

品質與成本考量下滾筒式焙茶機 操作條件決策

鍾健平*

李靜芳**

董子綸***

明道大學產業創新與經營
學系(碩士班)助理教授

明道大學國際行銷與運籌
學系助理教授

明道大學產業創新與經營
學系(碩士班)研究生

摘要

劉銘純等(2001)的研究已提出滾筒式焙茶機在品質要求下操作條件。本研究加入成本因素，在品質與成本同時考量下，找出最適操作條件：烘焙重量 43.6kg、烘焙溫度 111.9 度與烘焙時間 2.9 小時，操作結果為含水率為 0.3%、官能評比為 67.5、成本為 12,577.9 元。本研究延伸模式在含水率及官能評比和劉銘純等(2001)模式無顯著差異，在成本上有效降低 1080.7 元(降低 7.9%)，研究結果可作為茶農在使用滾筒式焙茶機的參考。

關鍵字：茶葉、焙茶機、反應曲面法、品質、成本

*通訊作者：鍾健平 明道大學產業創新與經營學系(碩士班)助理教授
Tel: 04-8876660 ext 7518；E-mail: cpc@mdu.edu.tw

Decision of operation conditions for tea roasting machine with quality and cost consideration

Chien-Ping Chung^{*}
Assistant Professor,
Department of Business
Innovation and Development,
Mingdao University

Ching-Fang Lee^{**}
Assistant Professor,
Department of Global
Marketing and Logistics,
Mingdao University

Tzu-Lun Tung^{***}
Graduate Student,
Department of Business
Innovation and Development,
Mingdao University

Abstract

Liu et al. (2001) presented a rotary roasting machine, and found its operation conditions for quality. However, it did not consider the cost issue at the same time. In this study, the authors proposed a modified model with quality and cost consideration. The optimum operation conditions for tea roasting machine are: 43.6kg of roasting weight, 111.9°C of roasting temperature, and 2.9 hours of roasting time. The experimental results are: 0.3% of moisture content, 67.5 of tea overall on sensory evaluation, and \$12,577.9 of cost. From the results, there is no significant difference in moisture content and tea overall on sensory evaluation between Liu et al.'s model and our proposed model in this study, but the cost reduction is NT\$1080.7 (7.9%) in the proposed model. In practice, tea farmers can apply the results of this study to operate tea roasting machine with quality and cost consideration.

Key words: Tea; Tea roasting machine; Response surface methodology; Quality; Cost

壹、前言

台灣茶業起源自二百餘年前，台灣氣候及土壤環境均非常適合茶樹生長，是世界有名的茶葉產區(台灣農業年報，1999)。由於台灣茶葉品質獨樹一格，使得台灣茶葉價格快速上漲，我國平均外銷茶單價比進口茶平均單價高於 6.5 倍之多，也因此同步帶動了產業的發展(蘇登照，2009)。茶葉不僅芳香、且具解渴等功能，近年來，更有研究證明，飲茶與人體健康有密切關係，使得茶飲深入社會各個階層。因此，喝茶的人口有越來越多的趨勢，使得茶葉越來越受世人的重視。我國每人每年對茶葉的消費量由 1982 年的 768.6 公克，成長至 2010 年的 1,800 公克，成長幅度達 2 倍之多(廖慶樑，2010)。此外，茶葉更被視為是一種商品，除了要求外形美觀外，更講求色、香、味俱

全，一般茶葉採摘後，需經過製作及精製才能達到商品的需求(張瑞成，2009)。要成為優質的茶葉商品，除了要有良好的茶菁原料及製茶技術外，茶葉的焙火可大幅改善品質，因此，能夠掌握茶葉烘焙技術，是提升茶葉品質關鍵因素。

劉銘純等(2001)提出一套新式的滾筒式焙茶機，目的在改進現有(傳統)箱型焙茶機茶葉靜置烘焙之缺點，並於烘焙過程中適時翻轉茶葉，能更均勻烘焙茶葉以提高品質，同時，比較新式滾筒式焙茶機與傳統箱型焙茶機後發現確實可有效提升效益。林木連等(2009)指出，大部份茶農擁有的耕種面積都不大，必須採取精耕方式來進行。有鑑於此，如何有效降低成本提高收入，是為繼續生存的重大因素。再者，品質雖然是一項重要的指標，但因品

