

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝暨景觀學系

碩士論文

Department of Horticulture and Landscape Architecture

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

炒菁前茶菁含水率對綠茶品質之影響

The Effect of Fresh Leaves Moisture Content before
Panning on Quality of Green Tea

王瑞娟

Ruei-Jyuan Wang

指導教授：陳右人 教授

Advisor: Iou-Zen Chen, Prof.

中華民國 111 年 8 月

Aug, 2022

誌謝

回想剛入學時的忐忑不安，重回校園後有好多的無所適從，謝謝陳老師、阮老師的教導以及關懷，使我的課業慢慢步入軌道。感謝曾阿姨、駱小姐、美玲姐以及美美，讓我在研究生的生活中，充滿了溫馨與小確幸。當然還有炒茶的時候來幫助我的洪毓翔學長、小廖學姐、雙君學姐、柚子、創元、子欣，每一次都要做到半夜，甚至有次一直到清晨 5 點才結束，真的謝謝你們的情義相挺！也感謝一直以來陪在我身邊的博中，不管是在生活上還是課業上，幫我解決很多疑惑及難題，並且包容我的一切！

最後要感謝無條件在背後支持著我的家人，謝謝父親在我就讀第一年的時候，辛苦早起載我上學，並且時常和我討論一些關於茶葉的實務經驗；也謝謝母親在生活上的關懷以及照顧、以及總是帶給我歡樂的妹妹！

就讀研究所的時光已經要結束了，感謝這一路走來曾經給予我幫助的老師、長輩、學長姐、學弟妹、家人們，有你們的傾力相助，才能成就今天的我。

摘要

茶(*Camellia sinensis*)可依製程製成多種茶類，其中綠茶的製程在茶菁採摘後，經由炒菁、揉捻和乾燥三個主要步驟所製成，但實際作法會在炒菁前適度萎凋(攤放)，將茶菁含水率降至適宜程度，才進行炒菁。本研究探討炒菁前萎凋過程含水率對綠茶品質之影響，以每處理炒菁前茶菁含水率，約下降 1%作為試驗變級，探討茶菁炒菁前之最佳含水率。試驗材料為坪林 2019 年秋季及 2020 年春季，手採之‘青心烏龍’茶菁，與三峽 2020 年秋季及 2021 年春季，手採之‘青心柑仔’茶菁。依試驗變級製成綠茶後，進行總多元酚、總游離胺基酸、咖啡因、個別兒茶素、揮發性化合物分析及感官品評。

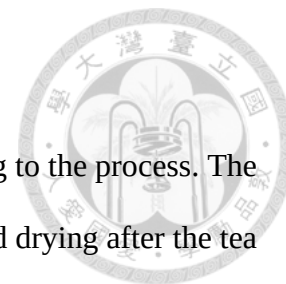
‘青心烏龍’之茶菁，於含水率 70%-71%時進行炒菁，帶有偏蔬菜香或豆香的香氣；而在含水率約於 68%-70%時炒菁，則帶有濃淡不一的輕微花香。總多元酚含量於處理間雖達到顯著差異，但含量並不會有明顯的下降；總游離胺基酸及咖啡因含量，於處理間沒有顯著差異。

‘青心柑仔’於含水率約 71%時炒菁，青草味消失，而綠茶香、海苔香及豆香開始出現。與‘青心烏龍’所製之綠茶相比，茶湯香氣屬於傳統綠茶的海苔香及豆香，較感受不到花香，或許與品種本身特性或採摘成熟度較幼嫩有關。‘青心柑仔’所製之春秋兩季綠茶，於總多元酚、總游離胺基酸及咖啡因含量，處理間皆達顯著差異水準。總多元酚含量於兩個季節中，整體上無一定之趨勢；秋季總游離胺基酸含量，隨著萎凋含水率的下降，有逐漸上升的趨勢，春季則呈現上下的波動；秋季綠茶之咖啡因含量，處理間呈不規則變化，春季則呈先降後升的趨勢。

失水率的計算較直覺且容易，但於不同季節中，失水率雖然相同，萎凋程度卻不同。而將含水率作為指標，萎凋程度不受到茶菁初始含水率影響，因此較為合適。先求得茶菁之乾重百分率，即可帶入含水率公式 $\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$ ，計算出萎凋當下茶菁的含水率。

關鍵字: 萎凋、攤放、含水率

Abstract



Tea (*Camellia sinensis*) can be made into a lot of teas according to the process. The green tea process goes through three main steps panning, rolling, and drying after the tea was made. However, in the actual practice before panning the tea, withering moderately (spreading) was required to reduce the moisture content of the tea leaves to an appropriate level. This study investigated the effect of water content on the quality of green tea during the withering process before panning the green tea. The moisture content of tea leaves before panning was reduced by about 1% as a test variation, and the optimal moisture content of tea leaves before panning green tea was discussed. The materials were hand-plucked 'Chin-Shin-Oolong' tea leaves from Pinglin in the autumn of 2019 and spring of 2020, and hand-plucked 'Chin-Shin-Ganzai' tea leaves from Sanxia in the autumn of 2020 and spring of 2021. After the green tea was graded according to the test, the analysis of total polyphenols, total free amino acids, caffeine, catechin isomers, volatile compounds, and sensory evaluation was conducted.

The tea leaves of 'Chin-Shin-Oolong' were panning when the moisture content was 70%-71%, which had a vegetable or bean aroma; and when the water content was about 68%-70%, the green tea had a floral aroma with varied richness. Although the content of total polyphenols was significantly different between treatments, the content did not decrease significantly; content of total free amino acids and caffeine had no significant difference between treatments.

When the moisture content of 'Chin-Shin-Ganzai' was reached to about 71%, the grass smell was imperceptible, and the aroma of green tea, seaweed and bean started to appear. Compared with 'Chin-Shin-Oolong', tea soup of 'Chin-Shin-Ganzai' had a seaweed and bean aroma, which is the feature of traditional green tea, and floral aroma was less noticeable. The difference may be related to characteristics of the variety itself.

or tenderness of picking. The spring and autumn green teas produced by ‘Chin-Shin-Ganzai’ had significant differences in the content of total polyphenols, total free amino acids, and caffeine between treatments. In two seasons, the overall trend of total polyphenol content showed a dynamic change; the content of total free amino acids in autumn showed a gradual upward trend with the decrease of withering moisture content, and in spring it showed a dynamic change; the caffeine content of green tea in autumn varies irregularly between treatments, and in spring, it decreased initially and then increased.

Calculation of the water loss rate as the index of withering is an intuitive and simple approach, but the optimal water loss varied in different seasons. However, adopting the moisture content as an index, the degree of withering is not affected by the initial moisture content of tea leaves, so it is more suitable.

The recommended index of withering, the moisture content formula, was showed below: $\frac{(\text{fresh weight before panning} - \text{dry weight})}{\text{fresh weight before panning}} \times 100\%$ The dry weight percentage of tea leaves must acquire first after tea leaves are picked, then it can provide a better index to determine the timing to the next panning process.

First, obtain the dry weight percentage of tea leaves, and then enter the moisture content formula to calculate the moisture content of tea leaves when withered.

Key words: withering, spreading, moisture content

目錄



誌謝	I
摘要	II
Abstract.....	III
圖目錄	VI
表目錄	VIII
前言	1
文獻回顧	3
材料與方法	25
結果與討論	34
結論	50
參考文獻	52
圖	59
表	78

圖目錄



圖 1. 2019 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係.....	59
圖 2. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係.....	60
圖 3. 2020 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與一般飲茶者感官品評之關係.....	61
圖 4. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶專家及一般飲茶者感官品評總分分數之關係....	62
圖 5. 2019 年秋季及 2020 年春季‘青心烏龍’綠茶專家感官品評總分分數之關係..	62
圖 6. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	63
圖 7. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	64
圖 8. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	65
圖 9. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	66
圖 10. 2020 年‘青心柑仔’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係.....	67
圖 11. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	68
圖 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	69
圖 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	70
圖 14. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶酮類及其它類化合物與含水率及品評香氣分數回 歸之關係.....	71

圖 15. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣 分數回歸之關係.....	72
圖 16. 2019 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係.....	73
圖 17. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係.....	74
圖 18. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與一般飲茶者感官品評之關係	75
圖 19. 2020 年‘青心柑仔’秋季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係.....	76
圖 20. 2021 年‘青心柑仔’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係.....	77

表目錄



表 1. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶專家感官品評之影響.....	78
表 2. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶專家感官品評之影響.....	78
表 3. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶一般飲茶者感官品評之影響.....	79
表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料.....	80
表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	80
表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	81
表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料.....	82
表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	83
表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	84
表 6. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成.....	85
表 7. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比.....	85
表 8. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成.....	86
表 9. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比.....	86
表 10. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶專家感官品評之影響.....	87
表 11. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶專家感官品評之影響.....	87
表 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資 料.....	89
表 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	90
表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料.....	90

表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	91
表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)	92
表 14. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成	93
表 15. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比	93
表 16. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成	94
表 17. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比	94
表 18. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶化學成分含量之影響	95
表 19. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶化學成分含量之影響	95
表 20. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶化學成分含量之影響	96
表 21. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶化學成分含量之影響	96
表 22. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶兒茶素含量之影響	97
表 23. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶兒茶素含量之影響	98
表 24. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶兒茶素含量之影響	99
表 25. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶兒茶素含量之影響	100

前言



茶 (*Camellia sinensis*) 為山茶科多年生常綠木本植物，以採摘之嫩葉為原料所製成，是東南亞栽培最廣的飲料作物 (Lin *et al.*, 1998)。東南亞主要生產國包括中國、印度、日本、臺灣、斯里蘭卡和印尼等國家的重要經濟作物，也是全世界重要的非酒精性嗜好飲料之一，在中國已有五千多年的使用歷史 (Balentine *et al.*, 1997)。

經濟栽培的茶樹有兩個栽培變種，即阿薩姆種或簡稱為大葉種 (*Camellia sinensis* var. *assamica*) 和中國小葉種或簡稱為小葉種 (*Camellia sinensis* var. *sinensis*)，臺灣主要以栽培小葉種為主。據 2021 年農業統計年報資料統計，臺灣茶樹種植面積共 12,251 公頃，年產量 11,883 公噸，以南投縣、嘉義縣、新北市為最主要的產區。

中式的茶葉分類依據茶葉與茶湯顏色可分為六大類，分別為綠茶、黃茶、白茶、青茶、紅茶及黑茶；臺灣主要生產青茶、紅茶及綠茶，而且以包含文山包種茶、高山烏龍茶、凍頂烏龍茶、鐵觀音茶、東方美人茶與紅烏龍茶的青茶為主。雖然以往國人習慣飲用自產的青茶，但近年由於其它茶類的保健作用逐漸為人所知，消費量亦明顯增加，其中尤以綠茶最為顯著。因此，需瞭解如何製作出高品質且兼具香氣的綠茶，以符合國人的飲用需求。

臺灣綠茶以小葉種之‘青心柑仔’、‘青心烏龍’、‘青心大有’、‘台茶十二號’和‘台茶十七號’為主要品種，生產供日常沖泡飲用、茶粉及供作製造罐裝茶飲料原料為主；依炒菁方法有炒菁綠茶與蒸菁綠茶。依據常用的教材與文宣，綠茶基本製程為採收茶菁後，即行炒菁、揉捻和乾燥，但普遍的做法則是茶菁採收後，必須經過一段時間的室內萎凋，再進行炒菁與其後一連串製造步驟。因教材與一般文宣中，綠茶的基本製程中，極少提到萎凋之效益，但依據經驗與實務，萎凋對

綠茶品質影響極大。因此本研究探討萎凋程度對炒菁綠茶感官品質、主要內容物及香氣之影響。



文獻回顧



一、茶葉簡介

茶樹 (*Camellia sinensis*) 為山茶科 (Theaceae) 山茶屬 (*Camellia*)，多年生常綠木本植物。原產於中國大陸南方到中南半島及印度，為全球重要的飲料作物之一。目前全世界茶葉生產量亞洲佔 83.1%，其次為非洲的 11.9%；主要生產國之產量以中國產量最多，達 2,970,000 噸，以下依序為印度的 1,424,662 噸、肯亞的 569,500 噸、阿根廷的 335,225 噸、斯里蘭卡的 278,489 噸、土耳其的 255,183 噸、越南的 240,493 噸 (FAOSTAT, 2020)。

茶樹的嫩葉採摘後依照不同製作工序，可以產生各種不同的風味，以製成各種茶類，因此茶的分類方法很多元。目前有兩種常使用的分類方法，第一種方法為依據茶葉與茶湯顏色分為六大類，分別為綠茶、黃茶、白茶、青茶、紅茶及黑茶 (林, 2013)；第二種方法為根據製程中茶葉的發酵程度 (即多元酚類的氧化程度)，將茶葉分為不發酵茶 (綠茶、黃茶)、部分發酵茶 (白茶、青茶) 及全發酵茶 (紅茶)，而黑茶則是以綠茶為胚，加入微生物的後發酵，因此被歸類為後發酵茶或微生物發酵茶 (賴, 2001)。

二、綠茶的製作

綠茶的種類繁多、產區橫跨多種氣候和地形，製作型式也多元；但多數會依炒菁方法分為炒菁、蒸菁與曬菁綠茶三類。綠茶所需要的茶菁，依照所製造的茶葉種類而有很大的差異，採摘茶菁的標準從心芽、一心一葉、一心二葉、一心三葉到帶有成葉的成熟枝梢不等，按照地域、製茶技術以及市場需求，所製作出來的產品也會不同。一般普通綠茶以採收一心二葉至一心三葉為主，早期曬菁綠茶及加工用炒菁綠茶會採收到帶有成熟葉枝成熟枝梢，特色綠茶則通常採收較嫩的部位。普通 (大宗) 綠茶的標準製作程序為採摘茶菁、炒菁、揉捻及乾燥 (Wan et

al., 2008), 而特色綠茶是各個特色茶產區, 在普通綠茶的基本製作程序的基礎上
所發展出來的品項, 依據中國農科院 (1998) 的描述, 目前中國特色綠茶的製作程
序中, 攤放 (萎凋)、炒菁、揉捻三道程序是較為一致的, 而乾燥基本上可再分為
三個類型: 炒乾型、烘乾型及烘炒型。

