

滾筒式焙茶機之研製與效益 分析研究

劉銘純¹ 黃騰鋒¹ 李清柳¹ 彭錦樵²

摘 要

研製完成一套新型滾筒式焙茶機，於烘焙過程中適時翻轉茶葉，其目的在改進現有傳統箱型焙茶機靜置烘焙及進出料費工費時之缺點，且均勻烘焙茶葉。

此機滾筒（內筒）使用 3rpm 之轉速，固定風速（使用變頻器設定於 60HZ）每靜置 30min 即轉動滾筒（內筒 1min），進行茶葉烘焙試驗，經官能品評結果顯示，本機之烘焙溫度第一優先以 80℃～100℃ 為宜，烘焙時間 2～6 小時均勻。若使用烘焙溫度 120℃ 時，其烘焙時間不能太長，烘焙時間達 4 小時則其品質下降。

焙茶效益分析採用 Finner 及 Straub（1985）方式計算，經分析結果採用滾筒式焙茶機進行茶葉焙茶工作，替代現行箱型烘焙茶機之另可行方式。

關鍵字：焙茶、滾筒式焙茶機、焙茶效益

前 言

茶葉要求外形美觀外，更講究色、香、味之表現。產製色、香、味具佳的優質茶葉，除了要有良好的茶菁原料及製茶技術外，茶葉的焙火可改善香味品質，農諺說：「做茶沒有巧，只要火功好」，意即確實掌握精製過程之焙茶溫度與時間，是提昇茶葉品質之重要關鍵。

傳統上大多使用箱型焙茶機進行烘焙，少數使用木炭烘焙（炭焙）；目前使用之箱型焙茶機，均以人工將茶葉鋪放於焙茶盤上面，然後再一盤一盤放在層架中，將茶葉進行分批次靜置烘焙，因烘焙過程中不易翻動茶葉，若擺放茶葉太厚，會導致烘焙不均勻現象。另外連續式乾燥機，雖可兼用烘焙而處理較多茶葉量，但由於機械價格較高，且做烘焙作業時，須將機體作局部之修正，因此在烘焙操作時有其限制性。

為解決上述缺點及提高茶葉烘焙品質，本研究研製一套新型滾筒式焙茶機，於烘焙過程中適時翻轉茶葉，使其能達更均勻烘焙茶葉之目的。並比較滾筒式焙茶機與傳統箱型焙茶機之焙茶效益，提供爾後推廣滾筒式焙茶機之參考。

-
1. 行政院農業委員會茶業改良場 助理、研究員兼課長、副研究員。台灣 桃園縣。
 2. 國立中興大學農業機械工程學系 教授。台灣 台中市。

材料與方法

一、試驗材料

- 1. 試驗茶樣採南投名間茶區 89 年秋茶半球型包種茶（品種為四季春）。
- 2. 滾筒式焙茶機：將傳統炒菁機加以改裝以作為茶葉烘焙之使用。
- 3. 箱形焙茶機：主機配備包含鼓風系統、加熱系統、茶葉置放架以及具保溫性之箱體結構等四部分，箱內空氣經過加熱器升溫後，吹向茶葉置放架，然後再循環回到加熱器以達到烘焙茶葉效果。
- 4. 各項測試機具及儀器。

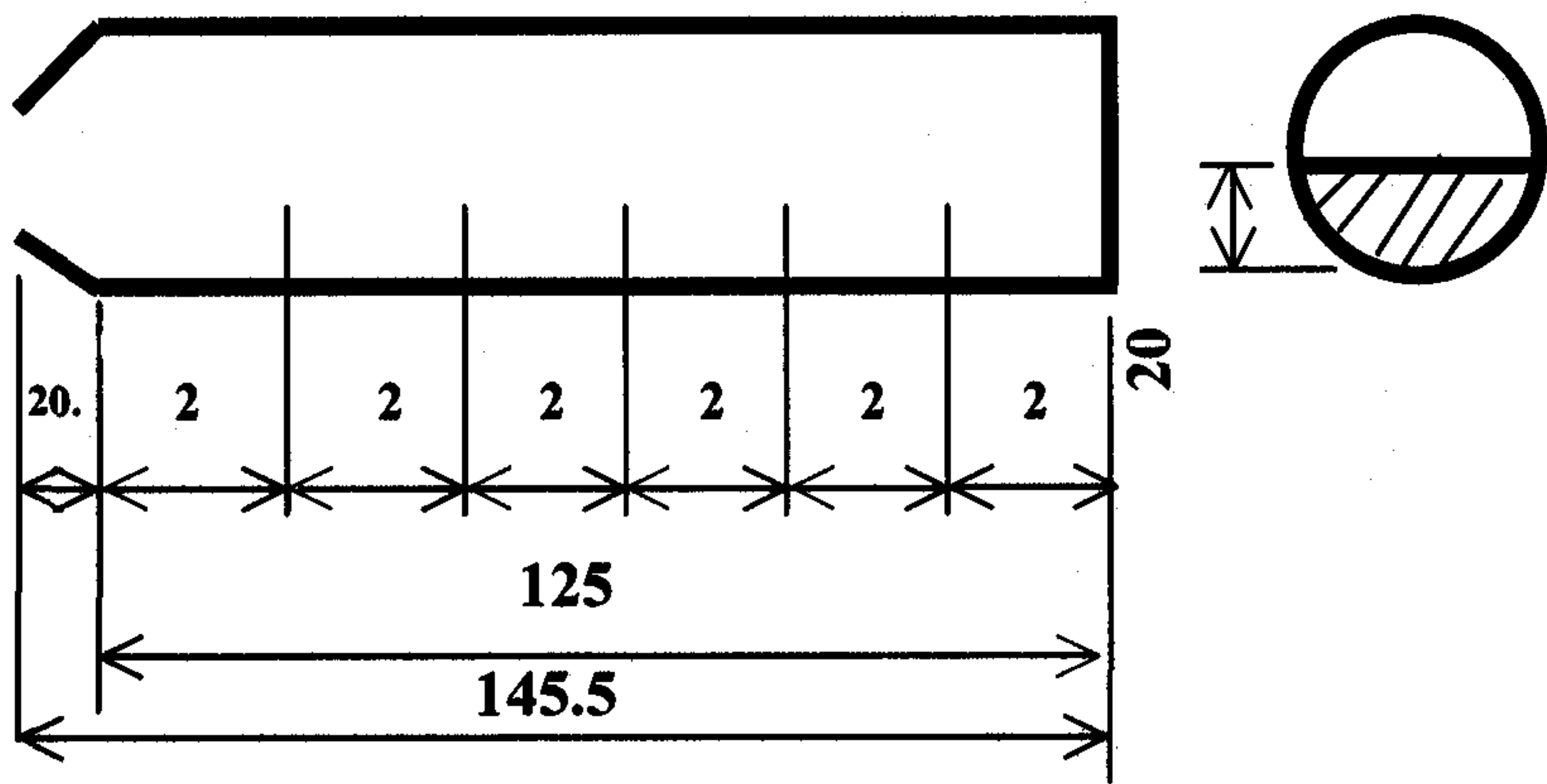
二、試驗方法

1. 滾筒式焙茶機之研製

將炒菁機加以改裝，把瓦斯加熱器改成電磁式電熱器（10Kw，直徑 10in，厚度 50 mm）放置機體後方，內筒改為沖孔形式當作焙茶通風用，出風口由風扇及導引管連接轉筒上方，轉筒下方為回風管，連至電磁式電熱器達熱風循環作用，研製成一套新型滾筒式焙茶機。