質而忽略成本，並不是最有效的方法(鍾健平等，2011)。

因此，本研究將延伸劉銘純等(2001)模式直接加入成本因素，透過權衡的方法，在品質和成本同時考量下找出最適操作條件。同時，也會進行劉銘純等(2001)模式結果與本研究延伸模式結果比較，了解同時考量品質和成本的重要性，研究結果期望可以成為茶農在未來焙茶時的重要參考依據。

貳、劉銘純等(2001)模式

本節簡略介紹劉銘純等(2001)之模式與研究方法：

(1)選取南投縣名間地區茶葉 2000 年秋茶(半球型包種茶和四季春品種)為實驗樣本，除了採用新式滾筒式焙茶機，傳統箱型焙茶機則是以 24kg、48kg、

120kg 的型式為主。

(2)研究方法乃採用反應曲面法(Response Surface Methodology, RSM)中的 Box and Behnken (1960)的 3 變數三層級設計(BBD 直交表)，共有 15 組處理，中心點採 3 重複，以烘焙重量(24kg、36kg、48kg)、烘焙溫度(80 度、100 度、120 度)及烘焙時間(2hr、4hr、6hr)為因子水準，反應變數為含水率及官能評比。

(3)完成反應曲面法後，獨立採用 Finner and Straub(1985)進行比較滾筒式焙茶機與箱型焙茶機的效益分析。計算方法共分為固定成本與變動成本，固定成本經計算之後為 $0.1035X$ ， X 為固定成本，而變動成本則是包含工費、維修費及損耗等。

(4)研究結果：操作條件為烘焙重量 36.0kg、烘焙溫度 100.0 度與烘焙時間 4.0 小時，操作結果則為含水率為 0.2%、官能評比為 68.0。此外，經效益分析後，發現新式滾筒式焙茶機確實比傳統箱型焙茶機效益來得高。

參、延伸劉銘純等(2001)模式

本研究延伸劉銘純等(2001)模式，在既有品質要求下直接加入成本因素進行考量，仍採用反應曲面法為研究方法試圖找出品質與成本組合下的最適操作條件。以下介紹成本因素：

(1)變動成本計算方法為焙茶工人每小時薪資 500 元；茶葉烘焙考量使用農業用電(依據農業動力用電範圍及標準)，假設用電費用為 1 度 2.415 元。

(2)固定成本經計算後固定為 10,350 元，其中包含了折舊、利息、稅金、維修及損耗等項目。

肆、延伸模式應用與分析

延伸模式(本研究)則將修改後的成本因素視為因子直接加入實驗(BBD 直交表)中，並經由實驗求得的數值進行變異數分析，接著，經反應曲面法的願望函數來求解含水率、官能評比與成本組合下的最適操作條件(最佳因子水準組合)。以下為操作結果(含水率、官能評比、成本)分別與操作條件(烘焙重量、烘焙溫度、烘焙時間)分析：

(1)含水率與烘焙重量、烘焙溫度、烘焙時間分析

由變異數分析表(如表 1 所示)可知，分析結果解釋能力 R-Sq 為

90.18%， $R-Sq$ (adj) 為 72.51%。

以含水率而言，只有線性項呈現顯著，其他項都呈現不顯著，因素間並無交互作用存在。

模式裡是否存在缺適性，通常都以 Lack-of-Fit 值是否有顯著為判別方式，如果顯著則表示模型存在缺適性，如果呈現不顯著則表示模型不存在缺適性 (Montgomery, 2009; 林李旺, 2009)。由表 1 可知，Lack-of-Fit 值為 $0.241 > 0.05$ ，代表模型並未存在缺適性。並由四合一殘差圖(如圖 1 所示)可知，殘差大致上皆符合常態性、獨立性及變異數一致性。

經反應曲面法的分析，可得出含水率的反應曲面圖與等高線圖，如圖 2 所示，烘焙溫度與烘焙時間越高，含水率會越低。

(2)官能評比與烘焙重量、烘焙溫

度、烘焙時間分析

由變異數分析表(如表 2 所示)，可知分析結果解釋能力 $R-Sq$ 為 92.63%， $R-Sq$ (adj) 為 79.38%。以官能評比而言，只有線性項呈現顯著，其他項都呈現不顯著，因素間並無交互作用存在。而 Lack-of-Fit 值為 $0.003 < 0.05$ ，代表模型存在缺適性，經研究之後發現，可能原因為官能評比是由人主觀判定為主，並未使用科學儀器來分析，因此，模型數據結果可能會出現缺適情況。以四合一殘差圖(如圖 3 所示)可知，殘差大致上符合常態性、獨立性及變異數一致性。

