文山包種茶科學化分級指標之研究

郭芷君[1] 黃雅柔[2] 黃宣翰[1] 楊美珠[1,*]

摘 要

文山包種茶為新北市坪林區之特色茶，屬於清香型條形包種茶，專業評審員依茶葉之外觀、水色、香氣、滋味、葉底之品質進行分級。為建立文山包種茶科學化分級指標，蒐集 108 年春季比賽茶不同級別茶樣進行成分與水色分析，試驗結果顯示：茶樣其茶湯水色紅綠值（a*）越高、茶胺酸與總游離胺基酸的比值越低，則等級有降低的趨勢，並且以此 2 指標可顯著區分出入等茶樣，然優良與淘汰茶樣則無法有良好分離效果，故進一步進行揮發性有機化合物之分析，分析結果顯示，Benzaldehyde、2-Ethylhexan-1-ol、Benzeneacetaldehyde、3-methylbutyl hexanoate、β-Pinene、Geranyl butyrate 及 Dodecane 可做為指標性成分，有效區分優良與淘汰茶樣。綜合前述試驗結果，選擇屬於負向指標的 ß-pinene 及 2-Ethylhexan-1-ol，並搭配 a*、茶胺酸與總游離胺基酸的比值便可有效區分不同等級之文山包種茶，故此等指標可作為科學化分級之參考依據。

關鍵字：文山包種茶、品質、化學成分、揮發性有機化合物

前 言

文山包種茶為輕度發酵的清香型條形部分發酵茶類，現今於新北市石碇區、坪林區、平溪區、深坑區等為主要產區，以青心烏龍為主要品種。成品外觀鮮活墨綠、條索緊結、捲曲，水色蜜綠帶黃、澄清明亮，入口滋味圓滑甘醇有活性，以新鮮、具幽雅撲鼻的花香味為上品。其製程為茶菁採摘後進行日光萎凋、室內萎凋與攪拌、炒菁、揉捻與乾燥。

全球現行之茶葉品質訂定幾乎多數仰賴感官品評，茶葉感官品評定是依據評審人員的視覺、嗅覺、味覺及觸覺來審評茶葉品質的優劣，藉由聞審茶杯之葉底，鑑別出濃、淡、純、濁、菁、悶等氣味，再由茶湯分辨湯質之甘醇、苦澀、濃稠、淡薄、活性及刺激性，可快速評鑑出茶葉的色、香、味、形之優劣，並可敏銳地判別出茶葉品質異常現象或儀器難以檢測之特性風味（阮，1995）。坪林區每年固定於春冬兩季舉辦優良茶比賽，依品質分為特等、頭等、貳等、參等、優良及淘汰。

茶葉化學成分含量如兒茶素類、胺基酸、咖啡因及黃酮類等與茶湯滋味關係密切，而感官品評是當今訂定茶葉品質之重要依據（張等，2015），故茶葉的化學成分與品質有顯著性關聯（甘，1985；Liang et al., 2003, 2005），其中兒茶素類與全氮物之多寡會影響茶葉香氣、滋味、水色與色澤等，與茶葉品質具極重要之相關性（吳與吳，1979；Chen et al., 2015）。日本煎茶之維他命 C、可溶分、

1. 行政院農業委員會茶業改良場 助理研究員、助理研究員、副研究員兼課長。臺灣 桃園市。
2. 中原大學化學系 碩士生。臺灣 桃園市。
* 通訊作者。

全氮量、總游離胺基酸及茶胺酸等主要成分含量越高則煎茶品質越佳（Fukatsu & Hara, 1971; Nakagawa, 1975），且胺基酸類可貢獻 70%的甘味（Nakagawa, 1975），研究並指出煎茶價格與總氮、總游離胺基酸、茶胺酸及特定胺基酸含量具顯著正向線性關係（Mukai et al., 1992; Yan, 2005）；郭等 (2015) 研究指出：整合三峽碧螺春綠茶春冬兩季比賽茶茶樣，入選者茶湯所含總游離胺基酸、總酯型兒茶素類與個別兒茶素 EGCG （epi-gallocatechin gallate）含量皆顯著高於淘汰者，等第排名與總游離胺基酸、總酯型兒茶素類、沒食子酸、EGC （epi-gallocatechin）、EGCG 呈顯著正相關。烏龍茶等級越高其茶胺酸、全氮量和多元酚類含量越高（Takayanagi et al., 1984; Syu et al., 2008），蔡等（1990）指出茶湯中游離胺基酸和游離型兒茶素類含量對烏龍茶之品質有正相關，至於酯型兒茶素類與咖啡因含量則有負相關；非洲生產之紅茶其拍賣價格則與茶黃質類具關連性（Hilton and Ellis, 1972）。

茶葉之揮發性有機化合物（Volatile organic compounds, VOCs）與比賽茶等級具關連性。東方美人比賽茶得等者 (頭等獎、二等獎、三等獎) 的揮發性有機化合物組成中，反式-β-羅勒烯、芳樟醇氧化物及去氫芳樟醇的相對含量，都較未得等者高；而萜醇類化合物相對含量以得等者較高，而未得等者單萜類化合物相對含量較高；此外，比較得等組與優良組其特定揮發性有機化合物成分如芳樟醇及順、反芳樟醇氧化物、去氫芳樟醇、水楊酸甲酯及香葉醇，亦具明顯含量上的差異（林，2013）。

臺灣茶葉類別種類繁多，不同地區生產之特色茶追求之香氣、滋味亦有所差異，綠茶追求鮮爽活性、文山包種追求滋味甘滑與清香優雅、凍頂烏龍講究滋味醇厚回甘、紅茶講究滋味的收斂性（阮，1995），不同茶類之品質與成分含量變化勢必有所不同。

本研究蒐集 108 年不同級別之坪林文山包種茶春季比賽茶，探討化學成分與級別之關聯性，期可建立文山包種茶品質分級之科學指標，作為茶葉分級輔助設備開發之參考依據。

材料與方法

一、試驗材料：

(一) 茶樣：108 年新北市坪林區春季文山包種茶比賽茶樣，樣品 26 個：其中入等 12 個（頭等 4 個、貳等 5 個、參等 5 個）、優良 6 個、淘汰 6 個。