2. 滾筒內茶葉翻動均勻度之測試

滾筒式焙茶機進行烘焙試驗時，為了解茶葉是否均勻翻攪，設計均勻度量測實驗。試驗採用 3 種轉速（3、6、9rpm）及 5 個不同量測點位置（如圖一所示），來進行茶葉翻動均勻度測試。取鋼絲球剪成一截一截（約 1 cm），再揉成類似茶葉形狀，此鋼絲小團粒之比重約略與茶葉比重相同，將鋼絲小團粒混合於茶葉中，以量測茶葉之烘焙翻動均勻度。

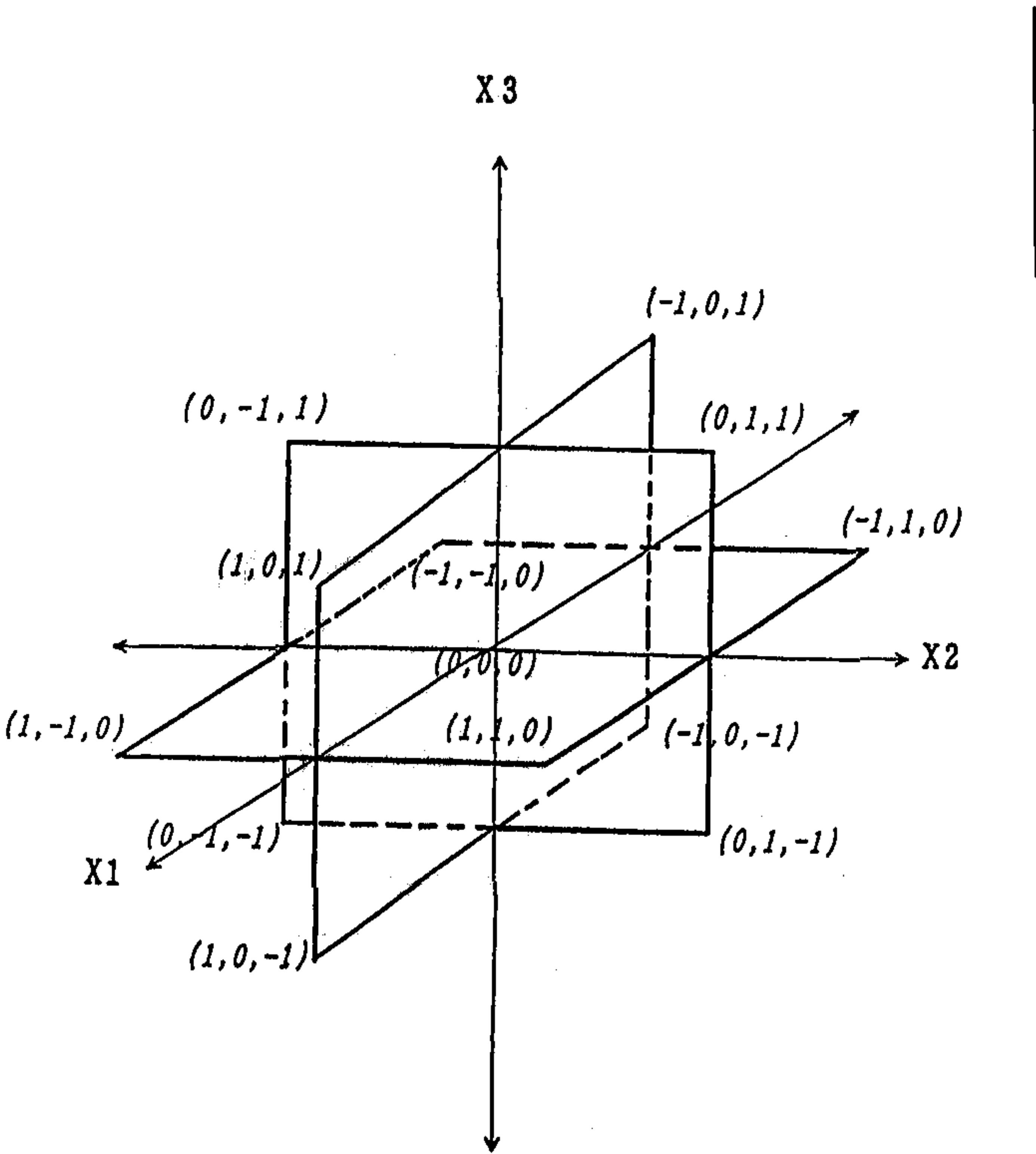


圖一、滾筒式焙茶機均勻度測試取樣點位置圖（單位：cm）
Fig.1. The sampling points of the developed rotary roasting machine (unit : cm)

測試用茶葉（約為滾式焙茶機內筒一半數量）其一半數量倒入焙茶機內，再將鋼絲小團粒均勻平鋪於焙茶機內之茶葉表層，再將剩餘茶葉量覆蓋於鋼絲小團粒上面（整個茶葉厚度約有 20 cm），蓋上進出口之蓋子，進行均勻度測試。滾筒轉速分別為 3、6、9rpm，杓子（容量為 1500 cc）取茶葉樣本 5 個量測點，分別計算杓子內所含的鋼絲小團粒數目，以分析茶葉翻滾後是否均勻分佈，每個量測點重複 3 次。

3. 烘焙試驗及品質分析

組合設計以反應曲面法中 Box 及 Behnken (1960) 的三變數三層級設計（圖二），有 15 組處理（表一），中心點採 3 重複，以烘焙重量（24kg、36kg、48kg）、烘焙溫度（80℃、100℃、120℃）以及烘焙時間（2hr、4hr、6hr）進行茶葉烘焙，進行官能品評分析。



圖二、三變數三層級之反應曲面組合設計

Fig.2. Three variables-three levels response surface experiment design

表一、本實驗之各處理組設計

Table1. The treatments of the experiment

處 理	X ₁	X ₂	X ₃	烘焙重量 (kg)	烘焙溫度 (℃)	烘焙時間 (hr)
1	0	+1	-1	36	120	2
2	0	-1	-1	36	80	2
3	-1	0	-1	24	100	2
4	+1	0	-1	48	100	2
5	+1	+1	0	48	120	4
6	-1	+1	0	24	120	4
7	+1	-1	0	48	80	4
8	-1	-1	0	24	80	4
9	0	+1	+1	36	120	6
10	0	-1	+1	36	80	6
11	-1	0	+1	24	100	6
12	+1	0	+1	48	100	6
13	0	0	0	36	100	4
14	0	0	0	36	100	4
15	0	0	0	36	100	4

4. 滾筒式焙茶機與箱型焙茶機之效益分析

材料為南投縣名間地區茶葉（89 年秋茶，半球型包種茶，四季春品種），調查箱型焙茶機（24、48、120kg）三種型式之成本，成本分析按下列方式計算（Finner and Straub, 1985）：

