

# 茶葉烘焙機遠端監控系統之開發

張振厚<sup>1,\*</sup> 林金池<sup>2</sup> 劉天麟<sup>3</sup>

## 摘要

傳統茶葉烘焙以箱型烘焙機為主，採用批次作業，操作時間達數小時至數十小時以上，需要依賴人力長時間的監顧機器及依需求調整參數與紀錄資料，頗為耗時費工，甚至影響作息時間，易因人員疲勞而影響操作品質及造成資料紀錄漏失或錯誤，且受時間及區間的限制，人力無法有效運用，無形中對於茶葉製造及管理形成負擔。因此，有必要加以改善。

本研究針對傳統箱型茶葉烘焙機之架構重新規劃設計，並整合資通訊及機電自動控制技術，開發具有監控系統之新型茶葉烘焙機。已完成主體規格尺寸為 79×65×162 公分；茶葉烘焙容量約 25 公斤之雛型機的建置與改良，監控系統以 RS-485 傳輸及 4G-LTE 無線通訊模組整合人機介面操作，烘焙相關資料自動傳輸至雲端電腦紀錄儲存，操作人員可由遠端即時監控烘焙機運作狀態及感測資料與設定操作參數，並可查詢歷史資料或下載分析，提升烘焙機之功能性與便利性，跳脫傳統茶葉烘焙機操作模式，達到省工省時之目的。

**關鍵字：**茶葉、烘焙機、人機介面、遠端監控

## 前言

臺灣為世界知名的茶葉產區，產製的部分發酵茶如包種茶及烏龍茶等風味獨特，享譽中外。大部分的茶類，乾燥完成後幾乎不再進行烘焙處理，如綠茶、東方美人茶及紅茶等，但部分發酵茶為改善品質及調整風味，初製茶經揀梗與篩分後，大多需要經過不同程度的再乾或烘焙製程，如高山茶、凍頂烏龍茶及紅烏龍茶等，藉由控制不同的烘焙溫度與時間，產生水色、香氣及滋味多樣性的變化，提高茶葉的品質與價值，且因烘焙程度的不同，可呈現出清香或焙火韻味等不同風味口感的茶類，滿足茶葉消費者多樣性的選擇。

商品化茶葉的烘焙方式，以炭焙、電熱焙籠及箱型烘焙機等設備為主，其中炭焙操作過程耗時費力，操作不當則茶葉易帶煙味或焦味而影響品質，目前已甚少採用此種烘焙方式（徐，1993；徐等，1998）；電熱式焙籠主要利用電熱加熱，另有加裝遠紅外線面板之改良型，可提高其熱效率及改善茶葉香味品質（蔡等，1998；林等，2001）；箱型烘焙機為密閉式箱體內設置層架式結構，採用批次作業，其烘焙溫度及時間可設定調整且控制容易，操作便利性及烘焙容量優於電熱焙籠，故為多數製茶業者使用。一般烘焙溫度介於 80~130°C 之範圍，溫度低於 80°C 烘焙，對茶湯水色、香

- 
1. 行政院農業委員會茶業改良場茶葉機械課 副研究員。臺灣 桃園市。
  2. 行政院農業委員會茶業改良場產業服務課 研究員兼課長。臺灣 桃園市。
  3. 行政院農業委員會茶業改良場茶葉機械課 副研究員兼課長。臺灣 桃園市。

\* 通訊作者。

氣及滋味之影響極微，溫度 100°C 之烘焙，則有輕度之改變，溫度 120°C 以上之烘焙，對茶葉香氣、滋味及水色產生劇烈的變化，因此，甚少採取 120°C 以上且長時間之烘焙（陳，2003）。近期發展之茶葉烘焙設備，如遠紅外線烘焙機，其熱效率高，並改善茶葉香味品質，適合重烘焙茶類（林等，2002）；多功能烘焙機為兼具傳統熱風及低溫除濕功能，可提高能源效率及茶葉烘焙品質（黃與李，2000）。箱型滾筒式烘焙機，可適時翻動茶葉提升烘焙均勻效果，並改善層架式烘焙機操作費時費工之缺點（張，2012）。不同型式茶葉烘焙機各有其優缺點，目前茶葉烘焙仍以箱型烘焙機的使用最為普遍。