(二) 藥品試劑： (–)-epi-gallocatechin (EGC) (≥ 95%)、(–)-epi-catechin (EC) (≥98%)、(–)-epi-gallocatechin gallate (EGCG) (≥ 95%)，(–)-catechin (C) (≥ 98%)、(–)-gallocatechin gallate (GCG) (≥ 98%)、(–)-epi-catechin gallate (ECG) (≥ 98%)、(–)-gallocatechin (GC)(≥ 98%)、(–)-catechin gallate (CG) (≥ 98%)、沒食子酸 (gallic acid)、咖啡因 (caffeine)、茶胺酸（Theanine）、Polyvinylpolypyrrolidone（PVPP）皆購自 Sigma-Aldrich (USA) 公司。SnCl2 購自 Alfa Aesar (USA)。Ninhydrin、Acetonitrile (LC grade)、formic acid (LC grade, 85%)、Potassium sodium tartrate tetrahydrat、$FeSO_4 \cdot 7H_2O$、di-Sodium hydrogen phosphate dodecahydrate 及 Potassium dihydrogen phosphate 皆購自 Merck (Darmstadt, Germany)。Borate、o-phthalaldehyde (OPA)、9-Fluorenylmethyl chloroformate (FMOC) 皆購自 Agilent (USA) 公司。

二、試驗方法：

(一) 樣品萃取：茶樣以均質機磨粉處理後秤取 0.5 g 茶粉，以 45 mL 90℃ 熱水萃取 20 分鐘，抽氣過濾待冷卻並定量至 50 mL，每樣品重複萃取三次並進行分析，平均值作為該樣品

之分析結果。

(二) 化學分析：

1. 茶乾水分含量測定：取約 3 g 茶樣置於鋁盒中精秤至小數第三位，於 105 ℃烘箱乾燥至恆重後秤重，每個處理進行三重複。
2. 水色：以日本電色 NE4000 色澤分析儀測定，採用國際照明委員會定義之 CIELAB 色彩空間-L*a*b*，L*值越大表示茶湯越澄清明亮，反之越暗濁；a*值正值（>0）表示偏紅色，負值（< 0）表示偏綠色；b*值正值表示偏黃色，負值表示偏藍色。
3. 總游離胺基酸含量測定（Ikegaya and Masuda, 1986）：茶湯萃取液取 15 mL 加入 0.15 g 之 PVPP，充分混合 30 分鐘，以 Whatman #11 號濾紙過濾。濾液稀釋 4 至 5 倍後，取 1 mL，分別依序加入 0.5 mL 氯化亞錫溶液 （0.1 g 氯化亞錫加入 50 mL 2M pH 5.2 醋酸緩衝液)、0.5 mL Ninhydrin 試劑（3 g Ninhydrin 加入 100 mL 95%乙醇），充分混勻後以沸水進行水浴 15 分鐘，冷卻後加入 10 mL 50%酒精，以分光光度計測量 570 nm 之吸光值。
4. 總還原糖含量測定：取前項經過 PVPP 處理過之茶湯 1 mL，加入 3,5-二硝基水楊酸反應試劑（1 g 3,5-二硝基水楊酸、30 g 酒石酸鉀鈉酒石酸鉀鈉、1.6 g 氫氧化鈉，三藥品加入 100 mL 二次水攪拌至完全溶解），100℃水浴加熱 5 分鐘，冷卻後加入 6 mL 二次水充分混勻，以分光光度計測量 540 nm 之吸光值。
5. 個別兒茶素及咖啡因之 HPLC 分析條件：參考中華民國國家標準 (CNS) 15022 類號 N6384「食品檢驗法-兒茶素之測定」之層析條件，根據實際分析結果調整後確立本試驗分析條件 (經濟部標準檢驗局，2006)。

（1）管柱：Merck CART 250-4 PUROSPHER STAR RP-18(E) 5 μm

（2）Detector: Agilent 1260 DAD、Wave length: 280 nm、Injection volume: 10 μL。

（3）Eluent A: 0.1% formic acid、Eluent B: acetonitrile、Flow rate: 1 mL/min，層析分離的梯度變化為自 0 分鐘到 5 分鐘，以 A：B = 100:0 比例線性變化至 A:B = 90:10，維持該比例不變至 15 分鐘，接著以線性變化至 A:B = 80:20 至 29 分鐘，以線性變化至 A:B = 78:22 至 35 分鐘，以線性變化至 A:B = 75:25 至 40 分鐘。

6. 茶胺酸含量測定（Henderson et al., 2000）：

（1）管柱 The Zorbax Eclipse-AAA column150-mm length columns 5μm。

（2）Detector: Aglient 1260 Fluorescence Detector、Wave length: 338 nm、Injection volume: 10 μL。

（3）Eluent A: 10 mM Ammonium ethanoate、Eluent B: methanol: acetonitrile: water = 45:45:10、Flow rate: 2 mL/min。

7. 揮發性有機化合物分析條件：以 HP-Agilent 5890 GC 串接 5975B MSD（Agilent, USA）氣相層析質譜儀進行分析，使用分析管柱為 HP-5MS （30 m x 0.25 mm ID），取 0.1 g 茶樣置於樣品瓶中，每處理三重複，以 60℃ 加熱 15 分鐘，以固相微萃取纖維（solid phase microextraction fiber, SPME, DVB/ CARBOXEN/ PDMS, Supelco, USA），萃取頂空揮發性成分 15 分鐘。注射口溫度 210℃，注射進樣分流。升溫起始條件為 35℃，維持 1 分鐘後以每分鐘 15℃升溫至 120℃，再以每分鐘 6℃升溫至 220℃，持續 2 分鐘後結束。載留氣體為高純度氦氣（He 99.999%），流速每分鐘 1 mL，質譜條件的離子化為電子撞擊法（EI），撞擊電子動能為 70 eV，質量掃瞄範圍 50~450 amu；離子源溫度為 200℃，連接口溫度為 280℃。標準質譜比對採用質譜檢索資料庫 Wiely 275 與 NIST05。

