲，雲林黑金傳奇-臺灣咖啡原鄉，雲林縣政府出版，pp1-107，2011。
36. 廖淑玲，「地方節慶、產業特色、行銷模式對經營績效影響之研究以雲林縣為例」，國立台灣大學農業經濟研究所碩士論文，2011。
37. 國立歷史博物館編輯委員會，「台灣早期咖啡」，國立歷史博物館，2008。

二、西文部份

1. Carlyle, W. M., Montgomery, D. C. and Runger G. C., Optimization problems and Methods in Quality Control and Improvement, Journal of Quality Technology, 32(1), 1-16, 2000.
2. Elsayed, E. A. and Chen A., Optimal Levels of Process parameters for products with Multiple Characteristics, International Journal Of Production Research, 31(5), 1117-1132, 1993.
3. Joseph, V. R. and Wu C.F. J., Operating Window Experiments: A Novel Approach to Quality Improvement, Journal of Quality Technology, 34(4), 45-345, 2002.
4. Maghsoodloo, S., The Exact Relation of Taguchi's Signal-to-Noise Ratio to his Quality Loss Function, Journal of Quality Technology, 22(1), 57-67, 1990.
5. Taguchi, G., Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes, UNIPUB, 1986.
6. Taguchi, G., System of Experimental Design: Engineering Methods to optimize Quality and Minimize Costs, Volume One, UNIPUB, 1987.
7. Taguchi, G., System of Experimental Design: Engineering Methods to optimize Quality and Minimize Costs, Volume Two, UNIPUB, 1987.
8. Taguchi, G., and Konishi, S., Orthogonal Arrays and Linear Graphs: Tools for

Quality Engineering , American Supplier Institute , Inc. , 1987.

9. Phadke , M. S. , Quality Engineering Using Robust Design , Prentice Hall , 1989.

10. Taguchi , G. , Yokoyama , Y. , and Wu , Y. , Quality Engineering Series , Vol.2 , Taguchi Methods , On-Line Production , ASI , 1994.

11.Kacker , R. N. , Off-Line Quality control , parameter Design , and the Taguchi Method , 17 (4) , 176-221 , Journal of Quality Technology , 1985.

12. Kacker , R. N. , Lagergren , E. S. , and Filliben , J. J. , Taguchi's Orthogonal Arrays Are Classical Designs of Experiments , vol. 96 , No. 5 , 577-591 , Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology , 1991.

咖啡順口滿意度評比表

各位咖啡達人先進您好：

首先對於參與本次實驗統計專家與農會評鑑專家及咖啡愛好者，表達謝意。本次實驗主要針對每次實驗咖啡品嚐特徵值咖啡的順口滿意度評比。透過田口方法找到咖啡烹煮最佳化，得到最好的品質。

主要口感評比標準如下：

100-90分 香醇順口、回甘 79-70分 酸中帶澀

89-80分 滑順略帶酸味 69分以下 苦澀難以入口/無味

評審人員：_____

評鑑日期：101年03月31日

Trial No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	評審分數			
	C			A	B		D	E		F		100-90分	89-80分	79-70分	69分以下
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2				
3	1	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2				
4	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	2				
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2	1				
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1				
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1				
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	2				
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1	1				
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2				
11	2	2	1	2	1	2	1	1	1	2	2				
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	2	1				

附錄二

咖啡沖製最佳化確認實驗評比表

各位咖啡達人先進您好：

首先對於參與本次實驗統計專家與農會評鑑專家及咖啡愛好者，表達謝意。本次實驗主要針對前次咖啡沖製經由田口實驗方法分析推定：混合豆、中焙、虹吸式、85°C、45 秒是咖啡沖製最佳化條件，為了要確定此最佳化組合條件，是否有高於最佳化組合的預測值，即是否此條件確實為最佳組合。所以進一步最佳化確認實驗，得到最好的品質。

主要口感評比標準如下：

100-90 分 香醇順口、回甘 79-70 分 酸中帶澀

89-80 分 滑順略帶酸味 69 分以下 苦澀難以入口/無味

評審人員：_____

評鑑日期：101 年 月 日

評審分數				
實驗次數	100 分-90 分	89 分-80 分	79 分-70 分	69 以下