值得一提的是, 中國有關綠茶製作的文獻裡面所提到的「炒菁」、「蒸菁」、
「烘菁」及「曬菁」, 大致上涉及到炒菁和乾燥的方法不同; 目前, 中國生產的
綠茶以炒菁方法分為炒菁與蒸菁綠茶; 以乾燥方法則分為炒菁 (炒乾)、烘菁 (烘乾)
及曬菁 (曬乾) 綠茶 (王, 2013; 陳等, 2006; 顧等, 2002), 定義與名詞相當混淆。事實
上, 炒菁是目前全球最主要的炒菁方法, 蒸菁綠茶以日本為最主要的消費地, 也
盛行於日本, 而日曬法炒菁目前使用地區相當少。因此, 需先釐清炒菁與乾燥在
製程上的目的與差異, 才不至於混淆綠茶的製程。

(一)、普通綠茶

普通綠茶的標準基本製作方法為採摘茶菁、炒菁、揉捻及乾燥。以往教科書
之描述, 採摘新鮮茶菁之後, 「即採即製」是為製作優良綠茶之最高準則 (李,
1954)。茶菁從茶樹上採摘下來之後, 即開始失水, 若採摘時留下的茶梗比例較
高, 或芽葉受傷, 或在茶簍內悶住時間太久, 就有可能造成失水程度過重, 不符
合優良綠茶之標準 (李, 1954)。

1. 攤放

在實際操作上, 並無法達到「即採即製」的水準, 以臺灣為例, 從茶園採收
完茶葉再回到製茶廠, 最長約需 1 至 2 小時的時間, 在此期間茶菁被放置於茶簍
或是棉布袋裡, 會產生悶雜、刺激性的青草味, 加上不同批次採收之茶菁, 帶有
不同程度的田間熱, 因此需將茶菁進行一段時間的攤放, 等到消除茶菁之不愉快



氣味，以及降低茶菁原料之田間熱之後，方可進行炒菁。但製作綠茶的茶菁在採收後，應當攤放多久，目前很少有研究探討。

2.炒菁

炒菁是形成綠茶品質的關鍵步驟，有以下三個目的，即抑制酵素活性、蒸發水分及揮發青草味。第一個目的為進行熱處理，破壞多元酚氧化酶活性，停止茶葉中酚類化合物繼續進行氧化(李, 1954; 俞, 1960; 中國農科院茶研所, 1998)，以防止葉片變紅，並獲得綠茶應有的色、香、味、品質。第二個目的為以高溫去除茶菁 30%-40%的水分，使葉質變柔軟適於揉捻(王, 2013; 俞, 1960)；第三個目的為揮發掉剛採收的茶菁所產生具有刺激性的青草味、同時使其產生芳香的氣味(俞, 1960; 陳等, 2006)。影響茶葉品質的炒菁因素有炒菁溫度、炒菁時間、炒菁設備、投葉量及茶菁炒菁前的含水率等。

茶菁中的多元酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO) 會隨著葉片成熟度、採摘標準、品種、季節等而變化 (Obanda, 1992; Takeo, 1966)。一般適製綠茶的茶菁，大都以採摘幼嫩的一心二葉為主，因其含水率較高，加上所含多元酚氧化酶活性較高，因此在炒菁時必須使用高溫(俞, 1960; Takeo and Baker, 1973; Zhen, 2002)，在短時間內鈍化多元酚氧化酶 (PPO) 之活性，並且使鮮葉的水分及時蒸散。

炒菁的過程中，高溫使茶葉中的酶失去活性。在 15°C-25°C範圍之內，過氧化酶 (Peroxidase, POD) 與過氧化氫酶 (Catalase, CAT) 的活性，會隨著溫度的上升而增加，但當溫度高於 35°C時過氧化酶 (POD) 與過氧化氫酶 (CAT) 的活性會下降。此外，多元酚氧化酶(PPO)的活性，在溫度介於 15°C-55°C時，呈現上升趨勢；當溫度上升到 65°C時，多元酚氧化酶就會開始失活。因此，判定綠茶炒菁完成與否，可以多元酚氧化酶完全失活做為基準 (Zhen, 2002)。一般而言，要停止多元酚氧化酶的活性，葉溫須至少達到 70-75°C，才能避免茶葉在製造過程中持續發酵(李, 1954; 俞, 1960)。在炒菁時產生的水氣，可利用炒菁機之風扇，適度加強

炒鍋內空氣的流通；而當炒菁結束時，則要盡快進行翻動，使茶菁及時散發水分、降低葉溫，從而使茶葉保有新鮮翠綠的色澤和清香的風味（中國農科院茶研所, 1998）。

炒菁的方法又分為炒菁、蒸菁、煮菁、烘菁及熱風炒菁數種（李, 1954），各種炒菁方法所製成之綠茶，色澤、香氣、滋味都各有不同。其中較常見的方法為炒菁及蒸菁。炒菁為除日本以外，是大部分產茶國常用的方法，將茶菁投入燒熱的鑄鐵鍋（或炒菁機）內翻炒，借助鍋內的熱輻射及葉片的熱傳導作用來加熱葉片，受到空氣熱傳導效率及空氣與葉片熱交換速率的關係，達到抑制多元酚氧化酶活性所需的時間較蒸菁長（俞, 1960）。

蒸菁為日本生產日式煎茶的產區常用的方法，即是將茶菁放入蒸氣溫度 95-100°C、蒸氣壓力 5-6 個大氣壓的蒸氣腔裡，依茶類與蒸汽機的差異，蒸菁大約 1-3 分鐘，由於蒸菁借助蒸氣的壓力，加上蒸氣在葉片上的附著，使葉片內部迅速受熱，可以在較短的時間停止酵素活性，所以主要優點為炒菁時間較短，但須防止蒸菁溫度過低、壓力不足、蒸菁時間過短而使炒菁不足，同時亦須防止蒸菁時間過長而降低茶湯香氣、滋味與茶葉色澤（俞, 1960）。

炒菁除了讓茶菁內的各式氧化酶失活之外，也必須讓茶菁適度失水。炒菁過程茶菁失水過多，則揉捻時葉片易因過乾而破碎，細胞不易揉破，造成碎片過多、茶湯淡薄；失水不足時，葉片張力過大，而易破碎，同時揉捻會起泡，造成過度氧化與內容物損失過多。

3. 揉捻

揉捻為利用手工或揉捻機，以旋轉加壓或直接加壓，使茶菁捲曲、緊結、體積縮小；同時適當破壞葉片組織，使少量茶汁流出，有利於綠茶的品質形成（中國農科院茶研所, 1998; Xu and Chen, 2002），以及提高萃取率與萃取速率（陳, 2022）。通常炒菁完後即進行揉捻，揉捻時間不宜太長，以免引起殘餘酵素之活性與過度

之空氣氧化，而使茶梗變紅、葉尖及邊緣發酵以及細胞破碎過多，故揉捻時，若條索已緊結則應立即停止揉捻，以免導致茶葉發酵過度(李, 1954)、茶湯混濁、滋味苦澀(俞, 1960)。亦即，揉捻的主要目的即為整形、減少容積、提高萃取率與萃取速率。

4. 乾燥

乾燥也是形成與決定綠茶品質的關鍵步驟之一。揉捻後的葉片必須立刻進行乾燥，延遲乾燥會使品質下降，尤其是炒菁不足的葉片，在揉捻後引起葉片剩餘的酶氧化，使葉片變黃或局部泛紅，而喪失良好綠茶的品質(俞, 1960)。乾燥的目的主要有三個，一為蒸發葉片中過多的水分，使毛茶含水率下降至 3%-5%，以防止品質劣變；二是徹底去除葉片中殘留的酶的活性，進一步消除青草味與產生茶香；三為固定揉捻後的條索形狀或揉捻後做成一定的形狀(俞, 1960)。一般的茶葉乾燥可分為兩次，即「初乾」與「再乾」。初乾通常會使用較高的溫度(90°C-140°C)，其目的是徹底停止茶葉中剩餘的酵素活性以及使茶葉中的青草味揮發，使綠茶的特有風味能保存下來(俞, 1960; 中國農科院茶研所, 1998)。初乾後的毛茶必須先放置回潤後，才能進行再乾。再乾通常溫度較初乾低，以進一步蒸發去除茶葉中的水分，使含水率下降到 5% 以下，以利於儲存(中國農科院茶研所, 1998)。

(二)、特色綠茶

1. 中國大陸之特色綠茶

回顧綠茶製造的歷史，在唐朝之前，茶的食用方法為將茶葉煮成湯羹或加入各種調料進行烹煮，真正開始系統化的製作綠茶，始於唐朝的蒸菁綠茶，最後將茶葉壓製成餅狀(王, 2013; Xu and Chen, 2002)，不但便於攜帶和流通，也大大的

改善了茶葉的口感。到了明朝，散茶取代緊壓茶（餅茶、團茶）成為茶葉的主流，各地開始出現大量的名茶，在製茶技術上，也由蒸菁改為炒菁（陳等, 2006）。

中國大陸特色綠茶的種類繁多，依炒菁方法不同可分為釜炒綠茶與蒸菁綠茶（顧等, 2002）；依外型可分為扁形、針形、片形、芽形、尖形、捲曲形、圓形、蘭花形和眉形 9 個種類（李, 1954）。特色綠茶的基本工序可分為攤放（萎凋）、炒菁、揉捻及乾燥四個基本工序。

(1) 攤放與萎凋

茶菁的攤放與萎凋會使茶菁失水，讓細胞膜的結構失去半透性，使兒茶素類滲出液胞，與多元酚氧化酶接觸，開始氧化作用（林, 2013）；萎凋過程中水浸出物和胺基酸含量增加；這些物理及化學的變化對於綠茶的外形色澤、茶湯的香氣、水色及滋味都有增進作用；另一方面，減少茶菁的水分可以使葉質變柔軟，便於揉捻造型（中國農科院茶研所, 1998）。

茶菁萎凋的程度須根據採收季節、茶樹品種、採收成熟度、溫度、溼度等條件來做適度的調整，且在萎凋過程中操作應輕柔，以避免葉片損傷影響綠茶的品質。一般萎凋的時間大約 6-8 小時（中國農科院茶研所, 1998; 李, 1954），最多不超過 10 小時，至茶菁鮮葉含水率下降至 68%-70%，葉質變柔軟並產生清香時即可開始進行炒菁（中國農科院茶研所, 1998）。事實上，茶菁採摘後直接進行炒菁，若處理不當容易產生草臭味，故炒菁前予以適當的萎凋，不會使茶葉品質產生不良影響，反而能增進茶葉之香氣（李, 1954），此種須先將茶菁進行輕度萎凋（攤放）的做法，是為特色綠茶的必要工序。

(2) 炒菁

特色綠茶依不同炒菁方法，可分為炒菁綠茶與蒸菁綠茶，中國現今大約 70% 的綠茶都是炒菁綠茶。中國的特色綠茶，通常會將炒菁後的茶菁含水率控制在約 60%，因為茶菁含水率太低，不利於後續的揉捻步驟 (Xu and Chen, 2002)。

(3)揉捻

特色綠茶大多以手工揉捻為主，由於各種特色綠茶的外形要求不同，因此揉捻工藝操作的差異也很大，扁形茶常以壓揉為主，一般不經由螺旋式的揉捻動作，而針形、捲曲形、球形茶等，則把揉捻當成主要的塑形工序 (中國農科院茶研所, 1998)。有些會將揉捻分為初揉、複揉兩個階段。當然有些茶類不經過揉捻，例如黃山毛峰 (俞, 1960)。所以應依據不同特色綠茶的品質要求而採取相應的揉捻方式、揉捻參數 (如壓力、揉捻時間、投葉量)，以此獲得最佳的揉捻效果 (中國農科院茶研所, 1998)。

中國大陸的特色綠茶的揉捻依其溫度條件，可分為「冷揉」、「熱揉」、「溫揉」三種方法。冷揉的作法是將炒菁過後的葉片攤薄使之冷卻，冷卻到葉溫 20°C 左右再進行揉捻，冷卻的前半段過程，因炒菁後葉表的水分自然蒸散，而使得葉片局部變得乾硬，若在此時揉捻會造成條索不緊結、且產生較多茶葉的碎屑，若是把冷卻時間再延長 (大約 2 小時)，則葉片中的水分會重新分布，使得葉片整體變得較為柔軟，此現象稱為「回潤」，將回潤後的葉片進行揉捻，則茶葉之條索緊結、香氣較清香、色澤翠綠；龍井茶是最著名的代表性茶葉 (俞, 1960)。熱揉為完成炒菁後的葉片趁熱即進行揉捻，因葉片柔軟容易捲成條形，可以縮短揉捻的時間，缺點是葉色往往較黃而不鮮明、香氣較為低悶。溫揉介於上述兩者之間，先將完成炒菁的葉片攤開使水氣蒸散，並在葉片尚留餘溫且柔軟的狀態下揉捻，用於浙江眉茶的揉捻 (俞, 1960)。

基本上綠茶的揉捻要掌握的原則就是由輕而重、緩慢加壓 (陳等, 2006)；若以茶菁採摘成熟度來區分，則嫩葉要用較小的壓力及較短的時間揉捻，而成熟葉要用較大的壓力、較長的時間，甚至較多的次數進行揉捻 (Xu and Chen, 2002)。

(4) 乾燥

中國的特色綠茶，各道製作工序 (包含炒菁、揉捻及乾燥) 並不像普通綠茶那樣獨立分開，各個工序的作用是多個面向的，有的一個工序包含多個目的，而有的一個目的要分幾個工序來完成，依照不同乾燥方法，可將特色綠茶分為三種類型，即炒乾型、烘乾型及烘炒型特色綠茶 (中國農科院茶研所, 1998)，另還有曬菁 (曬乾) 綠茶則不在特色綠茶的範圍之內，通常以曬菁綠茶為基底，再輔以渥堆及後發酵製成普洱茶 (施, 1995)。