官能評比的反應曲面圖與等高線圖，如圖 4 所示，烘焙溫度與烘焙時間保持在適當，官能評比結果會越佳。

表 1 含水率與烘焙重量、烘焙溫度、烘焙時間的變異數分析表

變異來源	自由度	平方和	F 值	P 值
線性項	3	1.36291	13.21	0.008
二次項	3	0.14694	1.42	0.340
交感項	3	0.06974	0.68	0.603
總和	5	0.17199		
缺適度	3	0.14308	3.3	0.241
純誤差	2	0.02891		
總誤差	14	1.75158		

R-Sq = 90.18% R-Sq (pred) = 0.00% R-Sq (adj) = 72.51%

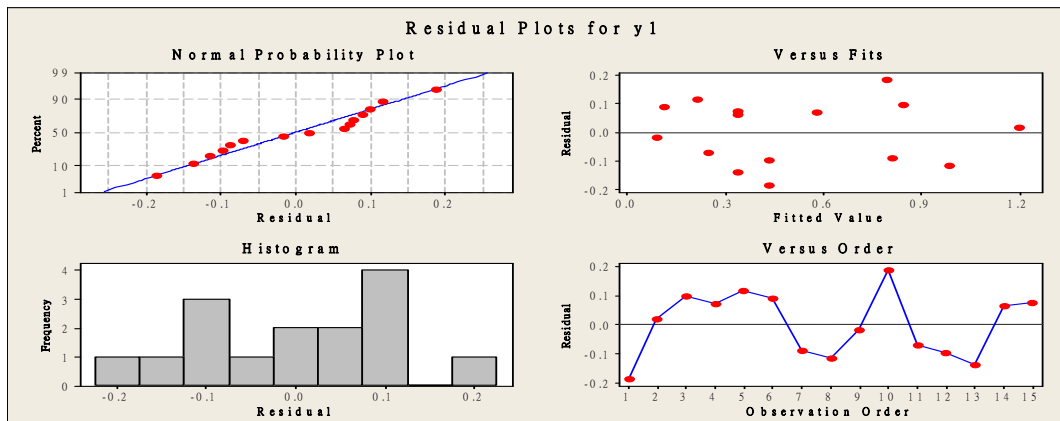


圖 1 含水率之四合一殘差圖

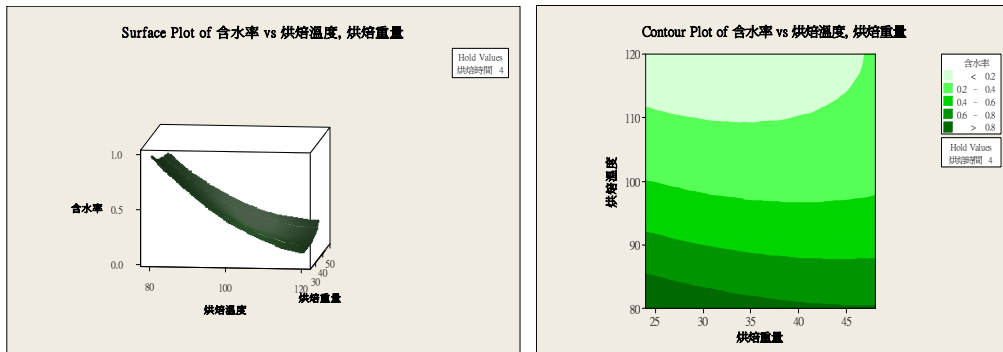


圖 2 含水率之反應曲面圖與等高線圖

表 2 官能評比與烘焙重量、烘焙溫度、烘焙時間的變異數分析表

變異來源	自由度	平方和	F 值	P 值
線性項	3	37.6527	12.26	0.01
二次項	3	15.3614	5	0.058
交感項	3	11.3577	3.7	0.097
總和	5	5.1179		
缺適度	3	5.1091	384.14	0.003
純誤差	2	0.0089		
總誤差	14	64.4987		