目前無線監測技術於農業上之應用已有許多實例，如 Jiang et al. (2000) 利用 GSM 無線通信模組結合遠端的田間害蟲生態監測網路和後端的主控平台，透過誘捕裝置及感測器，建置東方果實蠅無線監測系統，管理者可由遠端即時讀取資料庫數據及田間環境資料，有效建立東方果實蠅的出沒狀態，提供農民參考及研擬防治對策。吳 (2017) 以 4G 通訊模組結合雲端服務平台及環境感測器，開發溫室無線通訊感測系統，可監測溫室作物栽培參數，管理人員由遠端進行資料的分析與判讀，有助於提高溫室作物的栽培管理效率。

本研究為改善傳統茶葉烘焙機耗時費工的問題，整合無線通訊傳輸模組、感測器、資料記錄、資訊技術及機電控制技術等，開發具有監控系統之茶葉烘焙機，提升操作自動化及監控功能，以人機介面操作，感測資料可自動紀錄傳輸至雲端電腦，使設備操作不受時間及區間的限制，節省操作人力與時間，增進茶葉烘焙製程效益，促進茶葉烘焙設備升級，增加人力調度運用及便於生產管理，達到省工省時之目的。

## 材料與方法

### 一、材料與設備：

1. 茶葉烘焙機：層架式箱型茶葉烘焙機，配置電熱式熱風循環、變頻式風量控制；入風與出風口設計於機體上方；操作面板採用人機介面 (WEINTEK, MT8071iE, DC24V)；層架採不鏽鋼網孔承盤。
2. 溫濕度感測器：熱風溫度感測使用 K-type 熱電偶溫度計 (DC24V,  $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$ ) 1 組、環境與出風口溫濕度感測使用電子式溫濕度計 (DC24V, 2.5% RH) 2 組。
3. 訊號處理及傳輸模組：傳輸介面 RS-485；類比數位轉換器 (ICP DAS 16 bit, DC24V) M7026 及 M7064 各 1 組；4G 無線通訊模組 (USR-G806) 1 組。
4. 球形烏龍茶，2020 年南投縣名間鄉機採冬茶，品種臺茶 20 號。
5. 茶葉成分分析儀 (NIR, GTN-9, 靜岡製機株式會社) 1 台，磨粉機 (CSM-F1, UDY) 1 台。

### 二、監控系統規劃與建置：

1. 感測器類比訊號轉為數位訊號並透過 RS-485 讀取傳輸，人機介面顯示感測資料及操作參數；數位控制訊號亦藉由轉換器轉為類比訊號，以進行馬達、風扇及加熱器之控制調整；感測及參數資料以 4G 通訊模組無線傳輸至雲端電腦紀錄儲存。
2. 人機操作介面為觸控式面板，操作畫面包含批號資料、程序設定、自動控制、手動控制及趨勢圖主選項，遠端監測電腦畫面包含批號、烘焙操作程序、感測資料、趨勢圖及異常紀錄等選項。