三、數據統計：

將比賽茶分為三種模式進行統計分析，包含 2 等級（入選、淘汰，入選包含頭等、貳等、參等、優良）、3 等級（入等、優良、淘汰，入等包含頭等、貳等、參等）及 5 種等級（頭等、貳等、參等、優良、淘汰）分類方式，各項成分含量以統計軟體 CoStat (version 6.400) 進行變異數 (ANOVA)、回歸分析 (Correlation) 及 Fisher's least significant difference test 之統計分析，並以統計軟體 XLSTAT (BASIC 2021.5.1 version) 進行主成分分析。

結果與討論

為探討比賽茶不同等第分級間茶湯水色與各項成分的差異性，將茶樣分類方法分為三種，第一種分類法將比賽茶分為 2 種等級：入選（包含頭等、貳等、參等及優良）及淘汰，主要針對淘汰茶樣特性進行探討；第二種分類法考量比賽茶等級當中「優良」等第占了入選茶樣最大宗，因此，將入選茶樣拆分為入等（包含頭等、貳等及參等）與優良，探討入等、優良與淘汰茶樣的差異性；第三種則維持原本比賽分級，分為頭等、貳等、參等、優良及淘汰 5 種等級。

一、水色：

探討文山包種茶不同等級其分群與茶湯水色的關聯性，分析結果顯示（表一）：文山包種茶其 2 等級分法與水色的紅綠值（a*）有顯著性負相關（$p<0.001$）；3 等級分法與水色的紅綠值與藍黃值（b*）有顯著性負相關（分別為 $p<0.001$ 與 $p<0.01$），5 等級分法與水色的明亮值（L*）為正相關（$p<0.05$）、紅綠值及藍黃值皆為顯著性負相關（$p<0.001$ 與 $p<0.05$），顯示茶湯水色偏黯淡且紅黃者其等級較低。

比較 2 種等級茶樣水色值（表二），文山包種茶其入選茶樣之紅綠值顯著低於淘汰茶樣 73.70%（$p<0.01$），明亮度與藍黃值則無顯著性差異，顯示文山包種茶淘汰茶樣，其水色顯著較入選茶樣偏紅，此結果符合文山包種茶茶湯需符合「水色蜜綠帶黃」之要求；比較 3 種等級茶樣水色（表二），以入等茶樣明亮度最高（$p<0.05$），紅綠值與藍黃值最低（分別為 $p<0.001$ 與 $p<0.05$），優良與淘汰茶樣無顯著性差異，顯示入等茶樣較優良茶樣湯色更為明亮，而優良茶樣則較入等茶樣略黃。再細部比較 5 種等級茶樣水色（表二），可發現紅綠值以頭等與貳等最小、其次為參等、再次為優良，淘汰最大，顯示茶湯水色隨著等第越低越有偏紅的趨勢。

綜上顯示，以茶湯水色的紅綠值（a*）在不同分群效果下皆具有最佳分級之效果，紅綠值越高，其等級有降低的趨勢。

二、化學成分與其比值：

探討文山包種茶不同等級其分群與化學成分之相關性，分析結果顯示（表一）：3 等級分法與總游離胺基酸有顯著性負相關（$P<0.05$）；5 等級分法與總兒茶素類、總還原糖含量及總兒茶素類含量與總游離胺基酸的比值（Total catechins / Total free amino acids, TC/FAA）皆有顯著性正相關（皆為 $p<0.05$），進一步比較不同等級分群中各等級化學成分含量差異性（表三），5 等級分法與總兒茶素類、咖啡因含量及 TC/FAA 亦達顯著性差異（$P<0.05$），此與前人研究烏龍茶等級越高其多元酚類含量越高趨勢雷同（Takayanagi et al., 1984; Syu et al., 2008），又還原糖含量與碧螺春綠茶等第具正相關之趨勢亦與本試驗相同（郭等，2021）。

文山包種茶比賽會於感官品評中，評比外觀時，倘若梗多、外型粗老，其外觀會獲得較低的評價，茶梗的胺基酸含量相較於葉芽多（郭等，2017），因此，總游離胺基酸與等第關聯性呈現負相

關，且茶梗與粗老葉其兒茶素類含量亦較低（吳與葉，1977），並且於比賽會當中，若茶樣花香足夠且無不良風味者，評審會針對滋味、口感足夠的茶樣給予較高的名次，故解釋了總兒茶素類、TC/FAA 與級別呈正相關的原因。

試驗顯示茶菁隨著靜置萎凋時間增加，其總游離胺基酸隨時間推移增加，茶胺酸則逐漸減少（郭等，2017），於包種茶攪拌與靜置過程，茶胺酸含量無顯著變化趨勢，其他胺基酸類多半為增加的趨勢，烏龍茶於攪拌製程則茶胺酸含量會減少，其他胺基酸類增加幅度較包種茶為大，並被認為與茶葉呼吸作用、蛋白質水解及逆境調控有關（張等，1995），因此，以茶胺酸與總游離胺基酸含量的比值（Theanine / Total amino acids, TAA/FAA）進行探討。於碧螺春綠茶製程過程當中，萎凋為該茶類重要的製程，萎凋時間越久，游離胺基酸增加、茶胺酸減少，則該比值會越小，春季三峽碧螺春綠茶比賽茶該比值以淘汰者 0.30±0.04 顯著高於入選者 0.23±0.03 （$p<0.001$，郭，2021，未發表資料），總游離胺基酸以入選者為高，淘汰者為低，則該比值會下降；文山包種茶則反之，以入選者 0.46±0.06 顯著高於淘汰者 0.37±0.14（$p<0.05$），依據張等（1995）研究，發酵程度較重的烏龍茶相較於該試驗的包種茶其茶胺酸含量會顯著減少且其他胺基酸含量大幅增加，故 TAA/FAA 於發酵程度較重的情況下會較小，故推測比賽茶發酵程度偏向烏龍茶者，其受到淘汰的機會較高。又文山包種茶其 TAA/FAA 在 3 種等級分法皆具有顯著性正相關，同時在碧螺春綠茶亦具有良好分級效果，顯示 TAA/FAA 不論在碧螺春綠茶或是文山包種茶皆具有作為判定級別的潛力。