A. 炒乾型特色綠茶

整形及乾燥的步驟均在炒鍋內完成，其品質特徵為外型優美、色澤綠潤、滋味醇厚、香氣高。但由於全程使用在鍋內炒乾的手法，茶葉在鍋內翻動摩擦，因此外形及葉底較不完整、碎末較多、葉芽完整度較低，且有時會產生火味 (中國農科院茶研所, 1998)。此類特色綠茶外形多為扁形、片形、眉形及蘭花形，較具代表性的為西湖龍井茶。

西湖龍井茶採摘一心一葉、一心二葉及幼嫩之對口葉製造而成 (王, 2013)。茶菁經萎凋、篩分、炒揉 (包含炒菁與初揉、攤涼回潤、再揉與整形) 與乾燥等步驟製成。為了使炒菁程度均勻，茶菁原料在萎凋後會先依據大小進行篩分，將細嫩芽葉與稍成熟之茶菁分開，再分別進行加工 (俞, 1960)。西湖龍井茶於圓底鑄鐵鍋中進行炒揉前，需先將鍋面使用烏桕油、菜籽油或白蠟潤滑 (李, 1954; 施, 1995)。將大約 375g 之茶菁投入鍋中進行炒揉 (李, 1954)，使用包含「抖、搭、捺、拓、

甩、扣、挺、抓、壓、磨」等十大手法製作(王, 2013), 最後於鍋內進行乾燥步驟製成。



B.烘乾型特色綠茶

整形在揉捻的步驟完成, 再通過烘乾進行乾燥, 其特徵為外形完整顯毫、色澤深綠、滋味鮮爽、湯色嫩綠明亮、香氣清雅、葉底完整(中國農科院茶研所, 1998)。此類特色綠茶外形多為芽形、自然形, 例如黃山毛峰、太平猴魁。

黃山毛峰採摘一心一葉初展、一心一葉、一心二葉初展之茶菁(王, 2013), 經由炒菁、揉捻(可不經揉捻)及乾燥步驟製作而成。其中, 最細嫩的茶菁不需要揉捻, 直接乾燥使黃山毛峰條索呈自然形(俞, 1960); 較成熟的茶菁則加入揉捻的步驟, 使用雙手搓揉的方式進行整形, 使條索呈現細扁狀(李, 1954)。最後將條索置於焙籠中乾燥, 第一次用明火烘焙, 火力較大, 第二次用文火烘焙, 火力較小, 兩次烘焙間須經攤涼步驟, 使茶葉內的水分往外滲透, 避免造成茶葉外乾內濕, 影響茶葉品質(李, 1954; 俞, 1960)。

C.烘炒型特色綠茶

由烘、炒手法互相結合達到造型和乾燥的目的, 其特徵為外形完整、色澤翠綠、絨毛顯露、滋味鮮醇、香氣清爽、湯色黃綠明亮(中國農科院茶研所, 1998)。外形通常為圓形、針形、捲曲形, 較知名的為捲曲形的碧螺春。

碧螺春採摘一心一葉初展的茶菁, 通常在清明或穀雨節氣前後採摘, 最遲至立夏前後, 因採摘茶菁極為幼嫩, 芽葉表面極多絨毛, 故成茶白毫極多, 成白綠色(李, 1954)。碧螺春的製作特點為炒菁、揉捻及乾燥均在炒鍋裡進行。首先, 使鍋溫達到 80°C 左右, 投入茶菁 500 g, 使用抖炒與翻炒的手法, 經 5-6 分鐘完成炒菁; 第二個步驟為揉捻, 將鍋溫調整至 40-50°C, 在鍋裡進行搓壓揉捻, 約經

25 分鐘完成；第三步為乾燥，鍋溫降至 25-39°C，使用搓揉及翻炒手法炒至九成乾時，將條索攤於紙上，放進鍋裡烘烤 1-2 分鐘即完成乾燥 (俞, 1960)。



2. 臺灣之特色綠茶

臺灣之特色綠茶主要分為傳統炒菁綠茶及蜜香綠茶兩類，一般為機械製造，但極為考究品種、茶菁原料與萎凋。

(1) 傳統炒菁綠茶

以‘青心柑仔’為主，採一心一葉至一心二葉，經長時間之攤放與萎凋，再以望月式揉捻機製成條型的碧螺春，或以日本煎茶精揉機或中揉機等壓製機械，製成片狀的龍井茶。此種作法與中國相同名稱茶葉有很大的差異。首先是品種之差異，由於臺灣碧螺春之主力「品種」‘青心柑仔’本身略帶有苦味，所以製成兩種茶相較於中國的相同名稱茶葉均較苦。在碧螺春上，臺灣之碧螺春使用機械揉捻，比較不成螺形，而是較菁製的炒菁綠茶，且絨毛易偏少，而龍井茶則成型較快，故保留較多之絨毛，且成茶茶色偏綠。

(2) 蜜香綠茶

主要產地在花蓮地區，品種較為多元，以‘大葉烏龍’、‘台茶十二號’為主要品種，採收遭小綠葉蟬危害之一心一葉至一心二葉茶菁，經長時間萎凋，製成條形炒菁綠茶。臺灣蜜香綠茶的研發使於民國 80 年代中葉，當時茶業改良場台東分場茶作課陳惠藏課長，為振興花蓮地區茶產業，使用當時瑞穗茶區不用於製茶的第一季夏季茶菁研製而成，由於所製成之茶葉絨毛緊密，故陳課長將之命名為‘夏雪’。

3. 日本之特色綠茶

日本蒸菁綠茶之一般消費茶類為煎茶，特色茶則以玉露茶與碾茶最著名。無論玉露茶或碾茶，均使用高遮陰處理之一番茶(春茶)茶菁 (Xu and Chen, 2002)，以抓採方式採收一心三葉至三葉展開之茶菁，採收後經適度萎凋後，玉露茶大致經蒸菁、急速冷卻、葉打 (烘乾葉片上的水蒸氣)、粗揉、揉捻、中揉、精揉、烘乾而成。碾茶則在蒸菁後經急速冷卻、葉打、風乾塔風乾、莖葉分離、選別、烘乾而成。

玉露茶為高級煎茶，碾茶則為抹茶之原料茶。後者必須將茶梗與茶葉片中大部分葉脈去除，才能獲得高品質之精製茶。目前，精製後的碾茶，在充氮調溫之研磨室內，以石磨研磨成抹茶。

三、茶菁萎凋對製茶與茶葉品質之影響

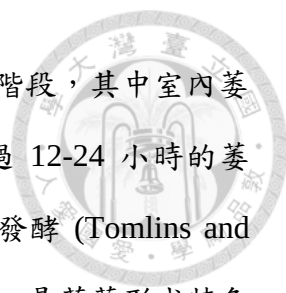
(一)、茶菁萎凋的重要性

1.何謂萎凋

萎凋是製作各種茶類的第一個重要步驟，新鮮的茶菁初始含水率可高達 75%-83% (Tomlins and Mashingaidze, 1997)。會炒菁的茶類在炒菁前、以及紅茶在揉捻前，攤放茶菁於各種器具上使之脫水，這個製程統稱萎凋。中小型綠茶工廠茶菁採收後，將茶菁運送至製茶廠，於室內將茶菁均勻鋪放於筴笠 (竹編圓盤) 中，再放置於層架上。在萎凋的期間茶菁逐漸失水，葉和莖變得柔韌，可以揉捻、加壓與彎曲而不容易破碎與折斷，並使得內容物發生變化，有利於茶葉風味的產生或改善 (Tomlins and Mashingaidze, 1997)。

2.不同茶類的萎凋

萎凋程度也因茶類而異。綠茶只經過短暫及輕度的萎凋，使茶菁含水率約下降至 66%-70%，從而產生鮮味和醇厚的風味 (Yin *et al.*, 2016)；白茶經過長時間的萎凋，讓茶菁含水率下降至 20%-30%再乾燥而成，使茶葉呈現清新甘甜的口感



(Zhang *et al.*, 2016)。青茶類通常分為日光萎凋與室內萎凋兩個階段，其中室內萎凋會伴隨著不定時的攪拌，故稱為室內萎凋與攪拌。紅茶經過 12-24 小時的萎凋，茶菁含水率下降至 56%-62%，隨後進行揉捻 (或揉切) 及發酵 (Tomlins and Mashingaidze, 1997)。因此，萎凋程度是依不同種類的茶葉而異，是茶葉形成特色風味不可或缺的製作工藝。

3. 萎凋在青茶類製造上之重要性

包種茶與白毫烏龍茶的萎凋相較於綠茶和紅茶，是一個較為複雜的過程。兩種茶的萎凋均分為日光萎凋與室內萎凋兩個階段。日光萎凋是利用陽光之輻射與熱，脫去茶菁一部份水，並引發茶葉發酵。室內萎凋的過程中，還包含了 3-5 次的攪拌，因此稱為「室內萎凋與攪拌」。「室內萎凋與攪拌」讓茶菁反覆的進行萎凋與攪拌，使之產生機械損傷，激活細胞內的酵素活性，並引起茶菁中的生化反應 (Willson and Clifford, 1992)。每一次的攪拌都會使兒茶素滲漏，再次與多元酚氧化酶反應，使原本達到平衡的發酵作用再次啟動，因此攪拌可調控茶菁的發酵程度，以調節茶葉的香氣與滋味 (柯和黃, 2006; 賴, 2001)。

4. 萎凋在紅茶製造上之重要性

紅茶的萎凋須將茶菁含水率從 70%-80% 下降至 60%-65% (何, 1995; Deb and Jolvis Pou, 2016)。水分的散失使細胞膜的通透性改變，誘發形成多元酚氧化酶及其它酶，進而促進多元酚類與酵素接觸，而使酵素活性提高 (Das *et al.*, 2021)。多元酚類被多元酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO) 和過氧化酶 (Peroxidase, POD) 氧化，使主要的多元酚類、兒茶素等進行氧化與聚合，其中兒茶素類在氧化過程中形成茶黃質 (Theaflavin)、茶紅質 (Thearubigins) 等多種多酚氧化後的聚合物，形成紅茶的味道與顏色，在氧化過程中同時氧化脂質、色素、萜類、糖苷、蛋白質與其它酚類物質，而形成香氣 (Das *et al.*, 2021)。Nkezimana 等 (2021) 就指出，多

醣類、胺基酸可溶性醣、茶紅質含量會隨紅茶萎凋時間延長而含量提高，相對的，多元酚類、類黃酮類、醣苷類、有機酸、兒茶素、茶黃質、生物鹼則減少。芳香物質則先增後減，因此萎凋對於紅茶的品質形成至關重要 (Dev and Bajaj, 1980)。

(二)、綠茶茶菁萎凋過程中的變化

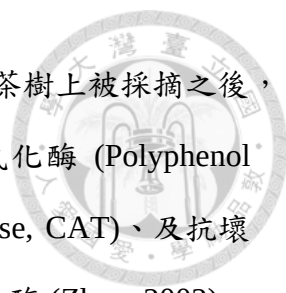
綠茶的標準製程中，包含採摘、炒菁、揉捻及乾燥，但其實大部分綠茶（包含中國各種特色綠茶與臺灣綠茶），在炒菁前都會先經過一段時間的攤放，過程中茶菁會失水，故實際上即為萎凋；即茶菁在萎凋後才炒菁。萎凋主要目的為減少茶菁含水量，促進細胞膜滲漏，誘使形成多元酚氧化酶等酶，使多元酚氧化酶與兒茶素接觸而進行發酵作用 (Sanderson, 1964)，以利於後續一連串物理和化學的反應 (Baruah *et al.*, 2012; Frad *et al.*, 2015)，從而形成茶葉的滋味、香氣與顏色等相關變化。

1. 萎凋過程中之物理性變化

萎凋過程之物理性變化，最主要為茶葉的水分散失，在失水過程中，失去膨壓的葉片變得鬆弛而柔軟，且造成葉片細胞中的汁液濃縮 (Deb and Jolvis Pou, 2016)。研究顯示，物理性萎凋過程中，鮮葉的含水率會下降到 60%-70% (Jabeen *et al.*, 2015; Omiadze *et al.*, 2014; Yamanishi *et al.*, 1966)。

由於水分的散失，導致葉片的張力大幅降低，葉片的質地變柔軟，有利於在炒菁後揉捻過程中，保持葉片之完整而不至於破碎。同時因為茶菁水分減少，使揉捻過程中，不至於有汁液流出而干擾製茶。

2. 萎凋過程中之生物性變化



茶葉內包含了許多負責各種生化代謝途徑的酶，當茶菁從茶樹上被採摘之後，各種酶仍保有其活性，同時也會誘發形成新的酶。多元酚氧化酶 (Polyphenol oxidase, PPO)、過氧化酶(Peroxidase, POD)、過氧化氫酶(Catalase, CAT)、及抗壞血酸氧化酶 (Ascorbic acid oxidase, AAO) 等，都是茶葉中主要的酶 (Zhen, 2002)。多元酚氧化酶的活性影響茶菁中兒茶素類的氧化程度，是製作茶葉的關鍵酵素 (蔡, 2002)。

多元酚氧化酶主要位於葉綠體的類囊體膜 (Thylakoid membrane) (Mayer and Harel, 1979) 和其它非綠色色素體 (Plastids) 的囊泡中 (Nicolas *et al.*, 1994)。多元酚氧化酶氧化多元酚類化合物產生褐變 (Browning) 是最常見的現象。但在健康的植物組織當中，因為多元酚氧化酶 (在色素體內) 和多元酚類化合物 (在液胞內) 被膜所區隔，所以通常不會發生褐變 (Vaughn and Duke, 1984; Vaughn *et al.*, 1988)。植物的衰老或是機械性損傷，打破膜的物理屏障，導致多元酚氧化酶與多元酚類化合物接觸，使組織產生褐變 (Vaughn and Duke, 1984)。

紅茶的萎凋過程中，多元酚氧化酶的活性會增加 (Bokuchava *et al.*, 1950; Takeo and Baker, 1973)；但也有研究發現，在萎凋的過程當中，多元酚氧化酶的活性下降 (Ullah and Roy, 1982; Xiao, 1986; Wu, 1990)。Liu 等 (1989) 研究指出，紅茶的萎凋過程中，多元酚氧化酶活性於前 16 個小時會上升，之後會開始下降，顯示多元酚氧化酶的活性與測定的時機有關。