R-Sq = 92.63% R-Sq (pred) = 0.00% R-Sq (adj) = 79.38%

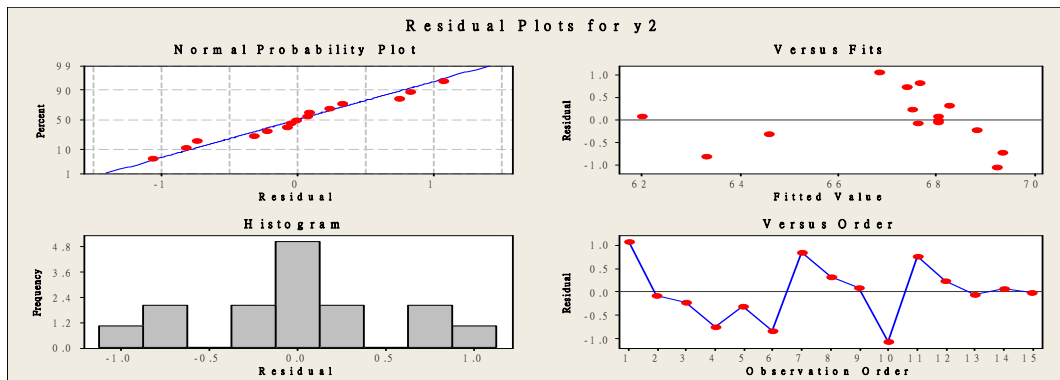


圖 3 官能評比之四合一殘差圖

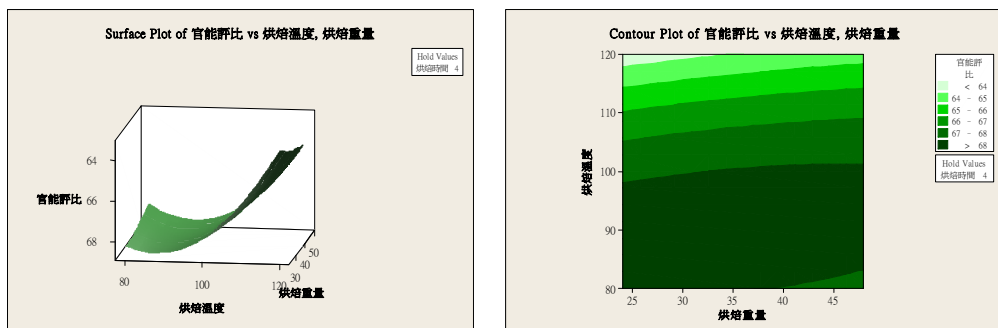


圖 4 官能評比之反應曲面圖與等高線圖

(3)成本與烘焙重量、烘焙溫度、
烘焙時間分析

由變異數分析表(如表 3 所示)
可知，分析結果解釋能力 R-Sq 為
93.00%，R-Sq (adj) 為 80.41%。

以成本而言，只有線性項呈現顯
著，但其他項都呈現不顯著，因
素間並無交互作用存在。而

Lack-of-Fit 值為 0.145>0.05，代表
模型不存在缺適性。由四合一殘
差圖(如圖 5 所示)可知，殘差大致
上符合常態性、獨立性及變異數
一致性。

成本的反應曲面圖與等高線
圖如圖 6 所示，烘焙溫度與烘焙
時間越高，成本會越高。

表 3 成本與烘焙重量、烘焙溫度、烘焙時間的變異數分析表

變異來源	自由度	平方和	F 值	P 值
線性項	3	47878214	18.32	0.004
二次項	3	1704774	0.65	0.615
交感項	3	8311071	3.18	0.123
總和	5	4356364		
缺適度	3	3924654	6.06	0.145
純誤差	2	431710		
總誤差	14	62250423		