依據先前試驗選擇水色相關性最高的紅綠值，成分則選擇 TAA/FAA，做點狀分布圖（圖一），可以發現碧螺春綠茶與文山包種茶顯著分為兩群，顯示此 2 項參數便可作為茶類判別的基礎。再者，以 3 等級分法，碧螺春綠茶入等者、優良者及淘汰者可有效且顯著的分群，於文山包種茶部份，則以入等者具有顯著群聚現象，然優良與淘汰者分群效果尚須改善，考量文山包種茶以香氣著稱，故進一步進行揮發性有機化合物之分析試驗。

三、揮發性有機化合物

針對文山包種茶之揮發性有機化合物進行分析，並探討其相關性，其中 Benzaldehyde、2-Ethylhexan-1-ol、Benzeneacetaldehyde、3-methylbutyl hexanoate、β-Pinene、Geranyl butyrate 及 Dodecane 是具有顯著相關性的（表三），2-Ethylhexan-1-ol 與 β-Pinene 為負相關性，針對等第分群可視為負面指標，餘為正相關，可視為正向指標。

負項指標的 2-Ethylhexan-1-ol 與 β-Pinene 在 2 等級分法時期負相關性分別高達 -0.627（$P<0.001$）與 -0.656（$P<0.001$），顯示茶樣是否淘汰與此二個負面指標相關性極高，黃（2020）研究指出：茶葉的負面香氣指標相較於正面指標在判斷品質上可能更為重要，因此，倘若帶有松節油味的 ß-pinene 與帶有油膩水果味的 2-Ethylhexan-1-ol（林，2013，Burdock, 2005; Robinson & Owuor, 1992; Wang et al., 1994; Wang et al., 2008; Wang et al., 2011）含量較高，對於講求清揚花香的文山包種茶若出現木質調或油膩味，會是負面風味的效果，故此類茶樣會受到淘汰。

針對前述指標性揮發性有機化合物以 3 等級分法進行主成分分析（圖二），可發現淘汰茶樣（P3）顯著集中於第二象限，並且與負面指標 β-Pinene 位於同一象限，而入等茶樣（P1）多數（78%）集中於第一、第四象限，並且與 5 個正向指標在同一個方向，Benzaldehyde（杏仁、櫻桃）、Benzeneacetaldehyde （蜂蜜、花香）、3-methylbutyl hexanoate （蘋果、鳳梨）、Geranyl butyrate （玫瑰、甜）及 Dodecane （林，2013，Robinson & Owuor, 1992，Wang et al., 1994; Wang et al., 2008, Wang et al., 2011），而優良茶樣（P2）則多半集中或靠近於第三象限，介於正向與負向指標的中間位置。

考量 3 等級分法以水色與成分可有效區分入等（P1）茶樣（圖一），揮發性有機化合物則可有效區分淘汰茶樣（P3），故結合水色、成分及揮發性有機化合物進行主成分分析，揮發性有機化合

物僅挑選負向指標 ß-pinene 及 2-Ethylhexan-1-ol，便得以有效區分 3 種等級之茶樣（圖三）。

結 論

比賽茶的分級取決於感官品評的結果，而感官品評的標準則顯著影響著茶樣的化學成分含量與揮發性有機化合物組成，文山包種茶茶湯水色、茶湯之總兒茶素類、總游離胺基酸、茶胺酸、總還原糖含量，以及特定的揮發性有機化合物包含 Benzaldehyde、2-Ethylhexan-1-ol、Benzeneacetaldehyde、3-methylbutyl hexanoate、β-Pinene、Geranyl butyrate 及 Dodecane 可做為指標性成分，並且負向指標如 β-pinene 及 2-Ethylhexan-1-ol 相較於正性指標能更快速的篩選出風味不良的茶樣，此趨勢符合感官品評於淘汰茶樣時，主要以負面風味作為判定依據。綜整本試驗結果，以紅綠值（a*）、TAA/FAA、β-pinene 及 2-Ethylhexan-1-ol 可作為新北市坪林文山包種春季比賽茶分級參考指標。然本研究因經費與時間考量，故僅以 108 年春茶茶樣作為初步分析對象，建立初期品質參考指標，考量每年氣候變遷與差異性，針對不同年度茶樣進行分級探討有待後續研究。

參考文獻

1. 甘子能. 1985. 製茶原理的生化觀. 食品工業 17(7): 25-37。
2. 阮逸明. 1995. 茶葉品質鑑定法. 茶業技術推廣手冊. 茶業改良場 pp. 45-61。
3. 吳振鐸，吳傑成. 1979. 探討總兒茶素類與全氮兩者之含量，對茶樹全年生育期間，不同生長部位，不同採摘法，及不同製法之關係. 茶業改良場 67 年報 pp. 97-99。
4. 吳振鐸、葉速卿. 1977. 茶芽各部位胺基酸含量分析. 茶業改良場 65 年報 pp. 98-99。
5. Fukatsu, S. and Hara, T. 1971. Studies on Packaging of Green Tea (Part 1). Tea Research Journal 36: 36-40.
6. 林書妍. 2013. 部分發酵茶茶菁、製程及成茶中可溶性化學成分與揮發性有機化合物之研究. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系博士論文。
7. 張如華、阮逸明、蔡永生. 1995. 茶葉主要化學成分於製茶過程中之變化及其對品質之影響. 農業試驗所特刊 56：120-148。
8. 郭芷君、潘嬿茹、楊美珠、陳柏安、陳國任. 2015. 臺灣碧螺春比賽茶等級與化學成分含量間關係之探討. 2015 臺灣國際茶文化創意與科技論壇論文集. pp.91.
9. 郭芷君、邱喬嵩. 2017. 高茶胺酸茶加工製程技術之研發. 茶業改良場 105 年年報 pp. 141-143。
10. 張英娜、陳根生、劉陽、許勇泉、汪芳、陳建新、尹軍峰. 2015. 烘青綠茶苦澀味及其滋味貢獻物質分析. 茶葉科學 35(4): 377-383。
11. 黃宣翰. 2020. 不同包裝方式對佳葉龍茶貯藏品質及相關化學成分之影響. 茶業改良場 108 年年報 pp. 180-189。
12. 經濟部標準檢驗局. 2006. 食品檢驗法－兒茶素之測定. 中華民國國家標準 (CNS) 15022 類號 N6384。
13. 蔡永生、區少梅、張如華. 1990. 不同品種包種茶官能品質與化學組成之特徵與判別分析. 臺灣茶業研究彙報 9: 79-97。
14. Henderson, J. W., Ricker, R. D., Bidlingmeyer, B. A. and Woodward, C. 2000. Rapid, accurate, sensitive, and reproducible HPLC analysis of amino acids. Agilent Technologies.