### 三、試驗方法及步驟：

1. 烘焙機與監控系統測試：購置與試製零組件進行組裝測試，整合機構及電控系統組件，配合

系統及規劃需求撰寫操作介面及資料傳輸與儲存紀錄程式，建置具有遠端監控系統之茶葉烘焙機，並進行操作測試及軟硬體之修正與改良。

2. 茶葉烘焙試驗：利用具有遠端監控系統之烘焙機進行茶葉烘焙試驗，茶葉樣品 3 kg 均勻平鋪於網盤內；未烘焙之毛茶為對照組 (CK)；初焙溫度 75°C；每 4 小時升溫 5°C；並於溫度轉換時取樣 300 g；烘焙溫度設定 75、80、85、90、95 及 100°C；共 6 個烘焙處理樣品 (編號 T1~T6，即 T1 為 75°C 烘焙 4 小時；T2 為 75°C 烘焙 4 小時+80°C 烘焙 4 小時，T3 為 75°C 烘焙 4 小時+80°C 烘焙 4 小時+85°C 烘焙 4 小時；T4 為 75°C 烘焙 4 小時+80°C 烘焙 4 小時+85°C 烘焙 4 小時+90°C 烘焙 4 小時；T5 為 75°C 烘焙 4 小時+80°C 烘焙 4 小時+85°C 烘焙 4 小時+90°C 烘焙 4 小時+95°C 烘焙 4 小時；T6 為 75°C 烘焙 4 小時+80°C 烘焙 4 小時+85°C 烘焙 4 小時+90°C 烘焙 4 小時+95°C 烘焙 4 小時+100°C 烘焙 4 小時)；入出風口閘門全開；風量參數 25 (風速 2.5~2.9 m/s)；茶葉樣品進行感官品評及茶葉化學成分分析，試驗三重複，取平均值。
3. 感官品評：採用標準沖泡法，茶葉樣品秤重 3g 放入審茶杯中，沖入沸水 150c.c，加蓋靜置 6 分鐘後，將茶湯倒入審茶碗進行香味品質之品評，配分為外觀 (20)、水色 (20)、香氣 (30) 及滋味 (30)，合計總分 100 分，以了解不同烘焙溫度之茶葉品質變化程度。
4. 化學成分分析：取茶葉樣品 15g，以磨粉機研磨 10 秒，取出茶粉放入檢測盤刮平，置入茶葉成分分析儀，檢測茶葉化學成分包含總游離胺基酸、茶胺酸、多元酚類、總兒茶素及咖啡因之含量變化。

## 結果與討論

### 一、茶葉烘焙機與監控系統

1. 試製具有監控系統之茶葉烘焙機一式，烘焙機主體規格尺寸為 79×65×162 公分；不鏽鋼網盤 10 層；茶葉烘焙容量約 25 公斤；操作溫度最高為 150°C；烘焙溫度、烘焙時間及風量可藉由人機介面設定調整 (圖一)；入風口與出風口由馬達控制閘門開閉，取代傳統人工手動調整，並依茶農慣用操作方式設計，可設定閘門全關、開 1/3、開 1/2、開 2/3 及全開 5 種模式，提升茶葉烘焙機操作自動化。操作參數及感測資料均以數位顯示，方便人員觀測與操作，且可由遠端電腦進行參數設定與調整，跳脫傳統茶葉烘焙機的操作模式，使茶葉烘焙操作不受時間與區間的限制，以自動控制技術達到節省人力與時間之目的。
2. 烘焙機監控系統包含機器端之人機介面、感測器、訊號轉換器與通訊模組、雲端平台資料庫與遠端監控電腦，整合資通訊及自動控制技術，可操作批號資料、程序設定、自動控制或手動控制及趨勢圖之選項 (圖二)，採用選單輸入模式，操作者建立資料無須繕打謄寫，每批茶葉於烘焙前可由批號資料輸入茶葉之基本資料；如茶類、產地、產季、品種及重量等資訊，並由程序設定輸入操作參數；如烘焙溫度、烘焙時間、風量及入出風門開閉等；最多可設定 16 組參數，自動控制逐一執行烘焙程序至茶葉烘焙完成，監測資料每分鐘記錄 1 筆，操作參數及監測資料以無線傳輸至雲端電腦紀錄儲存，操作者可查閱烘焙歷史資料 (圖三)，且於烘焙過程中已可由趨勢圖監測溫濕度的變化情形，依需求查看不同時間點之溫濕度值 (圖四)。整批茶葉烘焙資訊可儲存成 Excel 格式之電子檔，方便操作者或管理者查閱。