3. 萎凋過程中之化學性變化

茶葉自茶樹上採摘後即開始萎凋，並進行一連串化學性作用，並將茶菁內複雜的化合物分解成更小的化合物 (Deb and Jolvis Pou, 2016)。這種化學性作用的過程中，失水先引發酵素反應並在茶葉中產生花香 (Sakata *et al.*, 2004)。萎凋的過程對於製作高品質的綠茶尤為重要 (Ye *et al.*, 2008)，其中影響萎凋強度最大的因素

為時間、溫度 (Baruah *et al.*, 2012; Jabeen *et al.*, 2015) 與相對溼度 (Obanda *et al.*, 2004)。

萎凋後化學性作用，對於茶菁內的咖啡因 (Sanderson, 1964)、多元酚氧化酶活性 (Ullah and Roy, 1982)、胺基酸和醣類 (Owuor and Orchard, 1989; Tomlins and Mashingaidze, 1997) 含量有至關重要的影響。胺基酸、兒茶素與咖啡因是組成綠茶茶湯的三大化學成分，通過化學分析與感官品評來評估綠茶的品質，發現綠茶中的總游離胺基酸、兒茶素與咖啡因都和其滋味密切相關 (Ye *et al.*, 2018)。

(1)蛋白質與胺基酸

胺基酸除茶菁採摘時，已存在者之外，於萎凋過程中，再由胜肽酶分解大約 1.2% 的蛋白質而來，除構成茶葉鮮爽味之外，並參與香氣的形成 (Bhatia, 1962; Motoda, 1979; Perera and Wickremasingh, 1972; Sanyal, 2011)。游離胺基酸含量是茶葉品質的一項重要指標，並對茶葉的滋味和顏色有決定性的貢獻 (Yao *et al.*, 2006)。胜肽酶會使茶菁的游離胺基酸含量增加，特別是麩醯胺酸 (Glutamine)、麩胺酸 (Glutamic acid)、天門冬胺酸 (Aspartic acid)、纈胺酸 (Valine)、絲氨酸 (Serine)、離胺酸 (Lysine)、丙胺酸 (Alanine)、蘇胺酸 (Threonine)、苯丙胺酸 (Phenylalanine) 及酪胺酸 (Tyrosine) (Panda, 2011; Sanyal, 2011; Senderson and Graham, 1973)。

(2)多元酚類與多元酚氧化酶

多元酚氧化酶的活性與兒茶素類的氧化程度有關，是茶葉製造的關鍵酵素 (蔡等, 2002)，其活性會隨著萎凋時間及水分的喪失而逐漸提高 (劉與施, 1989)。綠茶是一種不發酵茶，茶湯水色和紅茶有很大的差異，在紅茶的製作過程中，揉捻的步驟使得細胞破碎、茶葉中的多元酚類與多元酚氧化酶接觸，並在發酵的過程中被氧化，形成紅色的茶紅質 (Thearubigins) 與橙色到黃色的茶黃質 (Theaflavins)

(Liang *et al.*, 2008)。但在綠茶的製程中，茶菁利用炒菁從而使多元酚氧化酶失活，多元酚類被大量的保留下來，因此綠茶的茶湯水色為綠色，有別於紅茶的茶湯水色為紅色。

兒茶素(茶葉中主要的多元酚類)是產生苦味和澀味的主要化合物(Chen *et al.*, 2002; Choi, 2002)，但咖啡因和皂素也是造成苦味的原因之一。表兒茶素(Epicatechin, EC)和表沒食子兒茶素(Epigallocatechin, EGC)及其酯型成分，會產生強烈的苦味和澀味(Wang *et al.* 2000)。茶菁在萎凋過程中，兒茶素即開始被氧化，因此有助於降低綠茶的苦澀味。

(3) 咖啡因

咖啡因是茶生物鹼中主要的甲基黃嘌呤，它構成綠茶茶湯的澀味和苦味(Chen *et al.*, 2010)。咖啡因含量會隨著萎凋的時間而增加(Bhuyan and Mahanta, 1989)，此和胺基酸的代謝有關(Roberts and Sanderson, 1966)，但與萎凋的速率和程度無關(Wan and Xia, 2015)。

(4) 碳水化合物與單醣

萎凋的過程中，碳水化合物中的多醣與雙醣類會轉換成單醣，此外，在茶菁炒菁前，體內的碳水化合物也會逐漸消耗；所以在製造過程中，隨著單醣含量的增加與製程的延長，單醣以外的碳水化合物含量會逐漸降低(Roberts, 1962)。

(5) 脂質與脂肪酸

脂質與脂肪酸在萎凋過程中被分解成更小的化合物，並形成揮發性化合物。脂肪酸主要有兩種：飽和脂肪酸與不飽和脂肪酸。茶葉萎凋時產生的青草味，是由不飽和脂肪酸經發酵而產生的揮發性化合物(Takeo and Tsushida, 1980; Tomlins and Mashingaidze, 1997)。



(6)其它

綠茶的萎凋程度相較於其他茶類低，輕度的萎凋可以促進非水溶性碳水化合物和果膠的水解、非沒食子兒茶素 (Non-gallated catechins) 的形成與累積、釋出青草味，以及使鮮葉失去部分的水分，以便炒菁 (Xu and Chen, 2002)。

四、茶葉中的化學成分

茶葉中的化學成分會隨著種植品種、環境、季節、海拔、管理方式而有所不同 (陳, 2021)。相同來源的茶菁，內容物會因不同的製程而產生差異 (陳, 2021)，例如茶菁內茶多元酚類氧化程度極輕，所做出來的成茶即為綠茶；若氧化程度極高，則成為紅茶，這兩種茶在外觀、茶湯水色、香氣及滋味截然不同，是不發酵茶以及全發酵茶的代表性茶類。

烘乾後的茶菁中其主要化學成分有纖維質 (約 30%)、茶多元酚類 (約 30%)、蛋白質 (約 15%)、色素 (約 5%)、灰分 (約 5%)、胺基酸 (約 4%)、咖啡因 (約 4%) 以及極少量的揮發性化合物 (約 0.01%) (Sanderson, 1972)。

茶多元酚類、胺基酸及咖啡因，是構成飲用品質的主要三個成分。茶多元酚為茶葉中含量最多的可溶性成分，約佔茶菁乾重 30% (Sanderson, 1972)，在茶湯中約佔可溶性成分 40-50%，其次為游離胺基酸、咖啡因等 (林等, 2009)，因此其含量常用來作為品質的指標。

(一)、非揮發性有機化合物

1. 多元酚類

茶葉中的多元酚類包含類黃酮類 (Flavanoids) 中的黃烷醇類 (Flavanols)、黃酮醇 (Flavonols) 及其配醣體、花青素 (Anthocyanins)、原花青素類 (Leucoanthocyanin)，以及酚酸類 (Phenolic acid) 與縮酚酸類 (Depside) 等。其中黃



烷醇類含量最高，而且以屬於黃烷醇類的兒茶素 (Catechins) 為主。同時兒茶素也是茶葉中對身體有益的重要成分，具有抗癌、抗突變及心血管保護等效果 (Butt and Sultan, 2009; Yang and Wang, 2013)，依據兒茶素酯化與否，可以分為兩類：游離型兒茶素 (Non-gallate type catechins) 與酯型兒茶素 (Gallate type catechins)。游離型兒茶素包含 Catechins (C)、及其表形異構物 Epicatechins (EC)、與沒食子酸 (Gallic acids) 結合形成的 Gallocatechin (GC)、Epigallocatechin (EGC) 共四種；而酯型兒茶素為兒茶素經酵素作用，額外鍵結一個沒食子酸形成 Catechin gallate (CG)、Epicatechin gallate (ECG)、Gallocatechin gallate (GCG) 和 Epigallocatechin gallate (EGCG) 四種 (Ho, *et al.*, 2009)。兒茶素是茶湯苦澀味之主要貢獻者，與游離型兒茶素相較之下，酯型兒茶素引起的苦澀味程度較高，其中尤以 EGCG 最為苦澀 (李, 2013)。

兒茶素類是參與茶葉發酵最大量的成分。茶葉的術語「發酵」所指的是多元酚類及其它物質的自體酵素性氧化作用 (Endogenous enzyme fermentation)，和一般微生物的醱酵作用 (Microorganism fermentation) 不同 (甘, 1984)。食品的醱酵，通常是指透過微生物的氧化與代謝作用，將複雜的有機物分解為小分子的過程；茶葉發酵則是指茶菁採摘後，經過萎凋、攪拌等步驟，破壞細胞的滲透壓使細胞失水，液胞內的多元酚類滲出，和細胞內多元酚氧化酶接觸而產生氧化作用，此種多元酚類氧化的作用即稱為「茶葉的發酵作用」(甘, 1984)。綠茶為不發酵茶，因為經由炒菁步驟，將多元酚氧化酶滅活，而使其兒茶素幾乎完整的保留下來；而部分發酵茶之包種茶及烏龍茶其氧化時間較短，所以含有多種多元酚類氧化初期的產物 (甘, 1985; 吳等, 1975; Graham, 1992)；紅茶屬於全發酵茶，氧化程度最高，因此其單體兒茶素會氧化、聚合成雙體的茶黃質 (Theaflavin) 及聚合體的茶紅質 (Thearubigin) (童等, 2006; Haslam, 1989; Obanda *et al.*, 2004)，使茶湯顏色呈現紅橙色，是紅茶茶湯色澤的來源。而透過兒茶素氧化與聚合所造成之連鎖反應，也同時產生茶葉的揮發性成分。

黃酮醇類是類黃酮類 (Flavonoids) 的主要組成之一，構造類似花青素。茶葉中的黃酮醇類主要包含槲皮素 (Quercetin)、山柰酚 (Kaempferol) 與楊梅素 (Myricetin) 等，顏色呈現黃色，以配醣體的形態存於茶葉中 (Peterson *et al.*, 2005)，易溶於水，是茶湯呈黃色水色以及苦澀味的主要因子之一 (甘, 1984; 曾及賈, 2003)。

茶葉中的酚酸類 (Phenolic acid) 包含沒食子酸 (Gallic acid)、咖啡酸 (Caffeic acid)、綠原酸 (Chlorogenic acid) 與茶沒食子酸 (Theogallin) 等，約佔茶葉乾重的 5% (Sanderson, 1972)。沒食子酸為苯甲酸 (Benzoic acid) 的衍生物，是一種普遍存在於綠色植物及水果的酚類化合物，為兒茶素酯化的關鍵物質，是茶湯澀味的來源之一；茶菁所含的酯型兒茶素，在製茶的過程中，有可能發生水解，並將沒食子酸釋出 (Tanaka *et al.*, 2002)。

2. 生物鹼

茶葉中的生物鹼包含咖啡因 (Caffeine)、茶鹼 (Theophylline)、及可可鹼 (Theobromine) 等，其中含量最高的為咖啡因，約佔乾重的 2%-5% (甘, 1982)。咖啡因具有苦味，已知能引起中樞神經系統的興奮作用，因此有提神醒腦的功效。茶葉中的咖啡因會隨著季節而有所差異，秋茶的咖啡因含量最高、夏茶次之，而春茶最低 (林等, 2009)。

3. 游離胺基酸

茶葉中含有二十多種游離胺基酸，包含茶胺酸 (Theanine)、丙胺酸 (Alanine)、精胺酸 (Arginine)、天門冬醯胺 (Asparagine)、麩胺酸 (Glutamic acid)、異白胺酸 (Isoleucine)、組胺酸 (Histidine)、白胺酸 (Leucine)、苯丙胺酸 (Phenylalanine)、絲胺酸 (Serine)、煙丁胺酸 (Threonine)、酪胺酸 (Tyrosine) 等，約佔乾重 4% (Sanderson, 1972)，其中以茶葉中特有且為主要運移行胺基酸的茶胺酸

含量最高，約佔乾重的 1%-2%。茶湯中的甘味和甜味與游離胺基酸的含量有關，是構成茶湯滋味的主要物質之一 (甘, 1984; 林等, 2009; Wang *et al.*, 2010)，對於綠茶品質的影響甚大。茶胺酸的含量愈高，綠茶品質愈佳 (Graham, 1992; Juneja *et al.*, 1999)。

就採摘季節而言，春季的氮代謝作用旺盛，故春茶中的游離胺基酸含量高於夏茶和秋茶；而由茶芽各部位來看，游離胺基酸在茶梗及嫩芽中含量最高，而茶梗中又比嫩芽與葉片高 4-5 倍，主要是因為茶梗中含有大量屬於運移行胺基酸的茶胺酸 (林等, 2009)所致。

(二)、揮發性有機化合物

茶葉中的揮發性有機化合物含量極少 (約佔乾重 0.01%)，卻是影響茶葉香氣的最主要成分；常見的茶葉揮發性有機化合物有醇類、醛類、酮類及酸類等 (Ho, *et al.*, 2015)。揮發性有機化合物的成分及組成十分複雜，目前已知有 600 多種揮發性有機化合物會在茶的製程中產生 (Ho, *et al.*, 2015)，使茶葉具有不同的香氣。茶葉的品種、生產季節及栽培方式都會影響揮發性成分的組成，但主要以製茶技術影響最大 (Cho *et al.*, 2007)。茶葉中的揮發性有機化合物依其來源主要分為四種，包含脂肪酸氧化降解的產物、黃烷酮醣苷的水解產物、 β -胡蘿蔔素的酵素分解產物 (林, 2013) 以及烘焙造成的梅納反應產物 (Ho, *et al.*, 2015)。

1.脂肪酸衍生揮發性化合物

脂肪酸衍生的揮發性物質，主要來自於不飽和脂肪酸的氧化。茶的不飽和脂肪酸氧化形成揮發性化合物通常有兩個主要途徑，自由基氧化及酵素性氧化。自由基氧化包含自然氧化、光氧化和熱氧化，其氧化速率會隨著脂肪酸的不飽和程度而增加。而酵素性氧化則是影響茶葉風味的主要途徑 (Ho, *et al.*, 2015)。茶葉中的不飽和脂肪酸，例如 α -次亞麻油酸 (α -Linolenic acid; 18:2, n-3)、亞麻油酸