15. Hilton, P. J. and Ellis, R. T. 1972. Estimation of the market value of Central African tea by theaflavin analysis. J. Sci. Food Agricul. 23(2): 227-232.
16. Ikegaya, K. and M. Masuda. 1986. A new simple determination method of total amino acid in tea. Tea Research Journal 63: 35-36.
17. Liang, Y. R., Lu, J. L., Zhang, L. Y., Wu, S. and Wu, Y., 2003. Estimation of black tea qualityby analysis of chemical composition and colour difference of tea infusions. Food Chem. 80, 283–290.
18. Liang, Y. R., Zhang, L. Y. and Lu, J. L., 2005. A study on chemical estimation of pu-erh tea quality. J. Sci. Food Agric. 85: 381–390.
19. Mukai, T., Horie, H., and Goto, T. 1992. Differences in free amino acids and total nitrogen contents among various prices of green tea. Tea Research Journal 76: 45-50.
20. Nakagawa, M., 1975. Chemical Components and Taste of Green Tea. JARQ 9 (3), 156-160.
21. Robinson, J. and Owuor, P. 1992. Tea aroma. In K. C. Willson, & M. N. Clifford (Eds.). Tea. pp. 603–647.
22. Syu, K. Y., Lin, C. L., Huang, H. C.and Lin, J. K. 2008. Determination of theanine, GABA, and other amino acids in green, oolong, black, and Pu-erh teas with dabsylation and high-performance liquid chromatography. J. Agricul. Food Chem. 56(17): 7637-7643.
23. Takayanagi, H., Anan, T., Ikegaya, K., Nakagawa, M., 1984. Chemical Composition of Oolong Tea and Pouchung Tea. Tea Research Journal 60: 54-58.
24. Wang, D., Ando, K., Morita, K., Kubota, K. and Kobayashi, A. 1994. Optical isomer of linalool and linalool oxides in tea aroma. Biosci. Biotechnol. Biochem. 58 (11): 2050-2053.
25. Wang, L. F., Lee, J. Y., Chung, J. O., Baik, J. H., So, S. and Park, S. K. 2008. Discrimination of teas with different degrees of fermentation by SPME–GC analysis of the characteristic volatile flavour compounds. Food Chem. 109(1): 196-206.
26. Wang, Y. Y., Li, B. Q. Qin, G. Z. Li, L. and Tian, S. P. 2011. Defense response of tomato fruit at different maturity stages to salicylic acid and ethephon. Sci. Horticul. 129: 183-188.
27. Yan, S. H. 2005. Evaluation of the composition and sensory properties of tea using near infrared spectroscopy and principal component analysis. J. Near Infrared Spectroscopy, 13(6): 313-325.

表一、不同等級文山包種茶湯化學成分與不同級別分群間之相關性

Table 1 The correlation of chemical components of Wen-Shan Paochong Tea with different grades

成分 \分群方式 [1]	2 等級	3 等級	5 等級
L*	ns	ns	ns
a*	-0.525** [2]	-0.702***	-0.743***
b*	ns	-0.516**	-0.535*
Total catechins	ns	ns	0.421*
Total free amino acids	ns	-0.439*	ns
Theanine	ns	ns	ns
Gallic acid	ns	ns	ns
Caffeine	ns	ns	ns
Total reducing sugars	ns	ns	0.466*
Total catechins/Total free amino acids	ns	0.431*	0.499*
Theanine /Total free amino acids	0.436*	0.462*	0.507*

1. 2 等級：茶樣等級分為入選與淘汰，入選茶樣包含頭等、貳等、參等及優良等級；3 等級：茶樣等級分為入等、優良及淘汰，入等茶樣包含頭等、貳等及參等；5 等級：茶樣等級分為頭等、貳等、參等、優良及淘汰
2. *表示 $p < 0.05$；**表示 $p < 0.01$；*** 表示 $p < 0.001$；ns 表示無顯著性差（non-significant）。

表二、不同等級文山包種茶分群及茶湯水色之比較

Table 2 The tea liquid color of Wen-Shan Paochong Tea with different grades

（一）

等級\水色	L*	a*	b*
入選[1]	96.66 ± 0.67[2] a	-0.41 ± 0.13 b	8.50 ± 1.31 a
淘汰	96.56 ± 0.79 a	-0.23 ± 0.21 a	9.44 ± 1.92 a

1. 入選茶樣包含頭等、貳等、參等及優良等級。
2. 同一欄位平均值後方標示相同字母者表示未達顯著性差異 (P>0.05) 。

（二）

等級\水色	L*	a*	b*
入等[1]	97.12 ± 0.51[2] a	-0.52 ± 0.09 b	7.65 ± 1.05 b
優良	96.21 ± 0.59 b	-0.29 ± 0.08 a	9.35 ± 1.18 a
淘汰	96.56 ± 0.79 ab	-0.23 ± 0.21 a	9.44 ± 1.92 a

1. 入等茶樣包含頭等、貳等及參等等級。
2. 同一欄位平均值後方標示相同字母者表示未達顯著性差異 (P>0.05) 。

（三）

等級\水色	L*	a*	b*
頭等	97.33 ± 0.80[1] a	-0.59 ± 0.05 c	7.16 ± 1.93 a
貳等	97.03 ± 0.40 a	-0.53 ± 0.06 c	7.90 ± 0.39 a
參等	97.00 ± 0.49 a	-0.44 ± 0.08 bc	7.90 ± 0.99 a
優良	96.21 ± 0.59 a	-0.29 ± 0.08 ab	9.35 ± 1.18 a
淘汰	96.56 ± 0.79 a	-0.23 ± 0.21 a	9.44 ± 1.92 a