R-Sq = 93.00% R-Sq (pred) = 0.00% R-Sq (adj) = 80.41%

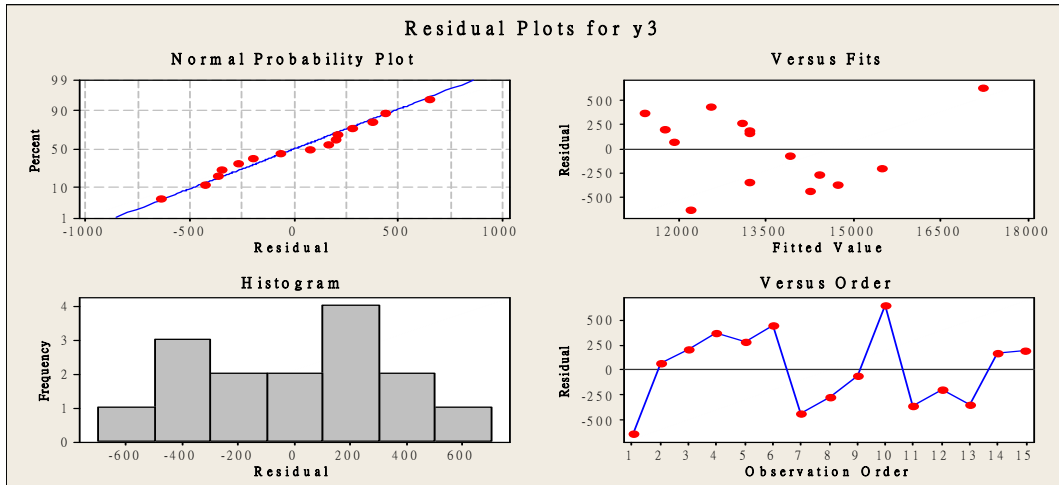


圖 5 成本之四合一殘差圖

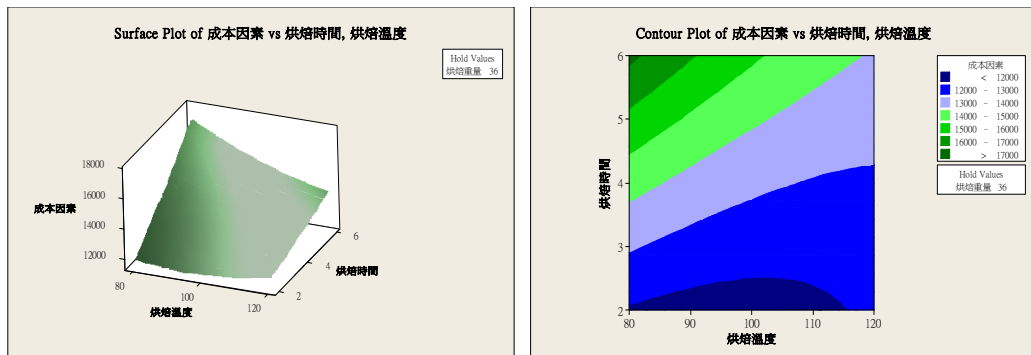


圖 6 成本之反應曲面圖與等高線圖

最後，利用反應曲面法的願望函數分析，可以找出含水率、官能評比與成本組合下的最適操作條件，如圖 7 所示，最適操作條件為烘焙重量 43.6kg、烘焙溫

度 111.9 度與烘焙時間 2.9 小時，操作結果則為含水率為 0.3%、官能評比為 67.5、成本為 12,577.9 元。

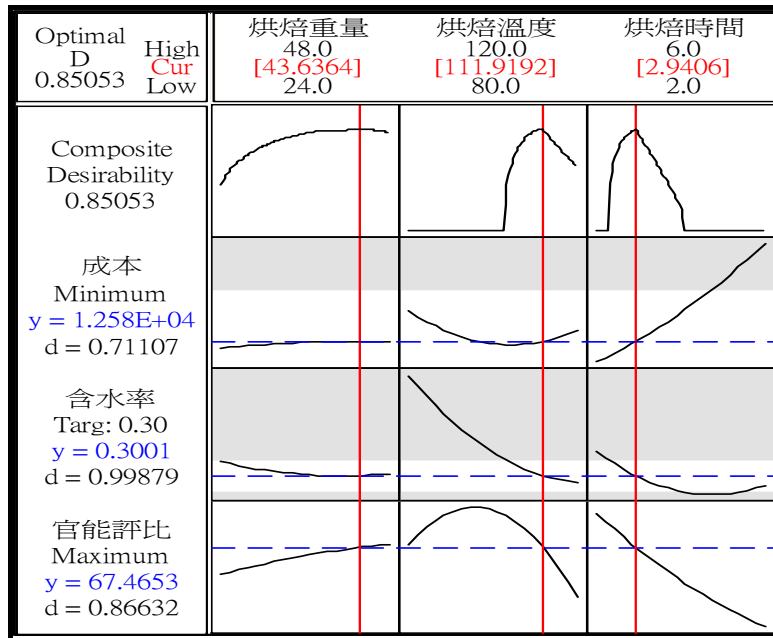


圖 7 含水率、官能評比與成本最佳化組合圖

表 4 劉銘純等(2001)模式與延伸模式比較表

	劉銘純等(2001)模式	延伸模式(本研究)
操作條件 (因子水準組合)	1.烘焙重量 36.0kg 2.烘焙溫度 100.0 度 3.烘焙時間 4.0 小時	1.烘焙重量 43.6kg 2.烘焙溫度 111.9 度 3.烘焙時間 2.9 小時
操作結果	1.含水率 0.2% 2.官能評比 68.0 3.成本 13,658.6 元	1.含水率 0.3% 2.官能評比 67.5 3.成本 12,577.9 元
成本差異	降低 1080.7 元(降低 7.9%)	

劉銘純等(2001)模式中操作結果「成本」項為本研究自行計算

伍、劉銘純等(2001)模式與延伸模式比較

本研究將劉銘純等(2001)模式結果與延伸模式的結果進行比較，整理如表 4 所示。由表 4 可

得知，含水率在二個模式之下，都呈現烘焙時間與烘焙溫度越長，含水率都會有下降的趨勢，雖然延伸模式的烘焙溫度較長，經比較後，可發現影響含水率的多寡，最主要為烘焙時間的長短，延伸模式含水率為 0.3%，仍遠低於常設標準。以官能評比而言，延伸模式的官能評比較劉銘純等(2001)模式來得低，官能評比略下降 0.7%，差異不大。以成本來看，延伸模式確比劉銘純等(2001)模式來得低，有效降低 1080.7 元(降低 7.9%)。此外，延伸模式可增加茶葉烘焙重量 7.6kg(增加 21.1%)，烘焙作業上更顯效率。因此，劉銘純等(2001)模式與延伸模式在含水率與官能評比上無顯著差異，但在成本上卻有顯著差異。