(Linoleic acid; 18:2, n-6)、油酸 (Oleic acid; 18:1, n-9) 和棕櫚油酸 (Palmitoleic acid; 16:1, n-7) 為 6-10 個碳的揮發性脂肪酸氧化物的前驅物；其中， α -次亞麻油酸為最常見的前驅物。 α -次亞麻油酸藉由氧化脂酶 (Lipoxygenase) 的氧化，可生成 6 個碳之葉醇 (cis-3-Hexenol) 與青葉醛 (trans-2-Hexenal)，兩種具有青草味的揮發性有機化合物 (Hideki, 2009)。

2. 黃烷酮醣苷類衍生揮發性化合物

黃烷酮醣苷是由苷元與醣基結合而成的一類化合物，單獨在新鮮茶葉中時沒有氣味，但在茶葉製程中，受損的茶葉組織釋放酵素，水解醣苷鍵，進而釋放出揮發性香氣化合物，如單萜醇的芳樟醇 (Linalool)、芳樟醇氧化物 (Linalool oxides) 及香葉醇 (Geraniol) 或芳醇的苯甲醇 (Benzyl alcohol) 和苯乙醇 (Phenylethanol) (Yang *et al.*, 2013) 等。茶葉中常見的順-3-己烯醇 ((Z)-3-Hexenol) 又稱為葉醇 (Leafy alcohol)，在綠茶、青茶及紅茶中都有，但在綠茶中的濃度更高，可以經由脂質降解或在萎凋時由醣苷水解而來 (Ho, *et al.*, 2015)。但這些揮發性成分在不同茶類，對品質的貢獻度不同，例如葉醇在綠茶中屬於正向的貢獻度，青茶及紅茶則比較偏負向的貢獻度 (引用文獻)。

3. 類胡蘿蔔素衍生揮發性化合物

類胡蘿蔔素 (Carotenoids) 包含 β -胡蘿蔔素 (β -Carotene)、葉黃素 (Lutein)、玉米黃素 (Zeaxanthin)、新黃素 (Neoxanthin)、葉黃素類 (Xanthophyll) 及番茄紅素 (Lycopene) 等，已被證實為茶葉香氣的主要前驅物之一 (Ho, *et al.*, 2015)，對於茶葉的品質有重大的影響。

茶葉中類胡蘿蔔素的降解有兩種途徑，即酵素性及非酵素性氧化降解。酵素性氧化降解在茶菁發酵過程中，由二氧酶 (Dioxygenase) 催化，首先使類胡蘿蔔素被二氧酶裂解，形成初級氧化產物，隨後這種初級氧化產物，再進一步產生香氣

前驅物，然後再經酸水解釋放揮發性香氣化合物 (Ho, *et al.*, 2015)。茶葉中的類胡蘿蔔素之非酵素性氧化包含光氧化 (日光萎凋的日光照射過程)、自體氧化和熱降解 (炒菁、揉捻、乾燥的加熱過程)，在茶葉中主要受製造過程中加熱所造成之熱降解。非酵素性氧化之步驟為將化合物環氧化，再裂解雙鍵或環狀結構，進而形成直鏈或環狀的香氣化合物。 β -突厥薔薇酮 (β -Damascenone) 和 β -紫羅蘭酮 (β -Ionone) 為類胡蘿蔔素降解的兩種代表性香氣，其中 β -紫羅蘭酮是綠茶香氣中的重要貢獻者。

(三)、綠茶是否有發酵

由於綠茶的品質評定中，揮發性成分占有極高之比重，但揮發性物質大部分來自於發酵，而綠茶在炒菁前，通常會進行萎凋，同時也產生發酵作用。因此，萎凋與萎凋程度，理應是綠茶品質之重要決定因子之一。本研究即以‘青心烏龍’與‘青心柑仔’茶菁，探討萎凋對炒菁綠茶品質之影響。

材料與方法



一、綠茶之製程與處理判定

(一)、試驗一：萎凋程度對秋季‘青心烏龍’茶菁綠茶品質之影響

1.材料

植物材料為手採‘青心烏龍’品種之茶菁，於 2019 年 10 月 5 日採收，來源為新北市坪林區，採收成熟度為一心二葉、一心三葉及展開之對口葉。

2.處理

本試驗為 5 個含水率變級之單因子試驗，每個變級 3 重複，每重複茶菁 600 g，新鮮茶菁原始含水率為 72.75%，當每變級茶菁含水率約下降 1%時，即開始進行炒菁、揉捻及乾燥步驟，製作成綠茶成茶，5 個含水率變級分別為 70.71%、69.93%、68.89%、66.68%、65.40%，換算成失水率分別為 6.95%、9.24%、12.23%、18.31%、21.37%。

為得知新鮮茶菁原始含水率，先取出 100 g 新鮮茶菁放入烘箱，以 105°C 烘至恆重，即可得知新鮮茶菁含水率。

含水率之計算方法為 $\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$

失水率之計算方法為 $\frac{(\text{初始鮮重}-\text{炒菁前鮮重})}{\text{初始鮮重}} \times 100\%$

(二)、試驗二：萎凋程度對春季‘青心烏龍’茶菁綠茶品質之影響

1.材料

植物材料為手採‘青心烏龍’品種之茶菁，於 2020 年 5 月 2 日採收，來源為新北市坪林區，採收成熟度為幼嫩之一心二葉至一心三葉。

2.處理

本試驗為 5 個含水率變級之單因子試驗，每個變級 3 重複，每重複茶菁 600 g，新鮮茶菁原始含水率為 76.80%，當每變級茶菁含水率約下降 1%時，即開始進



行炒菁、揉捻及乾燥步驟，製作成綠茶成茶，5 個含水率變級分別為 71.73%、70.65%、69.76%、68.78%、67.72%，換算成失水率分別為 17.94%、20.68%、23.26%、25.69%、28.13%。

為得知新鮮茶菁原始含水率，先取出 100 g 新鮮茶菁放入烘箱，以 105°C 烘至恆重，即可得知新鮮茶菁含水率。

含水率之計算方法為 $\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$

失水率之計算方法為 $\frac{(\text{初始鮮重}-\text{炒菁前鮮重})}{\text{初始鮮重}} \times 100\%$

(三)、試驗三：萎凋程度對秋季‘青心柑仔’茶菁綠茶品質之影響

1.材料

植物材料為手採‘青心柑仔’品種之茶菁，於 2020 年 10 月 4 日採收，來源為新北市三峽區，採收成熟度為幼嫩之一心二葉至一心三葉。

2.處理

本試驗為 6 個含水率變級之單因子試驗，每個變級 3 重複，每重複茶菁 650 g，新鮮茶菁原始含水率為 76.34%，當每變級茶菁含水率約下降 1%時，即開始進行炒菁、揉捻及乾燥步驟，製作成綠茶成茶，6 個含水率變級分別為 75.16%、74.05%、71.57%、70.23%、69.49%，換算成失水率分別為 4.74%、8.81%、16.79%、20.53%、22.45%。

為得知新鮮茶菁原始含水率，先取出 100 g 新鮮茶菁放入烘箱，以 105°C 烘至恆重，即可得知新鮮茶菁含水率。

含水率之計算方法為 $\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$

失水率之計算方法為 $\frac{(\text{初始鮮重}-\text{炒菁前鮮重})}{\text{初始鮮重}} \times 100\%$



(四)、試驗四：萎凋程度對春季‘青心柑仔’茶菁綠茶品質之影響

1.材料

植物材料為手採‘青心柑仔’品種之茶菁，於 2021 年 4 月 18 日採收，來源為新北市三峽區，採收成熟度為幼嫩之一心二葉至一心三葉。

2.處理

本試驗為 6 個含水率變級之單因子試驗，每個變級 3 重複，每重複茶菁 700 g，新鮮茶菁原始含水率為 74.69%，當每變級茶菁含水率約下降 1%時，即開始進行炒菁、揉捻及乾燥步驟，製作成綠茶成茶，6 個含水率變級分別為 73.35%、72.25%、71.34%、70.66%、68.91%，換算成失水率分別為 5.00%、8.76%、11.69%、13.72%、18.57%。

為得知新鮮茶菁原始含水率，先取出 100 g 新鮮茶菁放入烘箱，以 105℃ 烘至恆重，即可得知新鮮茶菁含水率。

含水率之計算方法為
$$\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$$

失水率之計算方法為
$$\frac{(\text{初始鮮重}-\text{炒菁前鮮重})}{\text{初始鮮重}} \times 100\%$$

二、內容物分析

(一)、非揮發性化合物分析

1.總多元酚、總游離胺基酸及咖啡因含量測定

(1)茶湯內容物品質分析樣品萃取液製備

樣品以磨粉機粉碎後均質，分別取磨粉樣品 0.5 g 加入 45 mL 之沸騰二次逆滲透水（以下簡稱二次水），以 90℃ 熱水浴加熱 20 分鐘，再以冷水浴至室溫溫度，使用 Advantec No.2 濾紙抽氣過濾，最後以 Blaubrand A 級定量瓶定量至 50 mL，為茶葉萃取液。



(2)總多元酚分析

A.分析方法

以酒石酸亞鐵法測定萃取液之總多元酚含量 (Iwasa, 1975) ，將萃取液稀釋 5 倍為待測液。

取試管加入 0.5 mL 待測液或沒食子酸標準液，依序加入 0.5 mL 酒石酸亞鐵溶液及 1.5 mL 磷酸緩衝液，空白對照組則以二次水作為待測液，總容量為 2.5 mL。溶液經均勻震盪後靜置 30 min，再取 200 μ L，測定 540 nm 波長之吸光值，以沒食子酸標準液之吸光值製作檢量線，計算單位乾重之總多元酚含量。

B.分析儀器

(a)Bio Tek 微量盤分光光度計：

Epoch 2，購買自 Biotek 公司 (Biotek Co., Vermont, U.S.A.)

C.分析使用藥品

(a)酒石酸亞鐵溶液：

[0.1 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ + 0.5 g $\text{C}_4\text{H}_6\text{KNa} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$]，以二次水定量至 100 mL。

(b)磷酸緩衝液 (pH=7.5)：

[16.4104 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ + 1.3605 g KH_2PO_4]，以二次水定量至 1000 mL，並調整 pH 值至 7.5。

(c)沒食子酸標準液：

秤取 0.1g 沒食子酸，以二次水定量至 100 mL，是為 1000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 之食子酸標準母液，依序對半稀釋成五個濃度梯度分別為 500、250、125、67.5、37.25 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

(3)總游離胺基酸分析

A.分析方法

以 Ninhydrin 呈色法測定萃取液之總游離胺基酸含量(Nakagawa and Anan, 1979)，取 15mL 萃取液加入 0.15 g PVPP，以 150 rpm 速率震盪 30 min 後，使用 ADVANTEC No.1 濾紙過濾得澄清液。取 1 mL 待測胺基酸萃取液，依序加入 0.5 mL 0.2%氯化亞錫試劑、0.5 mL Ninhydrin 試劑，混合均勻後，經 100°C熱水浴 15 min，再水冷浴冷卻至室溫，加入 10 mL 50%酒精。利用光電比色計測定在 570 nm 波長下之吸光值，並利用檢量線計算單位乾重之總游離胺基酸含量。

B.使用藥品

(a)Ninhydrin 試劑：

秤取 3.000 g Ninhydrin，以 95%酒精定量為 100 mL，保存於棕瓶。

(b)氯化亞錫試劑：

秤取 0.1 g SnCl_2 加入 50 mL 醋酸緩衝溶液，攪拌均勻後放置於 4°C 冷藏待 12 hrs. 後使用。

(c)50%酒精：

取 95 %酒精 500 mL，加入二次水至 950 ML。

(d)醋酸緩衝液(pH=5.2)：

秤取 19 g $\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 完全溶解於 500 mL 二次水後，加入 36 mL 冰醋酸，再以二次水定量至 1000 mL。

(4)咖啡因之分析

A.分析方法

取 15 mL 萃取液加入 0.15 g PVPP，以 150 rpm 速率震盪 30 min 後，使用 Advantec No.1 濾紙過濾得澄清液。利用分光光度計測定在 276 nm 波長下之吸光值，並利用檢量線計算單位乾重之咖啡因含量

B.分析使用藥品

(a)咖啡因標準品：

配置 $100 \text{ mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ Stock solution，再稀釋至 10、20、30、40、50 $\text{mg} \cdot \text{Kg}^{-1}$ 。

(b) PVPP Solution：

取 0.2 g PVPP 溶於 30 mL dd H₂O。

(c) 空白對照 (Blank) 溶液配置：

1 mL PVPP Solution + 5 mL dd H₂O。

2. 個別兒茶素與沒食子酸之分析

茶葉萃取液以 $0.45 \text{ }\mu\text{m}$ 微過濾膜過濾，以高效液相層析(High Performance Liquid Chromatography, HPLC)法分析。

(1) 分析方法：

依據中華民國國家標準(CNS) 15022 類號 N6384「食品檢驗法-兒茶素之測定」之層析條件作細部微調進行分析。

Eluent A：0.1% Formic acid、Eluent B：100% Acetonitrile、Flow rate：1 mL/min、Detector：Agilent 1260 Diode Array Detector、Wave length：280 nm、Injection volume：10 μL

(2) 分析儀器：

A. 高效液相層析系統 (High Performance Liquid Chromatography, HPLC)：

型號 PU-2089 幫浦系統串接 AS-2057 自動進樣儀，搭配紫外線偵測儀器 UV-2075，以 LC-Net II/ADC 處理器與電腦連接處理數據。層吸管柱為 Symmetry C18 ($100\text{\AA}$, $5 \text{ }\mu\text{m}$, $4.6 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}$)，購買自沃特斯國際股份有限公司 (Waters, Massachusetts., U.S.A.)。

(3) 分析使用藥品：

A. 甲醇 Methanol：Merk (Darmstadt, German)，Reagent Ph Eur 等級。

B. 乙腈 Acetonitrile (ACN)：Merk (Darmstadt, German)。

C. 甲酸 Formic acid：Merk (Darmstadt, German)，GR 等級。



- D.沒食子酸 Gallic acid ($\geq 98\%$) : Fluka (Buchs, Switzerland) , HPLC 等級。
- E.兒茶素 (-)-Catechin, C ($\geq 97\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- F.兒茶素沒食子酸酯 (-)-Catechin gallate, CG ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- G.沒食子兒茶素 (-)-Gallocatechin, GC ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- H.表兒茶素 (-)-Epicatechin, EC ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- I.表沒食子兒茶素 (-)-Epigallocatechin, EGC ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- J.沒食子兒茶素沒食子酸酯 (-)-Gallocatechin gallate, GCG ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- K.表兒茶素沒食子酸酯 (-)-Epicatechin gallate, ECG ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。
- L.表沒食子兒茶素沒食子酸酯 (-)-Epigallocatechin gallate, EGCG ($\geq 98\%$) : Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA) , HPLC 等級。