1. 同一欄位平均值後方標示相同字母者表示未達顯著性差異 (P>0.05)。

表三、不同等級文山包種茶湯化學成分含量

Table 3 The chemical components of Wen-Shan Paochong Tea with different grades

分群\成分	總兒茶素 (mg/g)	總游離胺基酸 (mg/g)	茶胺酸 (mg/g)	咖啡因 (mg/g)	沒食子酸 (mg/g)	總還原糖 (mg/g)	TC/FAA	TAA/FAA
入選[1]	115.13 ± 28.06 **a**[3]	21.14 ± 4.73 **a**	9.78 ± 2.58 **a**	23.81 ± 5.99 **a**	0.23 ± 0.04 **a**	38.04 ± 4.64 **a**	5.73 ± 1.99 **a**	0.46 ± 0.06 **a**
淘汰	106.09 ± 8.13 **a**	26.14 ± 8.07 **a**	8.94 ± 3.06 **a**	22.55 ± 3.12 **a**	0.28 ± 0.10 **a**	36.33 ± 5.40 **a**	4.33 ± 1.11 **a**	0.37 ± 0.14 **b**
入等[2]	120.00 ± 31.55 **a**	20.07 ± 3.45 **b**	9.48 ± 1.99 **a**	24.58 ± 6.90 **a**	0.23 ± 0.04 **a**	39.50 ± 4.25 **a**	6.17 ± 2.06 **a**	0.47 ± 0.06 **a**
優良	103.75 ± 13.48 **a**	23.62 ± 6.61 **ab**	10.47 ± 3.77 **a**	22.00 ± 2.70 **a**	0.22 ± 0.04 **a**	34.62 ± 3.86 **b**	4.71 ± 1.49 **ab**	0.44 ± 0.04 **ab**
淘汰	106.09 ± 8.13 **a**	26.14 ± 8.07 **a**	8.94 ± 3.06 **a**	22.55 ± 3.12 **a**	0.28 ± 0.10 **a**	36.33 ± 5.40 **ab**	4.33 ± 1.11 **b**	0.37 ± 0.14 **b**
頭等	147.65 ± 48.85 **a**	19.83 ± 2.76 **a**	10.56 ± 1.64 **a**	30.64 ± 10.27 **a**	0.23 ± 0.05 **a**	41.85 ± 4.75 **a**	7.64 ± 3.12 **a**	0.53 ± 0.04 **a**
貳等	104.48 ± 16.68 **b**	20.94 ± 3.83 **a**	9.22 ± 2.27 **a**	20.80 ± 3.50 **b**	0.23 ± 0.02 **a**	39.84 ± 5.04 **ab**	5.14 ± 1.26 **b**	0.44 ± 0.06 **ab**
參等	113.40 ± 6.94 **b**	19.40 ± 4.08 **a**	8.87 ± 1.98 **a**	23.51 ± 2.70 **b**	0.24 ± 0.05 **a**	37.29 ± 2.10 **ab**	6.04 ± 1.20 **ab**	0.46 ± 0.05 **ab**
優良	103.75 ± 13.48 **b**	23.62 ± 6.61 **a**	10.47 ± 3.77 **a**	22.00 ± 2.70 **b**	0.22 ± 0.04 **a**	34.62 ± 3.86 **b**	4.71 ± 1.49 **b**	0.44 ± 0.04 **ab**
淘汰	106.09 ± 8.13 **b**	26.14 ± 8.07 **a**	8.94 ± 3.06 **a**	22.55 ± 3.12 **b**	0.28 ± 0.10 **a**	36.33 ± 5.40 **ab**	4.33 ± 1.11 **b**	0.37 ± 0.14 **b**

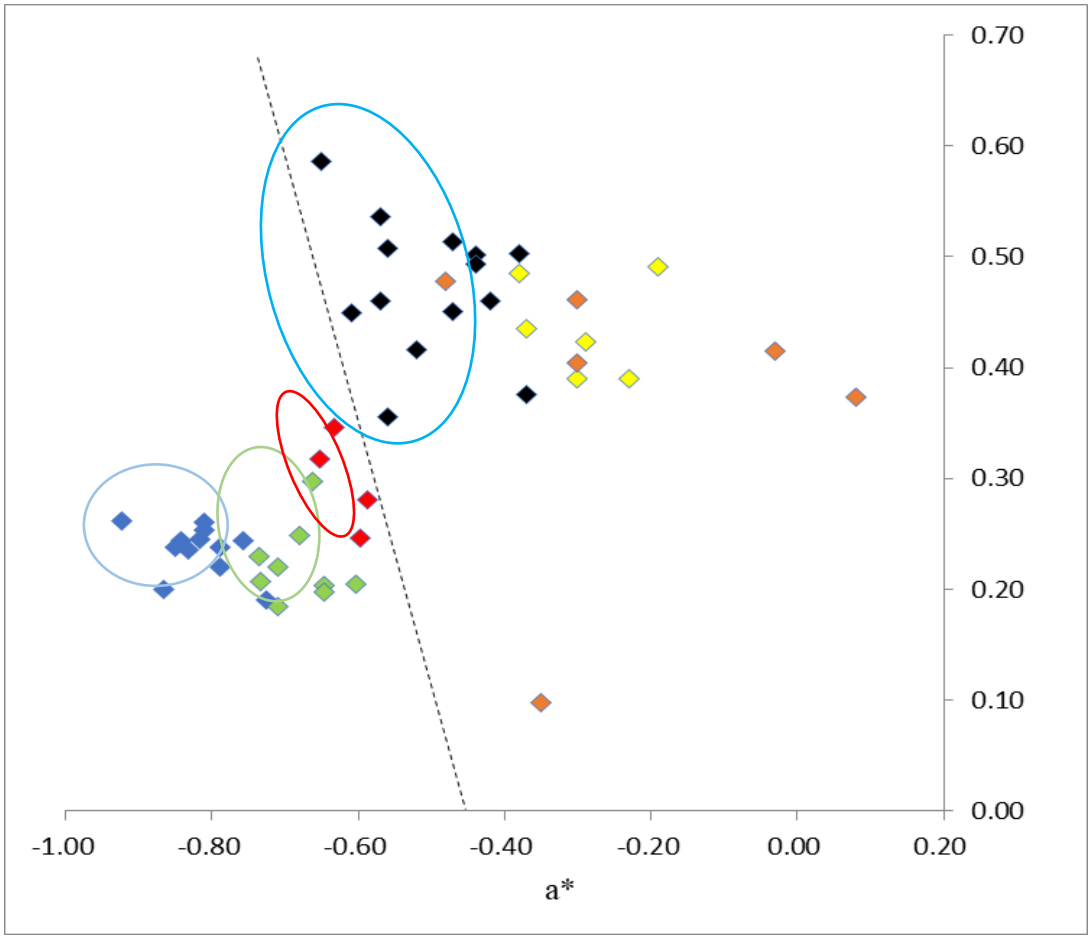
1. 入選茶樣包含頭等、貳等、參等及優良等級。
2. 入等茶樣包含頭等、貳等及參等等級。
3. 同一欄位平均值後方標示相同字母者表示未達顯著性差異 (P>0.05)。