### 二、茶葉烘焙試驗

1. 茶葉烘焙操作測試：利用新開發的可遠端監控茶葉烘焙機進行茶葉烘焙試驗，以實際茶葉烘焙操作評估測試系統之功能性是否符合規劃設計及資料傳輸之穩定性，試驗結果顯示，茶葉

烘焙機及監控系統各項功能操作均可正常運作，且使用國內 4G-LTE 電信系統，可確保資料傳輸的穩定性。若因通訊品質不佳而遺漏部分資料，亦可於烘焙完成後於遠端連線下載完整的資料。其次，評估烘焙機的操作效率，若烘焙參數已確立，以總烘焙時間 24 小時為例，使用傳統茶葉烘焙機，每日工作 8 小時，需要 3 個工作天，且人員需要多次去機器端調整參數，人力無法彈性運用，如採用連續烘焙的方式，則將影響人員作息時間與增加工作疲勞度。使用新開發的茶葉烘焙機，當日設定烘焙參數後，機器可自動執行程序至隔日完成茶葉烘焙工作，操作人員無需看顧機器，可另從事其他工作或同時監控多台烘焙機，增加人力利用及調度，有助於生產管理。

2. 茶葉感官品評：本試驗以 2020 年南投縣名間鄉機採臺茶 20 號冬片為原料，烘焙試驗經感官品評結果顯示，茶葉隨著不同溫度的提升而使品質有所改善 (表一)；菁味及澀味漸失轉為甘醇；香氣轉為甜香，各烘焙溫度的處理以 95°C (T5) 之感官品評最佳，其水色、香氣及滋味的表現優於其他處理，品質總分最高，但烘焙至 100°C (T6) 之品質有下降的現象，其水色、香氣及滋味均不如 T5 處理，故本試驗樣品以烘焙至 95°C 之品質較佳，過度的烘焙反而使品質劣化。茶葉經模擬烘焙試驗後，可依此最佳參數進行批次或量化烘焙處理，精準控制，節省人力負擔。
3. 化學成分分析：本研究利用 NIR 茶葉成分分析儀進行化學成分分析，可簡化操作程序及縮短分析時間，以快速取得參考數據。分析結果如表二所示，多元酚類及總兒茶素隨著烘焙溫度與時間的增加有遞減趨勢，達極顯著差異 ( $p < 0.1$ )，總游離胺基酸與茶胺酸無顯著差異 ( $p > 0.5$ )，但烘焙至 95°C 之樣品 (T5) 有較高的總游離胺基酸及茶胺酸，此兩種成分呈現茶湯甘甜味，故感官品評有較佳之表現，咖啡因則變化不大，無顯著差異 ( $p > 0.5$ )，此結果可供茶葉烘焙技術研究之參考。

## 結 論

本研究進行茶葉烘焙機監控系統研發與改良，跳脫傳統茶葉烘焙操作模式。試製具有監控系統之茶葉烘焙雛型機，經多次烘焙測試修正，改良與解決操作問題，各項功能均已能符合預期成果，可實際應用於茶葉烘焙操作。新開發的烘焙機與傳統茶葉烘焙機主要的差別在於可由遠端監控及資料數據化自動傳輸與紀錄，減少操作人力與時間，且完整記錄烘焙過程的感測資料與操作參數，有助於回溯分析與檢討，可提供茶農與生產者輔助應用。此外，透過遠端電腦監控及自動執行烘焙程序或利用行動裝置掌握烘焙狀況，使烘焙機操作可不受時間及區間的限制，有利於人力調度運用與生產管理，達到省工省時之目的。新開發的烘焙機為雛型機，需透過不同茶類實際烘焙操作運用再持續修正與改良，以提升茶葉烘焙機監控系統之效益，期能符合茶產業之需求。

## 參考文獻

1. 吳有恒. 2017. 結合雲端服務平台之溫室無線通訊感測系統開發. 桃園區農業改良場研究彙報 82: 61-79。
2. 阮逸明、張如華、張連發. 1989. 不同烘焙溫度與時間對包種茶化學成分與品質之影響. 臺灣茶業研究彙報 8: 71-82。
3. 林金池、陳國任、張連發. 2001. 遠紅外線焙茶機之研發. 茶業專訊 38: 6-8。