1. 總成本＝固定成本＋變動成本
2. 固定成本：包括折舊、利息、稅金、保險、庫房等項目。
- （1）折舊：採直線折舊法

折舊＝
$$\frac{\text{新購價格－剩餘價格（約為新購價格之 10\%）}}{\text{使用年限}}$$

（2）利息＝7%
$$\frac{\text{新購價格＋剩餘價格}}{2}$$

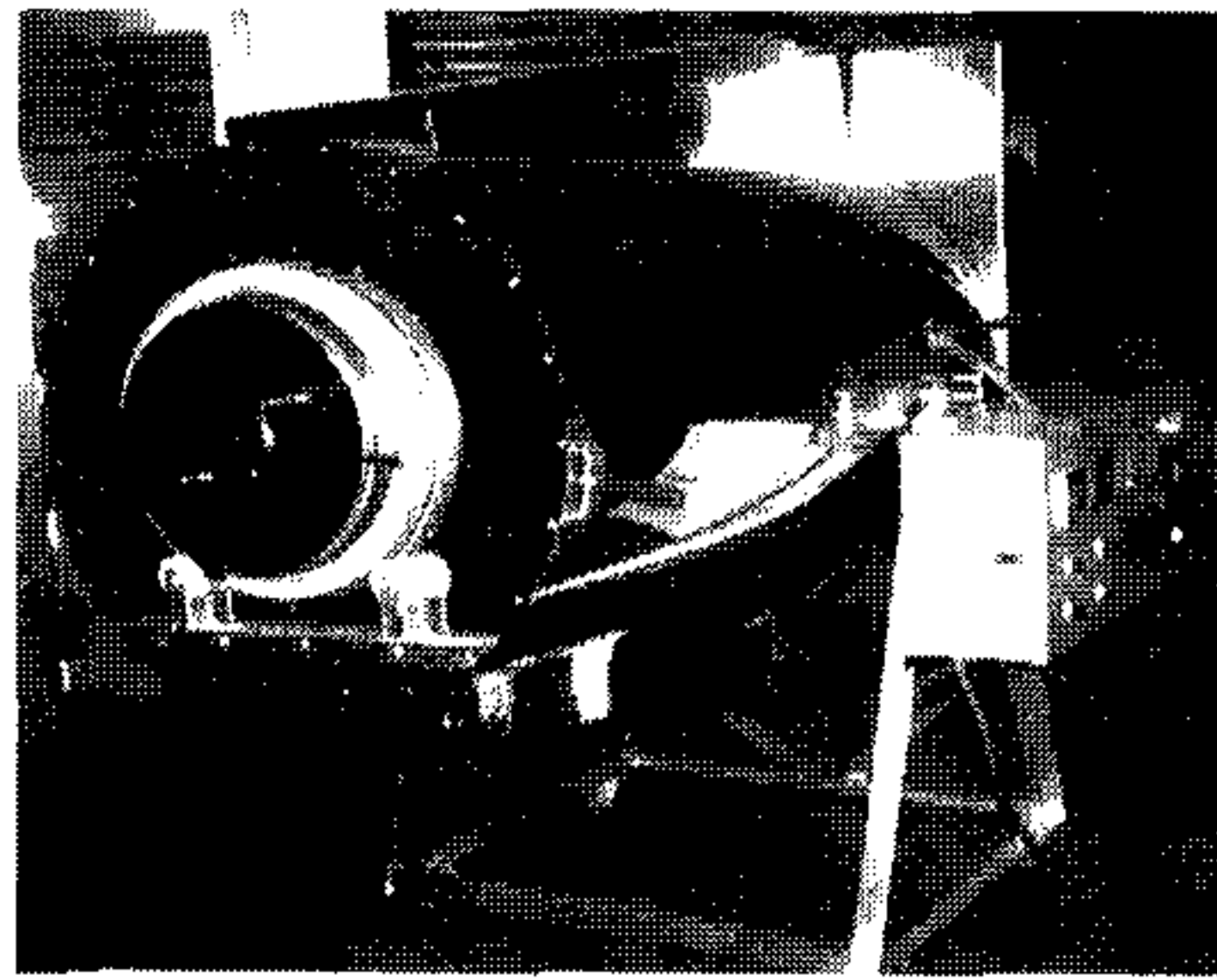
（3）稅金、保險、庫房等項目＝2%新購價格

3.變動成本：包括人工費、維修及損耗等，按實際受訪者所提供之資料及測定之結果統計之。

結果與討論

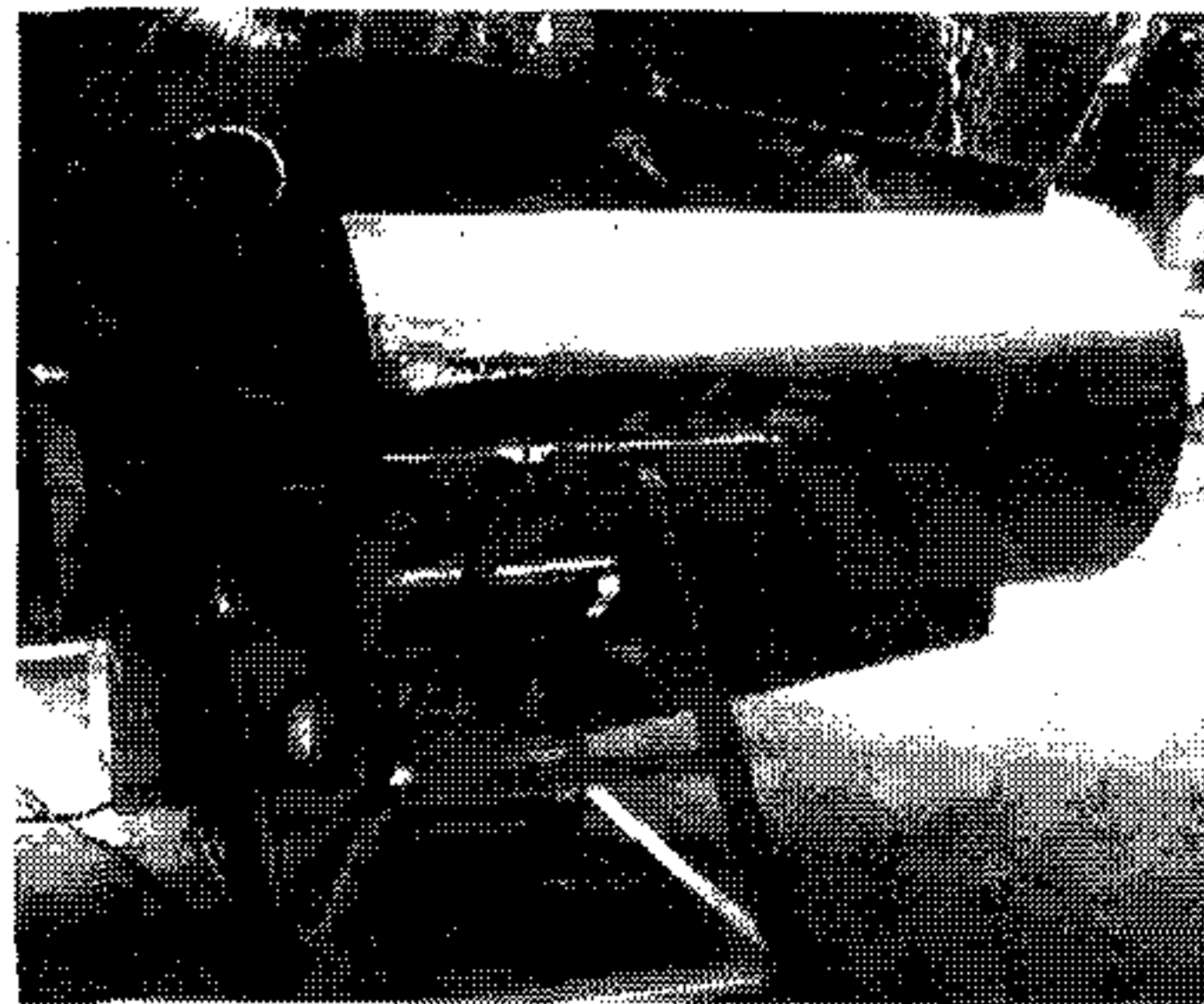
一、滾筒式焙茶機之研製

1. 滾筒式焙茶機如圖三～圖七所示，此係炒菁機加以改裝，把瓦斯加熱器改成高效率電磁式電熱器（10Kw，直徑 10in，厚度 50 mm，圖六所示），放置於機體後方。