(二)、揮發性化合物分析

1.分析方法

茶乾以磨粉機粉碎後均質，以氣相層析法檢測茶樣之揮發性有機化合物成分。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，使用分析管柱為 HP-5-MS (30 m x 0.25 mm ID) ，取 0.5 g 茶樣置於樣品瓶中，並加入 2 μ L 濃度為 5 ppm 之 Tridecane 作為內標，每處理三重複，轉速 250 rpm 搖晃、60°C 加熱 20 分鐘，以固相微萃取纖維 (solid phase

microextraction fiber, SPME, Supelco, USA) ，吸附揮發性成分 20 分鐘之後將 SPME 放入 GC 注射口，起始溫度 35°C 維持 2 分鐘，再以每分鐘 20°C 升溫至 70°C、每分鐘 7°C 升溫至 200°C、每分鐘 20°C 升溫至 300°C 持續 5 分鐘。標準質譜比對採用質譜檢索資料庫 Wiley 275 與 NIST05 (Wang, *et al.*, 2008) 。

2. 分析儀器

(1) 氣相層析質譜儀 (Gas Chromatography Mass Spectrometry, GC-MS)：

A. 氣象層析儀型號 HP-Agilent 5890 GC (Agilent, USA)。

B. 質譜儀型號 5975B MSD (Agilent, USA)。

(2) 固相微萃取裝置 (Solid Phase Microextraction, SPME)：

購買自思必可有限公司 (Supelco, USA)。

3. 分析使用藥品

(1) 正十三烷 Tridecane ($\geq 99\%$)：Sigma-Aldrich (St. Louis, Mo., USA)。

三、茶葉感官品評

各處理組之茶樣，依照國內慣行的國際標準 ISO 3103 茶葉感官品評法沖泡，即條形茶 3 g 注入 150 mL 之沸水，浸泡 5 分鐘之後倒出茶湯，待茶湯溫度降至 40-45°C 時，即可開始品飲。品評人員分為兩組，由黃騰鋒、陳右人、陳英玲及羅士凱 4 位具資深經驗之品評員為專家組，而另一組由臺灣大學園藝暨景觀學系碩士班研究生組成，為一般飲茶者。評茶項目包括茶葉外觀 (簡稱外觀) (20%)、茶湯水色 (簡稱水色) (20%)、茶湯香氣 (簡稱香氣) (30%) 及茶湯滋味 (簡稱滋味) (30%)，總分統計時依照以上加權比例計算。

四、統計分析方法

各項化學成分分析試驗均經三重覆採集樣品。試驗數據利用 CoStat 6.4 軟體 (CoHort Software, Monterey, CA, USA) 進行變方分析 (Analysis of Variance, ANOVA)，以最小顯著差異 (Least Significant Difference Test) 比較差異顯著性。

感官品評成績同樣以 CoStat 6.4 軟體進行變方分析，以最小顯著差異 (Least Significant Difference Test) 比較差異顯著性；同時與茶菁含水率及內容物分析結果，以 Sigmaplot 12.5 軟體，進行繪圖及迴歸分析。

結果與討論



一、萎凋失重對炒菁綠茶品質之影響

(一)、炒菁時含水率與失水率對炒菁綠茶品質之影響

1. 含水率與感官品評成績之關係

(1) ‘青心烏龍’綠茶

2019 年秋季以‘青心烏龍’之茶菁製作成的綠茶，經專家感官品評，在外觀、水色、香氣、滋味及總分上，不同含水率處理間均達到 5%顯著差異水準 (表 1)。而 2020 年春季綠茶於專家感官品評中，僅茶湯滋味的評分達到顯著差異水準，炒菁時茶菁含水率 71.73%、70.75% 及 69.76% 者顯著高於含水率 68.78% 及 67.72%，其餘如外觀、水色、香氣及總分的評分，處理間的差異均未達到顯著差異水準 (表 2)。一般飲茶者的感官品評僅於 2020 年春季綠茶進行，其中於香氣、滋味及總分三個項目的評分達到顯著差異水準 (表 3)。

茶葉感官品評總分，是由外觀、水色、香氣及滋味分別計分所加總而得，因此隨著含水率的下降，2019 年秋季綠茶總分得分有顯著愈低的情形 (圖 1E)。以外觀、水色、香氣及滋味加總的總分，迴歸分析推估含水率與總分分數的關係，屬於極顯著的直線迴歸，顯示在整個萎凋的過程中，隨著炒菁前萎凋強度愈強，茶菁品質愈差。亦即 2019 年秋季的‘青心烏龍’茶菁，在採摘後攤放約 1 小時即炒菁的處理 (含水率 70.71%) 品質最佳。

2020 年春季綠茶專家感官品評，含水率與總分於迴歸分析中，含水率於 69.09% 炒菁，所製成的綠茶會有最佳品質 (圖 2E)。一般飲茶者感官品評，在總分項目的得分最高者為含水率 69.75%，其次為含水率 70.46% 及 68.94%。以迴歸分析推估，當含水率 70.03% 時炒菁，綠茶品評總分最高 (圖 3E)。

2020 年春季綠茶專家組和一般飲茶者總分個別迴歸分析後，極值所在的含水率相似 (大約相差 1%)。如將專家組與一般飲茶者資料合併，可求得於含水率



69.43% 時，會有最高總分 (圖 4)。同為‘青心烏龍’品種所製之 2019 年秋季及 2020 年春季綠茶，兩季的專家感官品評總分分數，迴歸可求得於含水率 70.38% 時，綠茶的總體品質最佳 (圖 5)。綜合以上的數據，大致上可以推論出，綠茶在炒菁前，茶菁之含水率雖然在年度與季節間略有差異，但整體而言，‘青心烏龍’之茶菁含水率，大致在 69%-71% 間，綠茶的品質顯著較佳。

2019 年秋季綠茶茶葉 (毛茶) 外觀分數在茶菁含水率 70.71%，也就是萎凋 1 小時炒菁，顯著高於其他處理 (表 1)，雖然似乎有隨著炒菁前茶菁含水率的降低而下降，但迴歸分析結果並不顯著。此種現象可能是由於茶菁的原始含水率只有 72.25%，在低溫低濕 (25°C、RH 65%) 的環境下萎凋約一小時，含水率即下降至 70.71%，而萎凋時間愈長的處理含水率下降愈多，炒菁時容易過乾，造成揉捻時水分不足，較不易成形，因此外觀分數隨著含水率處理越低而下降 (圖 1A)。2020 年春季綠茶茶葉外觀，於專家感官品評及一般飲茶者品評，都沒有顯著差異 (表 2 與表 3)，但以迴歸分析可得兩者皆於含水率分別為 68.40% 及 68.65% 時，茶葉外觀分數最高 (圖 2A、圖 3A)。

2019 年秋季綠茶的茶湯水色得分，在炒菁前含水率 70.71% 及 69.93% 者，茶湯水色得分最高 (表 1)，而且與茶菁含水率呈現極顯著之直線負相關；而含水率較低的處理，可能因萎凋程度較高、時間較長，造成茶湯水色偏深黃色，不符合高品質綠茶的要求，即茶湯水色嫩綠、嫩黃綠和明亮的標準。2020 年春季綠茶茶湯水色，於專家及一般飲茶者感官品評，則沒有顯著差異 (表 2 與表 3)；但專家感官品評與含水率迴歸分析，可得含水率於 68.26% 時，茶湯水色最佳 (圖 2B)；而一般飲茶者則兩者之關係未達顯著差異水準。

2019 年秋季綠茶，茶葉香氣得分較高的處理為炒菁前含水率 70.71%、69.93% 及 68.89% 之處理 (表 1)。以迴歸分析含水率與香氣之間的關係，香氣評分隨著含水率的下降有顯著降低的趨勢；亦即，最高含水率的處理 (含水率 70.71%)，香氣評價最高 (圖 1C)。2020 年春季綠茶專家感官品評，於香氣的品評則沒有顯著差異

(表 2)，但以迴歸分析結果雖然顯示茶菁含水率於 69.15%時，有最高的香氣評價，但相關性未達差異顯著水準(圖 2C)。一般飲茶者香氣得分於含水率 70.46%、69.75%及 68.94%處理時得分顯著較高(表 3)，且有隨著含水率下降，香氣得分愈低的情形(圖 3C)。對於含水率較高的處理所給予的評語為，較有綠茶味、綠豆香及花香；而含水率最低的處理的評語則是，有包種茶的花香且帶有悶味(紀錄於評分表評語中)。

2019 年‘青心烏龍’秋季採收的茶菁製成之綠茶，共可分析得 35 種揮發性化合物，而 2020 年春季‘青心烏龍’綠茶，共可分析得 36 種揮發性化合物。將各揮發性化合物之峰域 (Peak area)，除以內標正十三烷 (Tridecane) 之峰域，取得相對峰域 (Relative peak area, RPA)，再加上該成分之性質、分子量、氣味特性，所得之結果如表 4 與表 5。

再將揮發性成分依其化學類型，分為萜烯類 (Terpenes)、醇類 (Alcohols)、醛類 (Aldehydes)、酮類 (Ketones)、酯類 (Esters)及其它 (Others)六類，並計算其在總峰域所占百分比，將相對量與百分比之結果列於表 6 至表 9。

2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶中，揮發性物質相對峰域總量，除茶菁含水率 69.93% (B 處理) 之外，大致隨含水率下降而增加(表 6)。由於揮發性物質是因發酵而產生，可能是因為萎凋強度提高，使茶菁發酵程度提高有關。

2019 年秋季綠茶毛茶中，萜烯類相對峰域總量(表 6) 與其在揮發性成分之佔比(表 7)，雖然在茶菁含水率最高的處理最高，但與茶菁含水率間似乎無關聯；迴歸分析之結果亦同(圖 6A、B)。2020 年春季綠茶，萜烯類相對峰域百分比，於含水率較高的 3 個處理較低(<34.52%)，而含水率較低的 2 個處理，相對峰域百分比比較高(>60.61%)(表 9)。

2020 年春季綠茶中的萜烯類揮發性香氣化合物，包含 α -Pinene、Sabinene、 β -Pinene、Myrcene、 α -Terpinene、trans- β -Ocimene、 γ -Terpinene、Terpinolene、 α -Copaene、 β -Caryophyllene、E,E- α -Farnesene 及 δ -Cadinene，這些揮發性化合物的

氣味描述為草本香、木質香、胡椒香、柑橘香 (表 5)。其中 Sabinene、 α -Terpinene、 γ -Terpinene、Terpinolene、 α -Copaene、 β -Caryophyllene 及 δ -Cadinene 都是帶有木質香的氣味，不是綠茶中應有的香氣調性，因此與品評香氣分數呈負相關 (圖 7A、B)。炒菁前含水率與萜烯類成分迴歸分析呈負相關，萜烯類成分與專家品評香氣分數迴歸也呈負相關，因此炒菁前含水率愈低，萜烯類成分愈多，香氣的評價也隨之降低 (圖 7A、B)。

2019 年秋季綠茶醇類化合物，於含水率較高的 2 個處理，相對峰域低於 36.79，含水率較低的 3 個處理相對峰域則介於 40.76 到 53.82 之間 (表 6)。醇類相對峰域百分比，於含水率最低的處理最高 (37.74%)，其它處理則約佔香氣組成之 30% (表 7)。炒菁前含水率與醇類相對峰域迴歸分析，發現醇類相對峰域與含水率呈負相關，相對峰域隨著含水率的下降而上升，且醇類之相對峰域與香氣分數也呈現負相關，即愈低的炒菁前含水率，醇類的成分愈高，且對綠茶的香氣品評造成負面的影響 (圖 6C、D)。2019 年秋季綠茶中的醇類化合物包含 cis-3-Hexenol、2-Ethyl-1-hexanol、Benzenemethanol、Benzeneethanol、Geraniol 及 d-Nerolidol，這些化合物具有青草香、柑橘香、花香及甜香，且除了 cis-3-Hexenol 之外，其餘都是花香調性的香氣化合物，這些是綠茶中常出現的香氣，但與香氣分數迴歸的結果卻呈負相關，或許與醇類成分濃度高低有關 (表 4、圖 6C、D)。

2020 年春季綠茶，醇類於含水率較高的 3 個處理，相對峰域百分比比較高 (35.69%-47.09%)，而含水率較低的 2 個處理，相對峰域百分比比較低 (<10.83%) (表 9)。將含水率與醇類成分相對峰域迴歸分析，結果呈現正相關，並在含水率 69.38% 有一個極值，再進一步將醇類成分相對峰域，與專家感官品評香氣分數迴歸分析，結果也呈正相關 (圖 7C、D)。顯示於含水率 69.38% 時炒菁，可獲得最高的醇類化合物，且較多的醇類化合物，對品評中香氣的分數有益。2020 年春季綠茶中的醇類包含 2-Ethyl-1-hexanol、Benzenemethanol、Benzeneethanol、Linalool

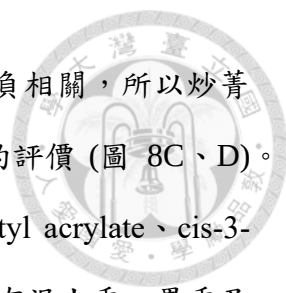
oxide III、Linalool oxide IV 以及 Geraniol，氣味描述為柑橘香、甜香、花香及玫瑰花香，這些花香調性的香氣，對於綠茶風味有正面的影響(表 5)。