4. 林金池、陳國任、張連發、蔡永生. 2002. 遠紅外線焙茶機之研發與改良. 臺灣茶業研究彙報 21: 107-118。
5. 徐英祥. 1993. 包種茶再乾與焙火. 茶業專訊 4: 3-5。
6. 徐英祥、蔡永生、張如華、郭寬福、林金池. 1998. 包種茶炭焙技術之研究. 臺灣茶業研究彙報 17: 39-60。
7. 張振厚. 2012. 小型滾筒式茶葉烘焙機介紹. 茶業專訊 81: 6-7。
8. 陳國任. 2003. 臺灣特色茶烘焙技術及品質之探討. 出自"臺灣茶葉產製科技研究與發展專刊", 蕭素女主編. pp. 89-99, 桃園: 茶業改良場。
9. 黃騰鋒、李清柳. 2000. 茶葉多功能乾燥機之研發. 茶業專訊 31: 2-3。
10. 蔡永生、徐英祥、張如華、郭寬福、林金池. 1998. 不同烘焙方法對半球型包種茶品質及貯藏性之影響. 茶業專訊 25: 4-5。
11. Jiang, J. A., Tseng, C. L., Lu, F. M., Yang, E. C., Wu, Z.S., Chen, C. P., Lin, S. H., Lin, K. C., and Liao, C. S. 2008. A GSM-based remote wireless automatic monitoring system for field information: A case study for ecological monitoring of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *C. E. Agri.* 62: 243–259.

表一、茶葉烘焙感官品評結果

Table 1 The sensory evaluation results of roasted teas

烘焙處理	外觀	水色	香氣	滋味	小計	品質描述
	20	20	30	30	100	
CK	14.67	14.67	19.33	20	68.67	微菁、味淡
T1	14.67	15.33	19.33	20.83	70.17	微悶、略帶老葉粗味
T2	14.5	15.33	20.67	21.17	71.67	有甜香、茶湯較滑順
T3	14.17	14.67	20.67	21.83	71.33	香氣下降、水感重、澀味
T4	14.17	15.67	21.83	22.17	73.83	菁香下降、甜味上升、微澀
T5	13.67	16	22.83	23.17	75.67	微火清、甘醇、乾燥甜香，水色透度佳
T6	13.67	13.33	20.17	20.5	67.67	火味、菁澀顯、甘甜，水色偏黃

表二、茶葉化學成分分析結果

Table 2 The analysis results of chemical composition of roasted teas

烘焙處理	茶葉化學成分分析 (%)				
	總游離胺基酸	茶胺酸	多元酚類	總兒茶素	咖啡因
CK	2.23±0.12a	1.10±0.08a	13.10±0.29a	13.57±0.17a	1.67±0.05a
T1	2.40±0.14a	1.23±0.09a	12.73±0.05ab	13.47±0.12ab	1.67±0.05a
T2	2.27±0.17a	1.17±0.09a	12.33±0.05bc	13.20±0.08bc	1.67±0.05a
T3	2.27±0.17a	1.10±0.08a	12.63±0.29ab	13.23±0.17bc	1.70±0.08a
T4	2.37±0.05a	1.17±0.05a	12.13±0.05c	13.07±0.05cd	1.63±0.12a
T5	2.53±0.31a	1.20±0.22a	12.5±0.43bc	12.83±0.26d	1.63±0.12a
T6	2.50±0.16a	1.23±0.12a	12.13±0.12c	12.93±0.12cd	1.5±0.01a

表中直行有相同英文字母者表示差異未達 5% 顯著。

Values followed by the same letters are not significant difference at  $\alpha=0.05$ .