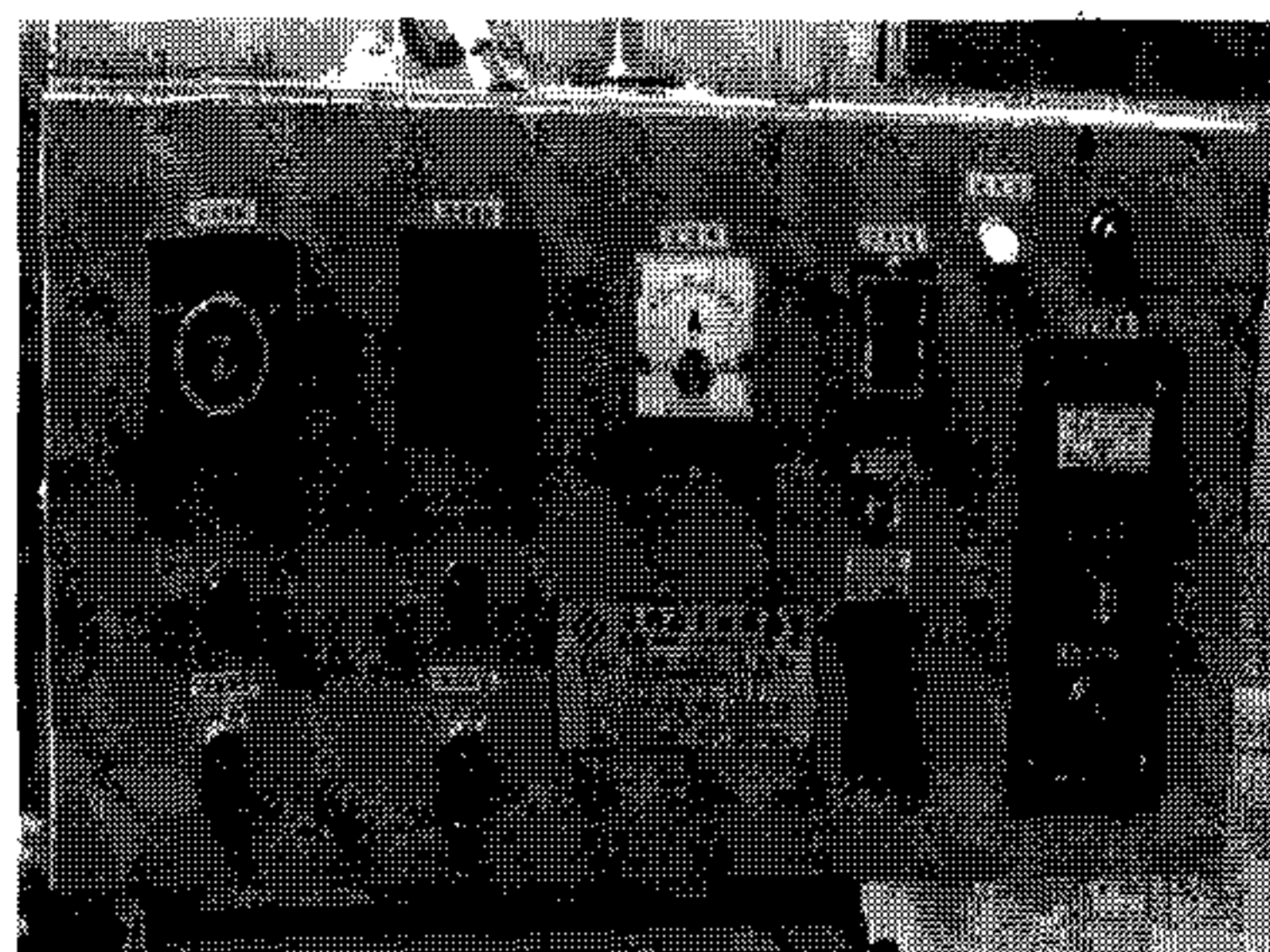
圖三、滾筒式焙茶機之後方外貌

Fig.3. The front view of the developed rotary roasting machine



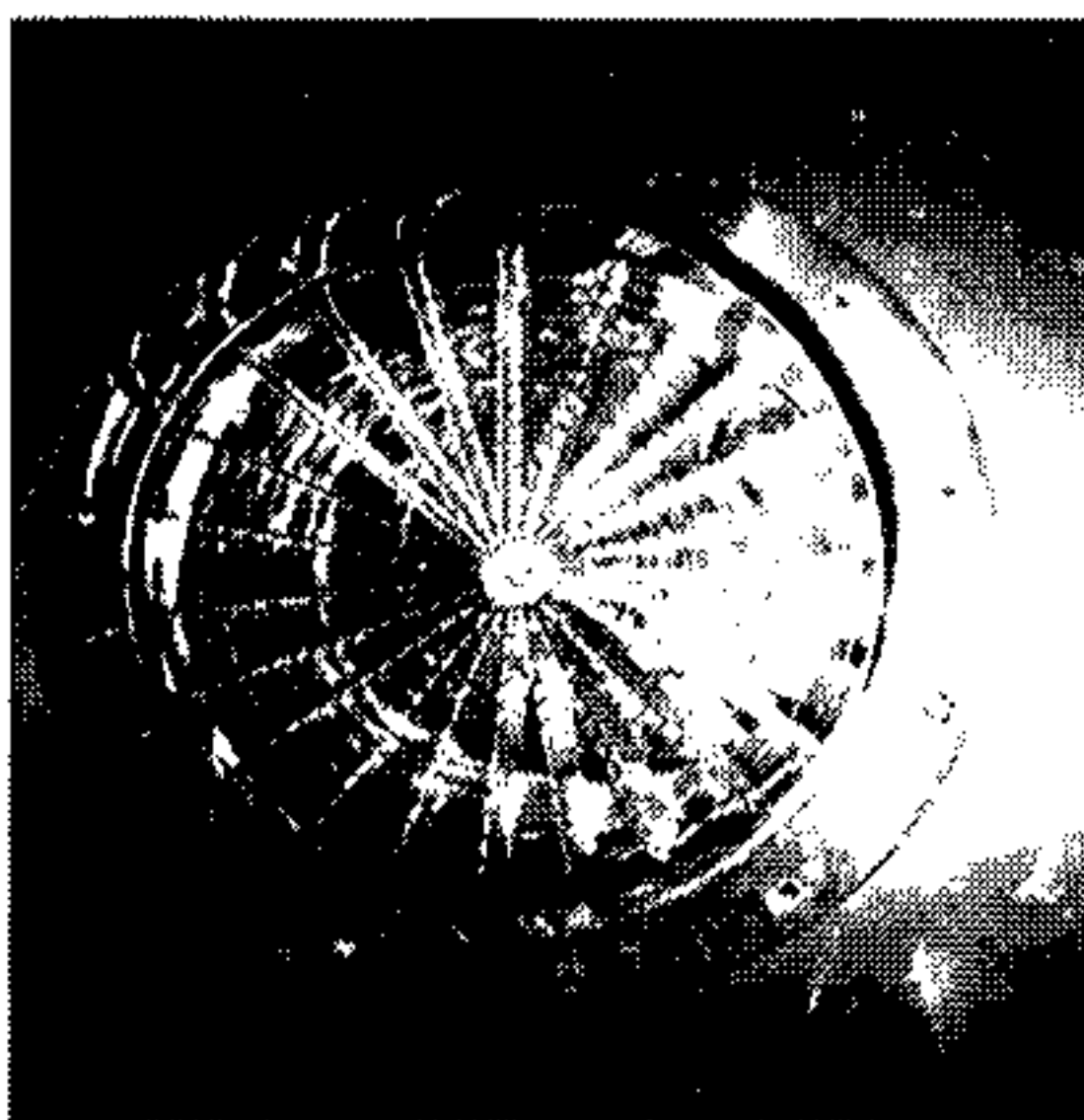
圖四、滾筒式焙茶機之側方外貌

Fig.4. The side view of the developed rotary roasting machine



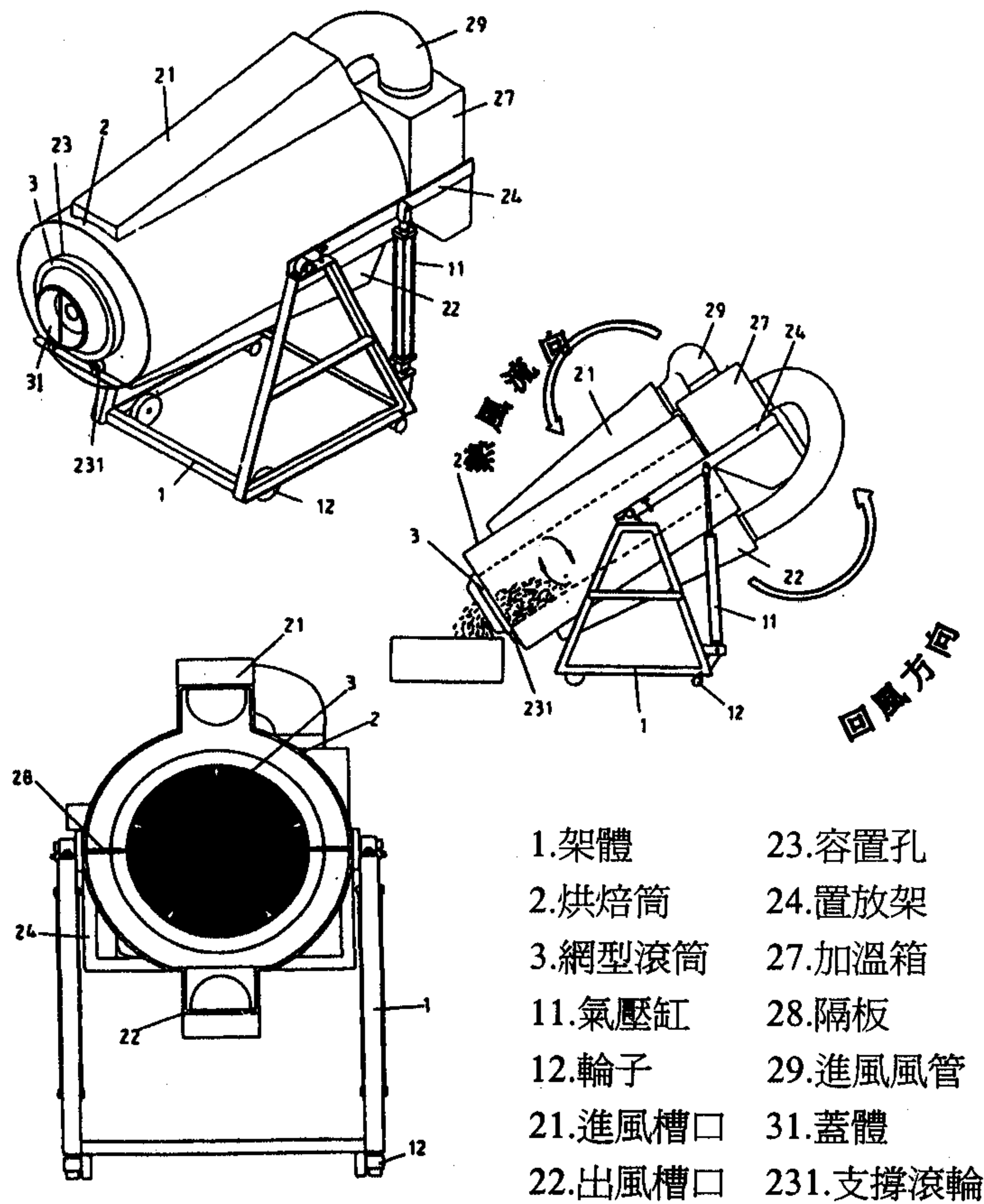
圖五、滾筒式焙茶機之控制開關

Fig.5. The control pannel of the developed rotary roasting machine



圖六、滾筒式焙茶機之電磁式電熱器

Fig.6. The electric-magnetic heater of the developed rotary roasting machine



圖七、滾筒式焙茶機之結構圖

Fig.7. The structural sketch of rotary roasting machine

2. 圖七中各組件圖號如下： 1.架體 2.烘焙筒 3.網型滾筒 11.氣壓缸 12.輪子 21.進風槽口 22.出風槽口 23.容置孔 24.置放架 27.加溫箱 28.隔板 29.進風風管 31.蓋體 231.支撐滾輪。