表四、不同等級文山包種茶揮發性有機化合物與不同級別分群間之相關性

Table 4 The correlation of volatile organic compounds of Wen-Shan Paochong Tea with different grades

揮發性有機化合物\分群 [1]	two grades	three grades	five grades	note
Benzaldehyde	ns	0.438* [2]	0.452*	sweet almond cherry
2-Ethylhexan-1-ol	-0.627***	-0.456*	ns	oily fatty fruity
Benzeneacetaldehyde	ns	0.446*	0.507**	green sweet floral honey
3-Methylbutyl hexanoate	ns	0.411*	0.419*	banana apple pineapple green
β-Pinene	-0.656***	-0.572**	-0.468*	woody fresh pine hay green
Geranyl butyrate	0.468*	0.531**	0.392*	sweet fruity rose raspberry
Dodecane	0.476*	0.498**	0.59**	gasoline-like to odorless

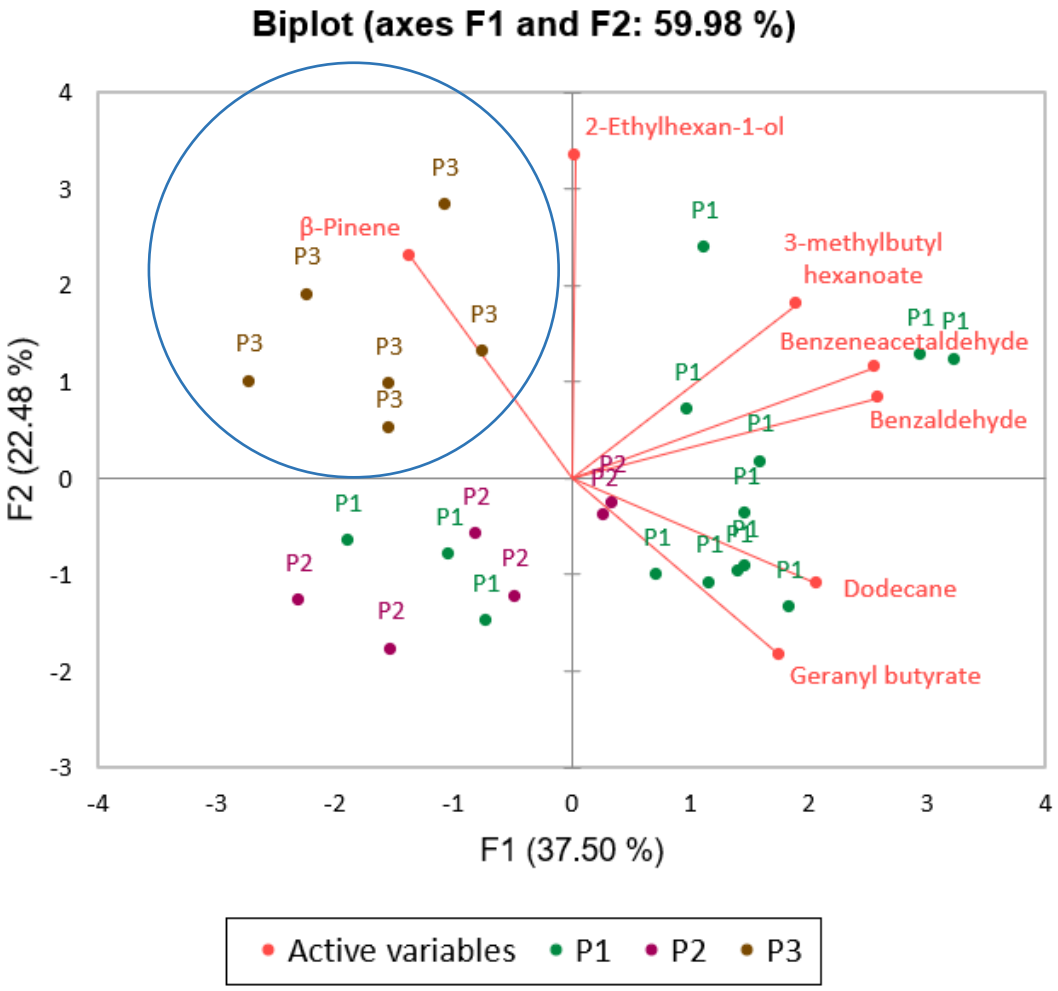
1. 2 等級：茶樣等級分為入選與淘汰，入選茶樣包含頭等、貳等、參等及優良等級；3 等級：茶樣等級分為入等、優良及淘汰，入等茶樣包含頭等、貳等及參等；5 等級：茶樣等級分為頭等、貳等、參等、優良及淘汰
2. *表示 $p < 0.05$；**表示 $p < 0.01$；*** 表示 $p < 0.001$；
ns 表示無顯著性差異（non-significant）。