2019 年秋季綠茶，醛類相對峰域與含水率迴歸分析，結果顯示兩者之間關聯性不大(圖 6E)。2020 年春季綠茶，醛類相對峰域及其百分比，於含水率較高的 3 個處理較低(<9.09、<9.78%)，而含水率較低的 2 個處理，相對峰域及其百分比比較高(>19.20、>15.50%)(表 8、9)。2020 年春季綠茶，醛類化合物包含 Furfural、Benzaldehyde、(E,E)-2,4-Heptadienal、Benzeneacetaldehyde 及 β -Cyclocitral，氣味描述為烤麵包香、甜香、蔬菜香、青草香及草本香，其中 Furfural 是具有烤麵包香的香氣化合物，於含水率最低的 2 個處理出現，所以與含水率迴歸呈負相關，推測應是由於本次試驗的操作人員，炒菁的操作經驗不足，於含水率較低的處理炒菁時間過長，而產生烘烤香，對綠茶品質造成負面影響(表 5、圖 7E、F)。

2019 年秋季綠茶酮類物質，於含水率 66.68%的處理有較高的相對峰域(6.96)，但在整體香氣化合物相對峰域之百分比所佔的比例，則是含水率 69.93%的處理最高(表 6、7)。將含水率與酮類的相對峰域迴歸分析，於含水率 67.66%時，會有最高的酮類成分，但將酮類成分與品評香氣分數迴歸分析，發現兩者之間關聯性不大(圖 8A、B)。

2020 年春季綠茶酮類化合物，在含水率最高的處理有最高的相對峰域(6.35)，組成百分比也有同樣的情形(5.13%)，且酮類的相對峰域會隨著含水率的下降而有上升的趨勢，與品評的香氣分數也呈負相關(表 8、9、圖 9A、B)。所以含水率愈低的處理，酮類成分相對峰域愈高，品評的成績也較差。

2019 年秋季綠茶酯類化合物，於較低的炒菁前含水率，有增加的趨勢，酯類於含水率較高的 3 個處理，有較低的相對峰域(<15.51)，而含水率較低的 2 個處理，酯類化合物的相對峰域較高(25.75-30.01)(表 6)。含水率較高的 3 個處理，酯類組成所佔百分比比較低(8.55%-11.94%)，而含水率較低的 2 個處理，酯類組成百分比比較高(18.10%-21.04%)(表 7)。炒菁前含水率與酯類迴歸分析，發現酯類相對



峰域與含水率呈負相關，且酯類之相對峰域與香氣分數也呈現負相關，所以炒菁前含水率愈低，酯類成分愈高，並對綠茶的香氣品評產生負面的評價 (圖 8C、D)。酯類揮發性香氣化合物包含 2-Ethylhexyl acetate、6-Methylheptyl acrylate、cis-3-Hexenyl hexanoate 及 cis-3-Hexenyl benzoate，以上氣味則分別具有泥土香、果香及青草香，但沒有關於 6-Methylheptyl acrylate 的氣味描述。Lin 等 (2012) 的研究中，發現 cis-3-Hexenyl hexanoate 存在於龍井茶中，又以二級龍井茶的含量高於一級龍井茶含量。因龍井茶於香氣的評鑑追求鮮爽醇和的氣味，所以出現果香或是花香會歸類為較次一級之龍井茶。本次試驗品評中，含水率較低的處理花香、果香及甜香的香氣分子之相對峰域較高，可能是造成此次試驗與香氣分數呈現負相關的因子 (表 4、圖 8C、D)。

2020 年春季綠茶酯類相對峰域，於含水率較高的 3 個處理，相對峰域較高 (>10.55)，而含水率較低的 2 個處理，相對峰域較低 (1.50)、甚至沒有出現酯類化合物 (表 8)。酯類的相對峰域百分比，在含水率較高的處理，佔 12.49%-14.68%，而含水率較低的處理佔 0%-1.21% (表 9)。酯類化合物包含 2-Ethylhexyl acetate (泥土香) 及 6-Methylheptyl acrylate (沒有氣味描述)。含水率最高的前 3 個處理，2-Ethylhexyl acetate 都有出現，但並不影響品評香氣分數的評價 (表 5、圖 9C、D)。

因此，2019 年秋季綠茶感官品評的結果，與香氣分析中化合物化學類別組成之變動有關，特別是醇類和酯類。但相對的，在輕發酵的部分發酵茶，例如條型包種茶，兩者之評價則完全相反。本次試驗，萎凋過程僅有靜置，並未如包種茶般，在一定萎凋程度後給予攪拌，但成品在較長期萎凋後，仍易產生屬於較偏包種茶之揮發性成分。因此，從揮發性成分之組成，似乎也可以做為萎凋程度的指標。2020 年春季綠茶品評的結果，與萜烯類及醇類的組成百分比變動有關，其中萜烯類因為帶有較多的木質香之香氣化合物，所以對香氣產生負面的評價，但為何同為‘青心烏龍’品種所製的綠茶，在春季會產生較多的木質香氣，目前則不得

而知。醇類則是帶有花香及甜香的化合物，適度的萎凋會使其上升，對於綠茶的香氣有正面影響。

2019 年秋季綠茶，茶湯滋味得分由專家感官品評之結果，於含水率 70.71% 下炒菁，給予的評語是茶湯略澀，隨著含水率的下降，於含水率 68.89% 時，茶湯較為帶有明顯苦味，含水率 65.40% 時，茶湯已同時具有較明顯苦味及澀味。綠茶的苦澀味隨著含水率的下降而增加，不符合優質綠茶鮮爽、鮮醇及濃厚的標準，因此含水率低於 70% 的處理，茶湯滋味得分較低 (表 1)。

2020 年春季綠茶於專家感官品評中，茶湯滋味的評分達到顯著差異水準，含水率 70.46%、69.75% 及 68.94% 顯著高於含水率 67.81% 及 67.00% (表 2)。含水率與茶湯滋味分數迴歸分析中，含水率於 69.94% 者，所製成的綠茶滋味得分最高 (圖 2)。在專家感官品評的評語中，於含水率 70.46% 的處理，評語為茶湯帶苦但香氣足；含水率 69.75% 時，為茶湯略苦澀但口感醇厚；而含水率較低的處理 (67.81% 及 67.00%) 評語則是，茶湯苦澀感重、醇厚感不足。綠茶的苦澀味隨著含水率的下降而上升，不符合優質綠茶的標準，因此含水率較低的處理，茶湯滋味得分較低。

2020 年春季綠茶於一般飲茶者的滋味感官品評中，含水率較高的處理得分較高，與專家感官品評有相同的趨勢，以含水率 70.46% 及 69.75% 得分較高，茶湯滋味的評語為甘甜、有膠質感。茶湯滋味得分最低者為含水率最低者 (67.00%)，對於其滋味的描述為口感較澀。

(2)‘青心柑仔’綠茶

2020 年秋季綠茶除香氣之外，於外觀、水色、滋味及總分，處理間皆達到極顯著差異的水準 (表 10)。2021 年春季綠茶則在各項品評指標裡，亦皆達到極顯著差異的水準 (表 11)。



2020 秋季綠茶茶葉外觀得分最高者，為含水率 71.36% 的處理，其次為含水率 68.95%，整體的趨勢有含水率愈高，分數愈低的情形，這可能是由於茶菁所含水份過多，炒菁所產生的水氣，無法有效從炒鍋內快速排除，使得茶葉被悶黃，造成茶葉顏色較不翠綠。透過迴歸分析可得知，兩者為二次迴歸關係，於含水率 69.69% 時，茶葉外觀得分最高，但彼此之相關性未達差異顯著水準 (圖 10A)。2021 年春季綠茶外觀得分最高者為含水率最高者 (74.69%)，隨著含水率下降至 71.57% 時，外觀分數都會隨之下降，但含水率下降至約 70%，外觀分數又有略微上升，並且呈極顯著差異的水準 (圖 11A)，與 2019 年秋季綠茶以及 2020 年秋季綠茶，於含水率約 70%-71% 時，會有最高的外觀分數的情況不同。而造成此結果的原因，有可能是因試驗之每一重複茶菁重量，不足以使用揉捻機揉捻，而採用手工的方式進行揉捻，壓力不均勻所致。

2020 秋季綠茶茶湯水色得分，於含水率 73.48% 及 70.96% 的處理，顯著高於其它處理，迴歸分析可求得於含水率 72.83% 時，茶湯水色分數最高，表示萎凋程度太輕或過重，會對茶湯水色造成不良的影響 (表 10、圖 10B)。2021 年春季綠茶水色得分最高者為含水率 70.06% 的處理，其次為含水率 72.73%，整體趨勢高低起伏不穩定，但有含水率愈低，茶湯水色評分愈高的情形 (表 11、圖 11B)。

2020 秋季綠茶茶湯香氣的分數雖沒有達到顯著差異水準 (表 10)；且與茶菁含水率間關係不密切 (圖 10C)，但在專家的評語中，含水率高於 73.48% 的處理，綠茶香較低、青草味較濃；而含水率低於 73.48% 的處理，綠茶香較濃、帶有海苔香、豆香及一點點花香。含水率與香氣之間的關係，以迴歸的方式可求得於含水率 72.27% 時，會有最佳的綠茶香氣。

2021 年春季綠茶香氣得分最高者為含水率 72.73% 及 71.52% 的處理，其次為含水率 70.06%，以迴歸分析含水率與香氣分數之間的關係，可求得於含水率 71.25% 時，綠茶香氣得分最高 (表 11、圖 11C)。專家對含水率 74.69% 和 73.82%

的處理，茶湯香氣的評語分別為，沒有綠茶香氣、略帶綠茶香氣；含水率 72.73% 及 71.76% 評語為，帶淡綠茶香氣；含水率最低的 2 個處理則是帶綠茶香。

2020 年秋季綠茶炒菁前含水率，與六種類型揮發性成分迴歸分析，萜烯類與含水率及香氣品評之間沒有關聯性，且 2021 年春季綠茶也一樣沒有關聯性 (圖 12A、B；圖 13A、B)。

2020 年秋季綠茶含水率與醇類相對峰域呈負相關，與香氣品評分數則沒有關聯性 (圖 12C、D)。表示 2020 年秋季綠茶的炒菁前含水率愈低，會使醇類物質上升，卻不會影響到品評的結果，可能醇類在本次試驗中影響不大。2021 年春季綠茶含水率與醇類成分相對峰域也呈負相關，但與專家感官品評香氣分數迴歸分析，結果呈正相關 (圖 13C、D)。即含水率較低的處理，醇類成分相對峰域會較高，並在感官品評中，對香氣有正面的影響。醇類的 Linalool oxide II、Linalool、Linalool oxide III 及 Nerol，氣味的描述為花香、橙花香；醛類的 Benzaldehyde 及 Benzeneacetaldehyde，氣味描述為甜香、青草香 (表 13)，這些都是碧螺春及龍井茶的常見的香氣物質 (Lin *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2016)。

2020 年秋季綠茶含水率與醛類成分呈中度相關，但與香氣品評分數相關性不顯著 (圖 12E、F)。2021 年春季綠茶含水率與醛類成分呈高度相關，且與香氣品評分數呈正相關，即炒菁前含水率愈低，香氣的評價愈高 (圖 13E、F)。2021 年的春季綠茶，檢測到的醛類包含 Heptanal、Benzaldehyde、(E,E)-2,4-Heptadienal、Benzeneacetaldehyde、 β -Cyclocitral，氣味描述為青草香、甜香、蔬菜香、花香及草本香，這些氣味對於綠茶的香氣都有正面的影響 (表 13)。

2020 年秋季及 2021 年春季綠茶，炒菁前含水率與酮類成分呈負相關，但與香氣品評分數相關性不顯著 (圖 14A、B；圖 15A、B)。所以兩季的‘青心柑仔’茶菁製作成綠茶時，炒菁前含水率雖然會影響酮類的相對峰域含量，但對於綠茶的香氣沒有影響或影響不大。

2020 年秋季綠茶沒有出現酯類化合物，而 2021 年春季綠茶的酯類化合物，只出現於含水率 72.73% 的處理，此化合物為 cis-3-Hexenyl hexanoate，氣味的描述為果香、青草香或熱帶水果香 (表 13)。

2020 年秋季及 2021 年春季綠茶，炒菁前含水率與其它類香氣化合物沒有相關性，且與香氣品評分數相關性也不顯著 (圖 14C、D；圖 15E、F)。表示使用‘青心柑仔’茶菁於兩季製作綠茶時，其它類的香氣物質，不是影響香氣的主要因素。

2020 秋季綠茶滋味得分最高者為茶菁含水率 70.96% 的處理，其次為茶菁含水率 73.48% 及 68.95% 者，以迴歸分析之結果看整體的趨勢，並未達到顯著差異水準 (表 10、圖 10D)，但以含水率大於 73.48% 的處理，茶湯滋味的得分較低，專家的評語為，苦澀感重、甘甜度及醇厚程度略低；而炒菁前含水率 73.48% 以下的處理，茶湯滋味得分較高，專家的評語為，苦澀感較低、味道甘甜且醇厚。以迴歸的方式推估含水率與滋味的關係，可求得理論上於茶菁含水率 70.58% 時炒菁，綠茶滋味得分最高 (圖 10D)。2021 年春季綠茶滋味的分數最高者為含水率 72.73% 的處理，其次為含水率 71.25% 及 70.06% (表 11)。專家對含水率 74.69% 和 73.82% 的處理，茶湯滋味的評語為，苦味重、澀感略強；而隨著含水率的下降，於含水率 72.72% 及 71.76% 時，評語為茶湯略帶苦味、稍有澀感；含水率最低的 2 個處理，苦味及澀味最低。含水率與滋味分數之間的關係，以迴歸分析推估，可求得於含水率 71.11% 時，會有最好的綠茶滋味 (圖 11D)。

2020 秋季綠茶總分分數最高者，為含水率 70.96% 及 73.48% 的處理，顯著高於其它處理 (表 10)。含水率與總分以迴歸分析，於含水率 71.49% 時，有最高的品評總分 (圖 10E)。2021 年春季綠茶總分分數最高者為含水率 70.06% 及 72.73% 的處理 (表 11)。以外觀、水色、香氣及滋味加總的總分，迴歸分析含水率與總分分數的關係，無法求得極值，可能表示於該次品評中，很大的程度受到茶葉外觀及茶湯水色的影響。於是將外觀及水色分數扣除並再一次分析，可求得最佳含水率 71.16% (圖 11G)。