3. 此焙茶機作用原理是使用 1Hp220V 之直流馬達，使用皮帶帶動 1/50 之減速機，由減速機銜連 18 齒數之齒輪經鏈條帶動 50 齒數之齒輪軸，再經由直徑 1.3in 軸心轉動有沖孔之滾筒式轉筒（內筒直徑 72 cm，長度 146 cm，進出料口直徑 35 cm），電熱供應由電磁式電熱器裝置提供，出風口由風扇及導引管連接轉筒上方，轉筒下方為回風管，連至電磁式電熱器以造成熱風循環作用，進行茶葉之烘焙工作。
4. 滾筒式焙茶機茶葉烘焙，其操作方式如下：
- 1.先將焙茶機進出料口之蓋子打開，然後把茶葉傾倒入滾筒式轉筒內部，將進出口之蓋子鎖上。
 - 2.控制面板上之烘焙溫度設定。
 - 3.設定滾筒之轉速及靜置時間。
 - 4.打開加熱以及風速開關，調整欲使用之風量，即可進行茶葉烘焙工作。
 - 5.烘焙完成後將進出口蓋子打開，按卸料開關，氣壓缸即可將茶葉從烘焙機倒出料。
5. 使用電磁式電熱器之特性如表二～表三：
- 1.電磁式電熱器採用極薄的磁帶為熱源，通上電源在極短時間內出風口即能達到設定之溫度。
 - 2.利用風扇作對流散熱作用，約有 90%的熱量傳遞到被加熱物上，使用時看不到火光。
 - 3.當使用中，斷電或風扇馬達故障時，由於電磁式加熱器之散熱速度快能在短時間內（2-3sec）回復到常溫，而其他加熱方式（電熱管、瓦斯、油料加熱器）之散熱速度較緩慢。
6. 滾筒式焙茶機與箱型焙茶機加熱速度比較如表四所示，由表四顯示使用滾筒式焙茶機加熱速度確實比箱型焙茶機快。