圖一、碧螺春綠茶與文山包種茶之比賽茶等級與紅綠值（a*）、TAA/FAA 比值分布圖

Fig. 1. The distribution graph of a* and TAA/FAA of Bi-Luo-Chun Green tea and Wen-Shan Paochong tea from the competition

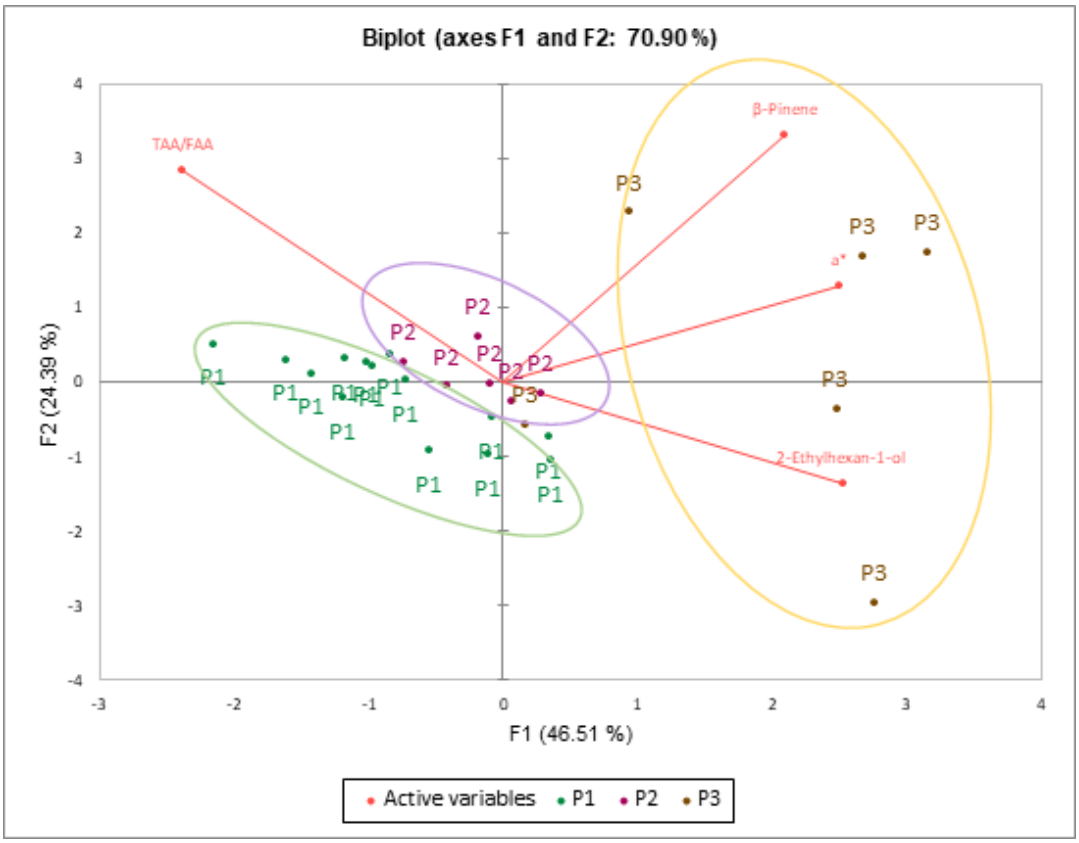
藍色 ：碧螺春綠茶頭獎、金獎及銀獎
綠色 ：碧螺春綠茶優良
紅色 ：碧螺春綠茶淘汰
黑色 ：文山包種茶頭等、貳等及參等
黃色 ：文山包種茶優良
橘色 ：文山包種茶淘汰



圖二、不同等級文山包種茶揮發性有機化合物主成分分析圖

Fig. 2. The principal components analysis of volatile organic compounds of Wen-Shan Paochong tea with different grades

(P1：頭等、貳等、參等；P2：優良；P3：淘汰)



圖三、不同等級文山包種茶關鍵指標主成分分析圖

Fig. 3 The principal components analysis of key indicator of Wen-Shan Paochong tea with different grades

(P1：頭等、貳等、參等；P2：優良；P3：淘汰)

Research on Scientific Grading Indicator of Wenshan Paochong Tea

Chih-Chun Kuo[1] Ya-Jou Huang[2] Hsuan-Han Huang[1] Meei-Ju Yang[1,*]

Summary

Wenshan Paochong tea is a unique tea in Pinglin District, New Taipei City. It belongs to the fragrant strip-shaped Paochong tea. Professional tea tasters grade the tea according to the qualities of tea appearance, liquid color, aroma, taste, and the infused tea leaves. In order to establish the scientific grading indicator of Wenshan Paochong tea, different grades of tea samples from the 2019 spring competition were collected for composition and liquid color analysis. The results show that if the tea sample has the higher a* value of liquid color and the lower ratio of theanine to total free amino acids, the grade would be lower. These two indicators can significantly distinguish the tea samples of awarded tea, but the merit award and eliminated tea samples couldn't have a good separation effect. Therefore, we further analyzed the volatile organic compounds. The results show that Benzaldehyde, 2-Ethylhexan-1-ol, Benzeneacetaldehyde, 3-methylbutyl hexanoate, β-Pinene, Geranyl butyrate and Dodecane can be used as indicator components, which can effectively distinguish the merit award tea samples from the eliminated tea samples. Based on the above research results, the negative indicators ß-pinene and 2-Ethylhexan-1-ol are selected, and the value of a*, the ration of theanine to total free amino acids can be used to effectively distinguish the different grades of Wenshan Paochong tea. Therefore, these indicators can be used as a reference basis for scientific grading.

Key words: Wenshan Paochong tea, Quality, Chemical composition, Volatile organic compounds

1. Assistant Researcher, Assistant Researcher, Associate Researcher & Section Chief, Tea Research and Extension Station, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

2. Master, Department of Chemistry, Chung Yuan Christian University, Taoyuan, Taiwan, R.O.C.

* Corresponding author.