陸、結論

本研究延伸劉銘純等(2001)模式，透過反應曲面法找出品質與成本同時考量下最適滾筒式焙茶機操作條件，操作條件為烘焙重量 43.6kg、烘焙溫度 111.9 度、烘焙時間 2.9 小時，操作結果則為含水率 0.3%、官能評比 67.5、成本 12,577.9 元。延伸模式(本研究)在含水率及官能評比和劉銘純等(2001)模式比較無顯著差異，成本卻有效降低 1080.7 元(降低 7.9%)，研究結果可提供給茶農在進行茶葉烘焙時的參考。

參考文獻

中文部份：

台灣省政府農林廳(1999)。台灣農業年報。台灣：行政院農委會。

林木連、蔡右任、張清寬、陳國
任、楊盛勳、陳英玲、張如
華、陳玄、賴正南(2009)。台
灣的茶葉。台灣的茶葉。台
北市：遠足文化。

林李旺(2009)。邁向 Six Sigma 的
關鍵方法。新北市：全華圖
書。

張瑞成(2009)。醇素茶的魅力—台
灣烏龍茶。嘉義市：迪生企
業行。

劉銘純、彭錦樵、黃騰鋒、李清
柳(2001)。滾筒式焙茶機之研
製與效益分析研究。台灣茶
葉研究彙報，20，145-158。

廖慶樑(2010)。台灣茶聖經。台北
市：揚智文化。

蘇登照(2009)。台灣茶葉生產現況
與輔導措施。農政與農情，

201(438)，68-72。

鍾健平、李靜芳、陳耀茂(2011)。
品質經營。新北市：鼎茂圖
書。

英文部份：

Box, G. E. R. and Behnken, D.W.
(1960). Some new three level
designs for the study of
quantitative variables. *Tech-
nometrics*, 2,455-462.

Finner, M. F. and Straub, R.
J.(1985). *Farm machinery
fundamentals*. American Pub.
Co., Madison, WI, USA.

Montgomery, D. C.(2009). *Design
and analysis of experiments*,
7th edition, John Wiley and
Sons, New York.