圖一、具有監控系統之茶葉烘焙機  
 A：茶葉烘焙機；B：人機介面；C：操作畫面  
 Fig. 1. Tea roasting machine with monitoring system  
 A: tea roasting machine  
 B: human machine interface  
 C: operation screen



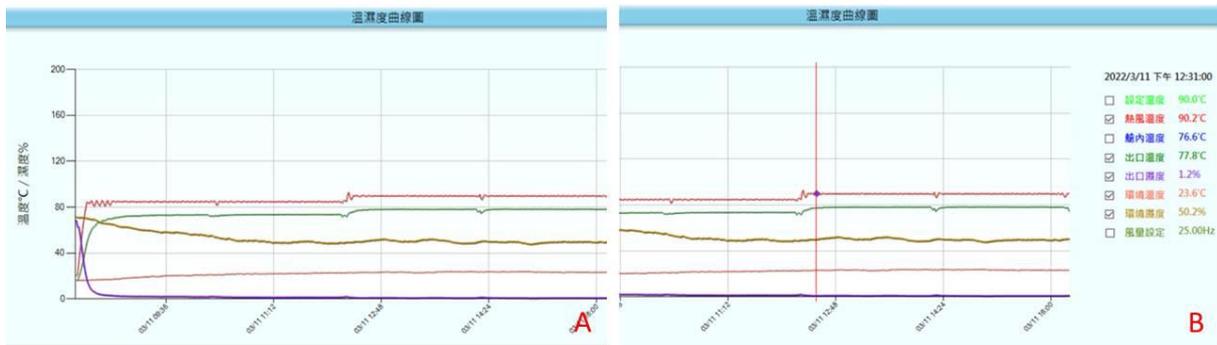
圖二、烘焙機監控系統  
 A：溫溼度感測器；B：訊號轉換器與通訊模組；C：遠端監控畫面  
 Fig. 2. The monitoring system of tea roasting machine  
 A: temperature and humidity sensor  
 B: signal converters and communication modules  
 C: remote monitoring screen



圖三、茶葉烘焙資料及感測資料記錄  
 A：批號資料；B：資料紀錄；C：烘焙程序；D：感測資料

Fig. 3. Operation data and sensing data records of tea roasting

- A: batch information of tea
- B: records of tea information
- C: roasting program
- D: data of sensor



圖四、茶葉烘焙遠端監測溫濕度圖  
 A：溫濕度曲線圖；B：溫濕度值顯示

Fig. 4. Temperature and humidity graphs of remote monitoring tea roasting

- A: temperature and humidity curve graphs
- B: values of temperature and humidity display

# Developments of Remote Monitoring System of Tea Roasting Machine

Cheng-Hou Chang<sup>1,\*</sup>      Jih-Chih Lin<sup>2</sup>      Tien-Lin Liu<sup>3</sup>

## Summary

The tea roasting operations are mainly used cabinet-type electric roasting machine, which is time-consuming and labor-intensive because it needs manpower to operate and record roasting parameters for a long time and the tea roasted quality affected by personnel fatigue. Due to operating time and space constraints of the roasting machine, manpower cannot be used effectively, so it is necessary to improve. This study re-designed the structure of the traditional tea roasting machine, and integrated information communication and automatic control technology to develop a new type of tea roasting machine with monitoring system, the prototype machine which main size of 79×65×162 cm and tea roasting capacity about 25 kg, the monitoring system uses RS-485 transmission and 4G-LTE wireless communication module to integrate human-machine interface and automatically transmit and store data to cloud computer. The operator can remotely monitor the status of the roasting machine, operating parameters and sensing data in real time, download and analyze the historical data, and can set or adjust parameters of machine according to the needs. The new type of tea roasting machine can improve the functionality and convenience of tea roasting operations and reduce the manpower and operation time to achieve the purpose of saving labor and time.

**Key words:** Tea, Roasting machine, Human machine interface, Remote monitoring

---

1. Associate Researcher, Tea Research and Extension Station, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

2. Chief of Industry Service Section, Tea Research and Extension Station, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

3. Chief of Tea Machinery Section, Tea Research and Extension Station, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

\* Corresponding author.