表二、電磁式乾燥機與一般乾燥設備特性比較

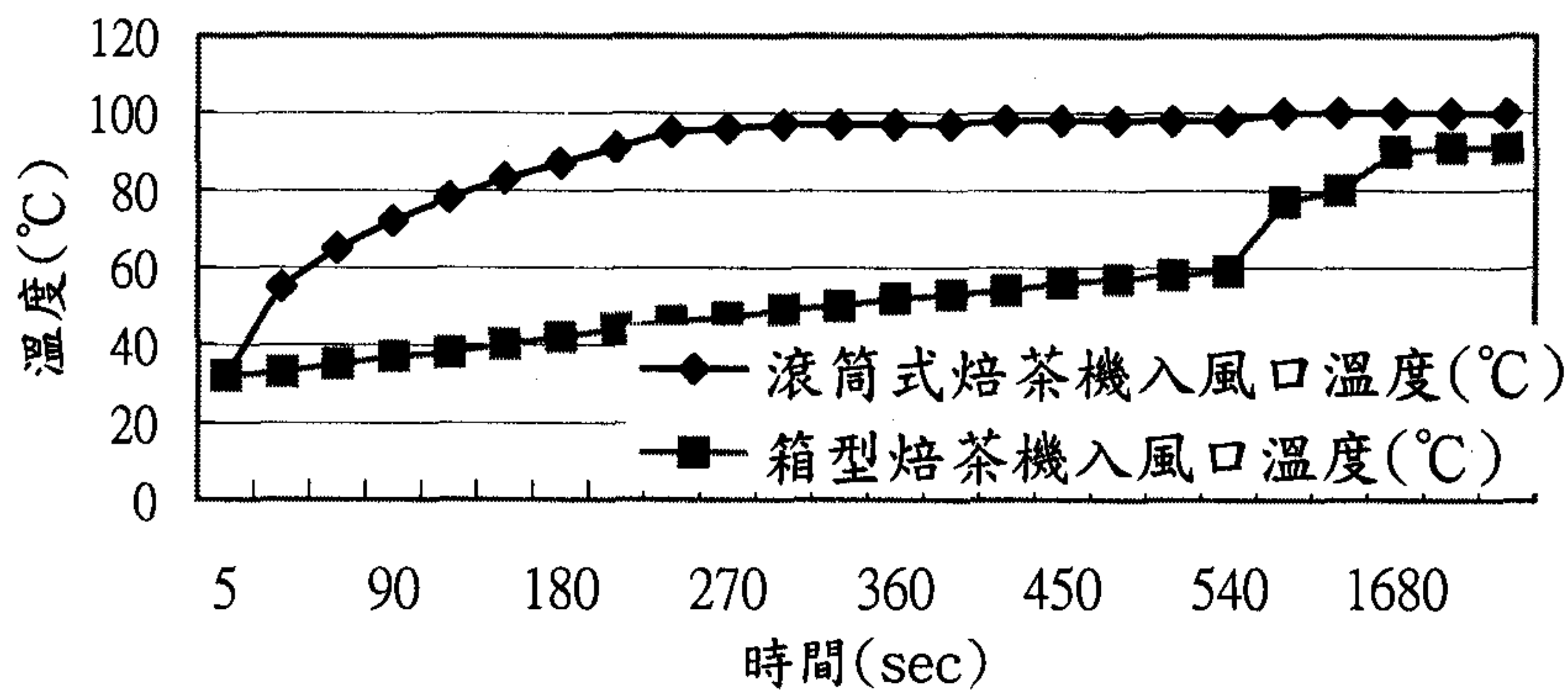
Table2. Comparison on magnetic dryer and normal dryer

加熱方式	加熱速度	輻射熱	熱傳方式	溫度均勻
電磁式	極快	5%（低）	直接熱風	良好
油料	中	100%（高）	間接熱風	中
瓦斯	中	100%（高）	間接熱風	中

表三、各種能源效率之比較

Table3. Comparison on different energy resources

加熱方式	效率	維護費	設備費用	管理費
電磁式	95%	極低	低	極低
瓦斯	35%	高	高	高
燃油	30%	高	高	高
一般電熱管	20%	中	中	中
木材	20%	中	中	高



圖八、滾筒式焙茶機與箱型焙茶機加熱速度比較
Fig.8. Comparison on the heat velocity

二、滾筒內茶葉翻動均勻度之測試

1. 茶葉翻動均勻度之測試結果列於表四及表五。由表四顯示不同轉速下 5 個量測點其均勻度測定結果。不論轉速為 3、6 或 9rpm，5 個量測點位置測其鋼絲小團粒數目，彼此間均無顯著差異 (p>0.05)；表示轉速如何變化 (3~9rpm)，茶葉在筒內均能均勻翻動。

表四、不同轉速下各個量測點位置之茶葉均勻度測定
Table4. The results of uniformity under different revolutions vs. positions

量測點位置	轉 速 (rpm)		
	3	6	9
1	71±6 ^a	72±7 ^a	76±6 ^a
2	78±14 ^a	77±11 ^a	80±11 ^a
3	69±6 ^a	72±9 ^a	74±7 ^a
4	76±8 ^a	70±9 ^a	73±7 ^a
5	75±9 ^a	76±6 ^a	66±3 ^a

* 同一行中上標相同之英文字母，代表平均數不具顯著差異 (p>0.05)

2. 表五說明 5 個不同量測點位置於不同轉速下其均勻度量測結果。不論量測點位置為何，在不同轉速 (3~9rpm) 下，測得之鋼絲小團粒數目均沒有顯著差異 (p>0.05)，此現象亦說明滾筒式焙茶機進行焙茶作業時，筒內不同位置茶葉之翻動應該相當均勻。
3. 上述結果表示此焙茶機無論量測點位置或是轉速，經統計分析後，茶葉中所含之鋼絲小團粒彼此間均無顯著差異。同時焙茶機內的茶葉即可均勻的攪動，爲了避免茶葉外觀色澤白霧現象產生，滾筒式焙茶機以 3rpm 轉速進行焙茶。

表五、不同量測點位置於不同轉速下之均勻度測定結果

Table5. The results of uniformity under different positions vs. revolutions

轉速 (rpm)	量 測 點 位 置				
	1	2	3	4	5
3	71±6 ^a	78±14 ^a	69±6 ^a	76±8 ^a	75±9 ^a
6	72±7 ^a	77±11 ^a	72±9 ^a	70±9 ^a	76±6 ^a
9	76±6 ^a	80±11 ^a	74±7 ^a	73±7 ^a	66±3 ^a

* 同一行中上標相同之英文字母，代表平均數不具顯著差異 (p>0.05)

三、茶葉烘焙試驗及品質分析

1. 表六為滾筒式焙茶機烘焙後官能評審之結果，由表六得知本實驗第 5 個（烘焙重量 48kg，烘焙溫度 120℃，烘焙時間 4hr）、第 6 個（烘焙重量 24kg，烘焙溫度 120℃，烘焙時間 4hr）、第 9 個（烘焙重量 36kg，烘焙溫度 120℃，烘焙時間 6hr）處理之品評品質較差。當烘焙溫度設定於 120℃，烘焙時間達 4hr 時，茶葉品質就有明顯劣化之現象發生。

表 6、官能品評之評茶總評之量測結果

Table6. The experimental results of tea overall on sensory evaluation

烘焙重量 (kg) X1	烘焙溫度 (℃) X2	烘焙時間 (hr) X3	評茶總評★ (%)
36	120	2	67.92±4.23 ^a
36	80	2	67.54±4.75 ^a
24	100	2	68.58±3.57 ^a
48	100	2	68.63±2.85 ^a
48	120	4	64.25±4.59 ^b
24	120	4	62.50±4.66 ^b
48	80	4	68.50±3.14 ^a
24	80	4	68.58±2.96 ^a
36	120	6	62.08±4.08 ^b
36	80	6	68.17±4.15 ^a
24	100	6	68.17±3.48 ^a
48	100	6	67.75±3.33 ^a
36	100	4	68.00±3.30 ^a
36	100	4	68.13±3.17 ^a
36	100	4	68.04±3.65 ^a

*上標英文字母不同者代表有顯著差異 (p<0.05)

2. 本實驗原茶（烘焙前）之含水率為 1.822% ，經烘焙處理後茶葉含水率之量測結果列於表七，其變方分析如表八所示。表八中，線性項達極顯著水準（ $p < 0.01$ ），總合項達顯著水準（ $p < 0.05$ ）而欠合度不顯著（ $p > 0.05$ ），顯示本實驗所設定之操作參數對茶葉含水率之迴歸模式極為適切。再利用 multreg 程式軟體以 t-test 檢定此模式，將影響未達顯著水準之參數去除，得到更適切之迴歸模式，模式之各項迴歸係數列於表九，此迴歸模式之 R^2 為 0.78，顯示本實驗所設定之操作條件對於茶葉含水率仍有 78%之變異程度（variation），茶葉含水率總變異程度（total variation）中的 78%與操作條件有線性關係。進一步利用此迴歸模式繪出等高線圖及反應曲面圖（圖七）以便討論。

表七、烘焙處理後茶葉含水率之量測結果
Table7. The experimental results of moisture content after roasting treatment

烘焙重量 (kg) X1	烘焙溫度 (°C) X2	烘焙時間 (hr) X3	含水率* (%)
36	120	2	0.246±0.064 ^{ef}
36	80	2	1.217±0.092 ^a
24	100	2	0.942±0.073 ^{bc}
48	100	2	0.653±0.122 ^d
48	120	4	0.328±0.174 ^e
24	120	4	0.205±0.328 ^{ef}
48	80	4	0.721±0.090 ^{cd}
24	80	4	0.871±0.440 ^{bcd}
36	120	6	0.072±0.049 ^f
36	80	6	0.982±0.089 ^b
24	100	6	0.175±0.066 ^{ef}
48	100	6	0.334±0.146 ^e
36	100	4	0.200±0.128 ^{ef}
36	100	4	0.402±0.104 ^e
36	100	4	0.414±0.088 ^e

*上標英文字母不同者代表有顯著差異（ $p < 0.05$ ）

表八、操作條件對含水率之變方分析
Table8. The analysis of variance of process variables to moisture content

變異來源	自由度	平方和	F 值	Prob > F	R ²
線性項	3	1.363786	13.224	0.0082 ^{**}	0.7782
二次項	3	0.147012	1.426	0.3393	0.0839
交感項	3	0.069889	0.678	0.6022	0.0399
總合	9	1.580687	5.109	0.0436 [*]	0.9019
欠合度	3	0.143093	3.314	0.2404	
純誤差	2	0.028786			
總誤差	5	0.171879			

*表示達顯著水準（ $P < 0.05$ ）
**表示達極顯著水準（ $P < 0.01$ ）

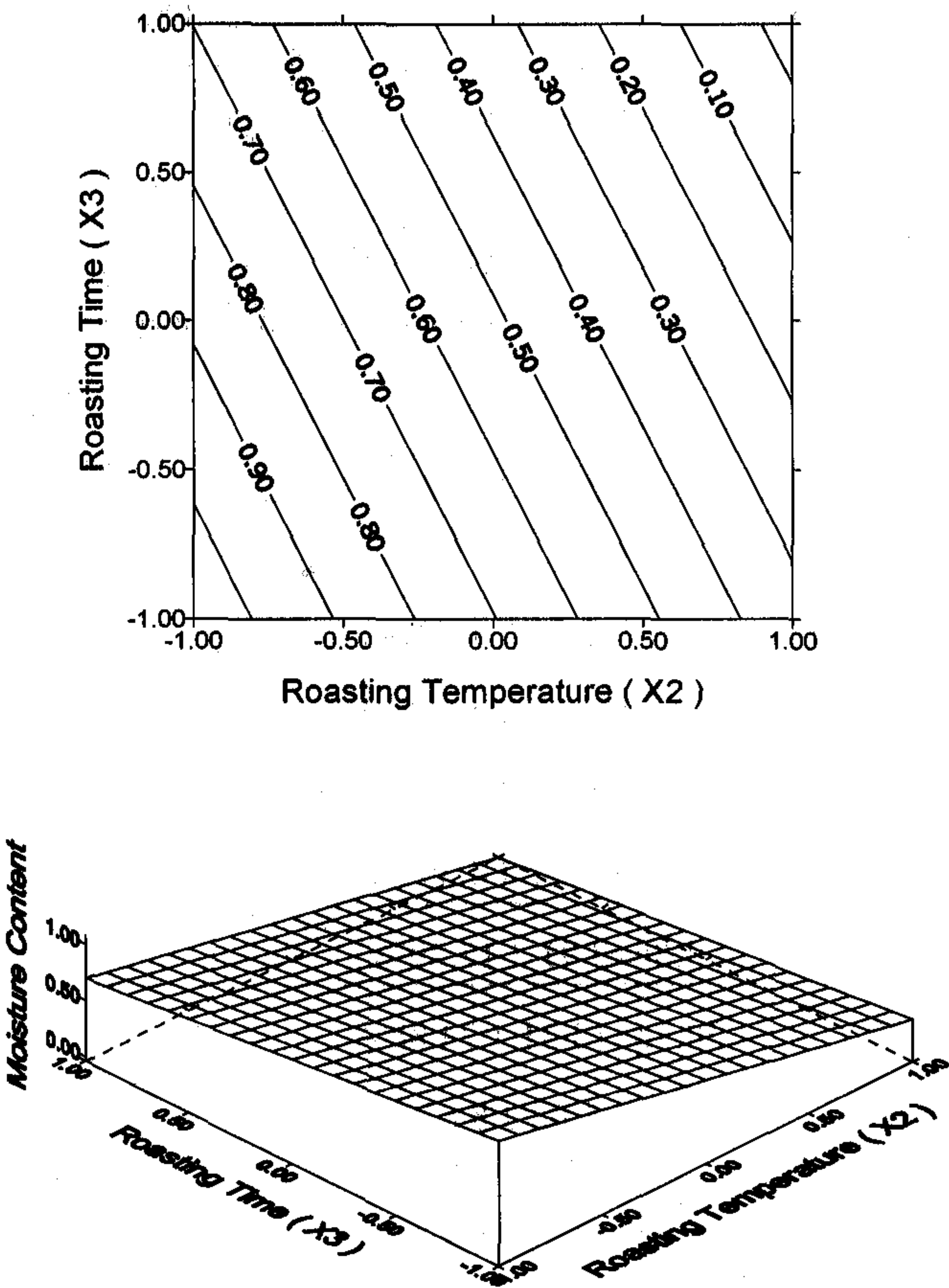
表九、操作條件對含水率之迴歸分析

Table9. The second order regression of process variables to moisture content

項 次 ^a	迴 歸 分 析 ^b	標 準 差	T 值
截距項	0.5174933	4.6658122E-02	11.09
X2	-0.3676625	6.3889265E-02	-5.75
X3	-0.1868500	6.3889265E-02	-2.92

自由度=12
殘差均方=3.2654705E-02
殘差均方根=0.1807061
 $R^2=0.7764$

^a X1：烘焙重量 X2：烘焙溫度 X3：烘焙時間
^b 信賴區間：90%



圖九、烘焙處理後茶葉含水率之等高線圖與反應曲面圖

Fig.9. The contour and response surface plots of moisture content after roasting

3. 由表九中烘焙重量對茶葉含水率不具有顯著之影響。因此圖九可看出茶葉含水率隨著烘焙溫度與烘焙時間之增加而減少。當烘焙溫度提高時，茶葉含水率有隨其下降之趨勢；並且當烘焙時間增長時，茶葉含水率也會隨之下降。

四、滾筒式焙茶機與傳統箱型焙茶機之焙茶成本分析

- 1. 本實驗所研製之滾筒式焙茶機配合實驗研究用，為首次改良研製之焙茶機，尚未商品化生產，所以製造成本比較高，無法與其他機型進行統計比較，僅以單機之最適操作條件下換算出焙茶機之作業能量，進而求出單位公斤烘焙成茶之作業成本。
- 2. 調查名間地區傳統箱型焙茶機烘焙成本時，按實際受訪者所提供之資料（焙茶機焙茶量有 24kg、48kg 以及 120kg 容量）進行統計分析。再與滾筒式焙茶機之焙茶成本分析作比較。從表十中以總成本而言，箱型焙茶機烘焙每公斤，須支出 28.10 元，其中固定成本為 4.86 元，占 17.29%；變動成本為 23.24 元，占 83.71%。而滾筒式焙茶須支出 25.55 元，其中固定成本為 4.13 元，占 16.16%，變動成本為 21.42 元，占 83.84%。因此得知人工費及電費之變動成本佔總成本較高之比率。在固定成本分析中，不論箱型或滾筒式焙茶機以折舊率所佔比率較高，利息次之；而變動成本中以人工費所佔比率較高，因此人工費為影響總成本之主要因素。另外，滾筒式焙茶機各項成本均比箱型焙茶機低，因此採用滾筒式焙茶機為可行之方式。

表十、傳統箱型焙茶機與滾筒式焙茶機之焙茶成本分析表（單位：元/公斤成茶）

Table10. The comparisons on the roasting costs of conventional and developed rotary roasting machines (unit : NT\$/kg tea product)

項 目		箱 型 焙 茶 機	滾 筒 式 焙 茶 機
固 定 成 本	1.折 舊	2.18±1.61 (7.74%)	1.97 (7.71%)
	2.稅 金	0.48±0.36 (1.72%)	0.44 (1.71%)
	3.保 險	0.48±0.36 (1.72%)	0.44 (1.71%)
	4.庫 房	0.48±0.36 (1.72%)	0.44 (1.71%)
	5.利 息	1.23±1.27 (4.39%)	0.84 (3.30%)
	小 計	4.86±3.91 (17.29%)	4.13 (16.16%)
變 動 成 本	1.人工費	20.76±13.31 (73.88%)	19.58 (76.65%)
	2.電 費	2.48±1.62 (8.83%)	1.84 (7.20%)
	小 計	23.24±13.53 (82.71%)	21.42 (83.84%)
總 成 本		28.10±14.09 (100%)	25.55 (100%)

結 論

研製完成之滾筒式焙茶機可改進現有箱型焙茶機茶葉靜置烘焙及進出料費工費時之缺點，並於烘焙過程中適時翻轉茶葉，能更均勻烘焙茶葉。然而爲了避免茶葉烘焙時外觀色澤產生白霧現象，建議以 3rpm 之轉速進行滾筒式焙茶機焙茶。

烘焙溫度設定於 120℃，烘焙時間達 4hr 時，茶葉品質就有明顯劣化之現發生，因此烘焙溫度應低於 120℃，以 80℃~100℃爲宜；烘焙時間 2~6hr 均可。

參考文獻

1. 台灣省政府農林廳.1999.台灣農業年報.台灣.
2. 台灣省茶業改良場改制三十週年(創立九十五年)紀念特刊.1998.台灣省茶業改良場編印.p.103-107.
3. 台灣茶業簡介.1997.台灣省茶業改良場編印，第二版.
4. 甘子能.1985.製茶原理的生化觀.食品工業 17 (7) :25-37.
5. 彭錦樵、李清柳.1995.部份發酵茶製茶成本分析研究.農林學報.44 (2) :83-90.
6. 劉銘純、黃騰鋒.1997.應用除濕輪輔助茶葉乾燥之研究.台灣茶業研究彙報 16 ; 29-35.
7. Box, G. E. R. and D. W. Behnken. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. Technometrics. 2:455-462.
8. Finner, M. F., Straub, R. J. 1985. Farm Machinery Fundamentals. American Pub. Co., Madison, WI, USA.

Development and Efficacy Analysis of Rotary Roasting Machine

Ming-Chun Liu¹ Teng-Feng Huang¹ Chin-Liou Lee¹ Jin-Chyau Peng²

Summary

A rotary roasting machine was developed to improve the defects of the traditional box roasting machine for its labor and operation time requirement in tea roasting, it might be also got better uniformity of roasted tea by turning over tea in the machine.

The inner roller rolled 1 circle in 30 min and was set in 3 rpm and fitted wind velocity (60 HZ frequency of the converter). After roasting experiment, the sensory taste results showed that the best roasting temperature for rotary roasting machine is 80°C to 100°C and 2 to 6 hrs of roasting time. If the temperature was higher to 120°C, it was necessary to decrease roasting time (under 4 hrs) .

Efficacy analysis was used in the comparison on rotary roasting machine and traditional box roasting machine, the rotary roasting machine was suggested as a feasible machine for tea roasting.

Key words: Tea roasting, Rotary roasting machine , Roasting efficacy

1. Research Assistant, Head, Associate Agronomist, TTES, Yangmei, Taiwan, R.O.C.

2. Professor, Dept. of Agricultural Machinery Engineering, National Chung-Hsing University, Taichung, R.O.C