2020 年秋季與 2021 年春季綠茶，都以‘青心柑仔’為試驗材料，兩者的最佳炒菁前含水率以變方分析看，大約為 70%-73%間，由於區間較大，表示初始含水率於不同季節上，會有很大的差異，但要做出滋味好、香氣佳的綠茶，可以參考此含水率，作為製茶上的依據。

‘青心柑仔’與‘青心烏龍’品種所製之綠茶相較之下，茶湯香氣偏向傳統綠茶之海苔香及豆香，而‘青心烏龍’於萎凋過程中，氣味變化較豐富，較高含水率的處理會有青草香、蔬菜香、豆香；含水率較低的處理則會出現較多的花香氣味，這或許與品種本身的特性有關，抑或是與茶菁採摘的成熟度有關。‘青心柑仔’採收幼嫩之一心二葉茶菁，而‘青心烏龍’則採收一心二葉至展開之對口葉，較成熟之茶菁在萎凋過程中，產生較多類似包種茶的香氣物質，所以造成本試驗‘青心烏龍’品種產生較多和花香有關的化合物。

2.失水率與感官品評成績之關係

2019 年秋季綠茶以迴歸分析，可求得於失水率 7.23% 時香氣最佳，而外觀、滋味及總分分數與失水率呈顯著負相關，因此 2019 年秋季綠茶，經過短時間攤放後即可炒菁，以獲得最佳的品質 (圖 16)。

2020 年春季綠茶的專家品評，迴歸分析失水率與香氣分數之間的關係，可以求得於失水率 21.84% (含水率 69.15%) 時，綠茶的香氣最高 (圖 17C)。而總分分數，於失水率 22.03% (含水率 69.09%) 時，所製成的綠茶會有最高總分 (圖 17E)。一般飲茶者品評失水率與香氣的關係，於失水率最高的處理時，香氣得分最高 (圖 18C)。與總分之間的關係，以迴歸分析推估，可以求得於茶菁失水率 19.82% (含水率 70.03%) 時炒菁，理論上綠茶品質最佳 (圖 18E)。

2019 年秋季及 2020 年春季綠茶，所採摘的茶菁皆為‘青心烏龍’。由於坪林地區春季雨水充沛，雖已選擇天晴無雲霧的天氣採收茶菁，但春季茶菁原始含水量

還是較秋季為高，所以春季綠茶需要萎凋至失水率約 18%-21%，才可使茶菁含水率達到 70%，而秋季綠茶要達成相同的含水率，失水率則僅有約 7%-10%。

2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶採摘成熟度為一心二葉、一心三葉及展開之對口葉，而 2020 年‘青心烏龍’春季則採摘幼嫩之一心二葉至一心三葉的茶菁。較幼嫩的茶菁之含水率，比起成熟的茶菁，含水率會較高(李, 1954)。因此，採摘成熟度也是影響茶菁原始含水率，並且影響到後續萎凋的因子之一。

2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶，以迴歸分析失水率與總分之間的關係，於茶菁失水率 20.77% (含水率 71.49%) 時炒菁，理論上會有最高的品評總分，但彼此之相關性未達差異顯著水準(圖 19E)。

2021 年‘青心柑仔’春季綠茶失水率與香氣之間的關係，以迴歸分析可求得於茶菁失水率 15.56% (含水率 71.25%) 時炒菁，會有最佳的綠茶香氣(圖 20C)；失水率與滋味之間的關係，可求得於茶菁失水率 15.96% (含水率 71.11%) 時炒菁，理論上綠茶滋味最佳(圖 20D)。總分分數受茶葉外觀及茶湯水色分數影響，無法在試驗範圍內找出極值，因此將總分扣除外觀及水色分數之後，可得於失水率 15.68% 時，茶葉的香氣及滋味綜合評分較佳(圖 20G)。

不同季節的茶菁要做出高品質的綠茶，若以炒菁前失水率的角度來看，變化幅度極大，因受到天氣及採摘成熟度影響，茶菁內的水分含量差異極大，而炒菁前最佳含水率則不受到其它干擾因素的影響，是一個較為穩定的方法。因此採摘後進行萎凋的同時，可先取少量樣品，以 105℃ 的溫度將茶菁烘乾至恆重，即可計算茶菁初始含水率。使用含水率來決定萎凋的程度，在適當的含水率進行炒菁，此種模式是可以被複製且應用的，所以在製作茶葉時，使用含水率作為指標較為合適。

(二)、萎凋與含水率與內容物之關係

四次試驗的綠茶，總多元酚類在不同含水率炒菁的處理下比較，處理間的差異皆達顯著差異水準(表 18-21)。總多元酚含量呈高低起伏不太穩定，這可能是因為兒茶素皆具有單體及二聚體的形式，並存在於綠茶、部分發酵茶及紅茶之中。兒茶素二聚體在發酵過程中，會裂解形成單體兒茶素，所以在萎凋的過程中，會呈現上下的波動(楊, 2018)。

總游離胺基酸含量於 2019 年秋季及 2020 年春季綠茶，在不同含水率炒菁的處理下沒有顯著差異(表 18、19)。2019 年秋季採收的茶菁，可能是因茶菁採收成熟度較高，因此單位重量內的總游離胺基酸含量較低。而 2020 年春季綠茶，由於萎凋的室內環境相對濕度較高(73%-83%)，因此要達到下一個級距的含水率，所需的時間較長，從採收完成算起，至最低含水率的處理茶菁進行炒菁，時長總共 16.5 小時，約為其它 3 次試驗時間長度的 2 倍。而萎凋時間過長，會造成總游離胺基酸的含量下降，可能是本次試驗的總游離胺基酸沒有顯著差異的原因。

同為‘青心柑仔’品種的 2020 年秋季綠茶及 2021 年春季綠茶，總游離胺基酸在處理間皆達到顯著差異水準。2020 年秋季綠茶總游離胺基酸含量之變化，於含水率 73.48% 以下之處理有較高的含量，皆達到 $30.72 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 以上，而含水率 73.48% 以下的處理，則低於 $19.47 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (表 20)。2021 年春季綠茶總游離胺基酸含量之變化，含量最高者為含水率 71.52% 處理，含量為 $16.36 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，胺基酸含量最低者為含水率 74.69%，其含量為 $10.86 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，胺基酸含量最高者比最低者多出約 51% 的含量(表 21)。

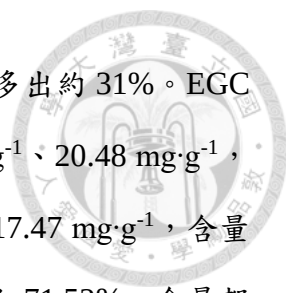
2019 年秋季及 2020 年春季綠茶咖啡因的含量，皆未達顯著差異水準(表 18、19)。2020 年秋季綠茶咖啡因含量最高者為含水率 70.96% 的處理，含量達 $52.18 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，其次為含水率 71.36%、68.95%，隨著含水率下降，咖啡因含量上下起伏(表 20)。2021 年春季綠茶於含水率最低的處理，有最高的咖啡因含量($46.98 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)，但在含水率 72.73% 時，有最低的咖啡因含量($39.76 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$)，整體的趨勢為先降後升(表 21)。

2019 年秋季綠茶的 GA (沒食子酸) 含量之變化，在含水率 66.68% 及 65.40% 時炒菁與其它處理間，達到顯著差異水準，分別為 $0.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $0.39 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (表 22)。綠茶中的 Catechin (C) 含量在含水率 66.68% 時最高，含量為 $2.88 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，和含水率 70.71% 及 69.93% 達到顯著差異水準，其含量分別為 $1.88 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 和 $1.65 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。GC、EGC、EC、EGCG、GCG、ECG 及 CG 含量的變化，在不同含水率炒菁的處理下比較，處理間的差異均未達到顯著差異水準。游離型兒茶素 (包含 GC、EGC、C 及 EC) 和酯型兒茶素 (包含 EGCG、GCG、ECG 及 CG)，處理間含量的變化未達到顯著差異水準 (表 26)。

2020 年春季綠茶的 Catechin (C) 含量之變化，在含水率 67.81% 時炒菁最高，含量為 $8.87 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，與其它處理間達到顯著差異水準 (表 23)。EC 含量之變化，在含水率 68.94% 時炒菁最高，含量為 $9.80 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，與其它處理間達到顯著差異水準。其餘個別兒茶素如 GC、EGC、EGCG、GCG、ECG、CG 及 GA 含量的變化，在不同含水率炒菁的處理下比較，處理間的差異均未達到顯著差異水準。游離型兒茶素及酯型兒茶素，和 2019 年秋季綠茶結果相同，處理間含量的變化未達到顯著差異水準 (表 27)。

2020 年秋季綠茶的 GCG 含量之變化，在含水率 74.70% 時炒菁與其它處理間，達到顯著差異水準，其含量為 $38.70 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，其次依序為含水率 70.96%、68.95%、76.16%、71.36% 及 73.48% (表 24)。其餘個別兒茶素如 GC、EGC、C、EC、EGCG、ECG、CG 及 GA 含量的變化，在不同含水率炒菁的處理下比較，處理間的差異均未達到顯著差異水準。游離型兒茶素及酯型兒茶素，處理間含量的變化未達到顯著差異水準 (表 28)。

2021 年春季綠茶的 GA、GC、EGC、C 及 CG 含量之變化，處理間達到顯著差異水準 (表 25)。GA 含量最高者為含水率 70.06% 及 71.76%，其含量分別為 $1.19 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $1.11 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，最低者為含水率 74.69% 含量為 $0.89 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，含量最高者比最低者多出約 33%。GC 含量最高者為含水率 71.52%，最低者為含水率 74.69%，



其含量分別為 $7.74 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $5.89 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，含量最高者比最低者多出約 31%。EGC 含量最高者為含水率 71.52% 及 71.76%，含量分別為 $20.63 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $20.48 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，最低者為含水率 74.69% 及 72.73%，含量分別為 $17.45 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $17.47 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，含量最高者比最低者多出約 18%。C 含量最高者為含水率 70.66% 及 71.52%，含量都是 $15.83 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，最低者為含水率 74.69%，含量為 $13.24 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，含量最高者比最低者多出約 19%。CG 含量最高者為含水率 74.69%，最低者為含水率 71.52%，其含量分別為 $2.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 及 $1.64 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，含量最高者比最低者多出約 44%。GA、GC、EGC 及 C 的含量有隨著含水率降低而增加的趨勢，而 CG 含量則隨著含水率降低而下降。其他個別兒茶素如 EC、EGCG、GCG 及 ECG 含量，處理間皆未達到顯著差異水準。游離型兒茶素 (GC、EGC、C 及 EC) 含量，處理間達到顯著差異水準，含水率較低的處理 (含水率 71.76%、71.52%、70.06%) 有較高的游離型兒茶素含量，約比最低者 (含水率 74.69%) 多出 20% 的游離型兒茶素含量 (表 29)。酯型兒茶素含量於處理間，未達到顯著差異水準。

二、春秋季節茶菁萎凋失水效益之比較

(一)、「青心烏龍」品種茶菁萎凋條件對萎凋失水速率之影響

2019 年秋季綠茶萎凋時間共 8.5 小時，萎凋溫度為 25°C ，相對溼度為 65%，萎凋失水速率為每小時 2.51%。2020 年春季綠茶萎凋時間共 16.5 小時，萎凋溫度為 24°C - 25°C ，相對溼度為 73%-83%，萎凋失水速率為每小時 1.71%。

2020 年春季綠茶的萎凋時間，約是 2019 年秋季綠茶萎凋時間的 2 倍，萎凋失水速率也較緩慢，除萎凋溫度與相對濕度的影響，且與茶菁原始含水率也有關。2019 年秋季綠茶茶菁原始含水率為 72.75%，2020 年春季綠茶茶菁原始含水率為 76.8%，兩個季節的茶菁萎凋至含水率約 70%，2020 年春季綠茶所要去除的水分較多，也是造成萎凋速度較緩慢的原因之一。

(二)、「青心柑仔」品種茶菁萎凋條件對萎凋失水速率之影響

2020 年秋季及 2021 年春季綠茶，均使用一心二葉初展之「青心柑仔」茶菁為原料，秋季綠茶室內萎凋溫度為 30°C-32°C、相對溼度 85%-93%、茶菁原始含水率 76.34%；春季綠茶萎凋溫度為 22.9°C-23.4°C、相對溼度 52%-53%、菁原始含水率 75.31%。秋季相對於春季的萎凋環境，較為高溫高濕，而春季則為低溫低濕的環境。秋季綠茶萎凋時間共 9.5 小時，萎凋失水速率為每小時 2.16%；春季綠茶萎凋時間共 9 小時，萎凋失水速率為每小時 2.06%。高溫及低濕的條件使茶菁萎凋失水速率加快，而低溫及高濕環境則相反。

2020 年秋季綠茶萎凋時，較高的溫度應使得萎凋失水速率加速，但相對濕度也高的情況下，使得萎凋失水速率不如預期中的快速；而 2021 年春季綠茶萎凋時，較低的溫度使得萎凋失水速率降低，但相對濕度低的情況使得萎凋失水速率加速。兩個季節的溫度及相對濕度處於兩個極端條件下，似乎有互相抵銷的情形，因此在 2020 年秋季及 2021 年春季，兩者的萎凋失水速率差異不大。

結論



國人習慣飲用青茶類，但近年來由於其它茶類的保健作用也開始為人所知，尤其以綠茶最為受到重視，所以需瞭解如何做出符合消費者口味的綠茶。臺灣傳統炒菁綠茶，在教科書上所寫的製作基本流程為採摘、炒菁、揉捻及乾燥，但在實務上的操作，通常會先將採摘後的茶菁，於室內進行一段時間的攤放去除田間熱，以及使茶菁的氣味從刺鼻青草味，轉成柔和的草本香或淡花香，才進行炒菁的步驟。

對於如何製作出高品質的綠茶，回顧過去的研究，目前普遍認為合理的萎凋(攤放)，可以促進茶菁的化學變化，有利於提高茶湯的滋味及香氣品質。關於綠茶萎凋的相關研究大多來自中國，然而中國製作綠茶時，所使用的品種繁多，且具有相當多的地方品種，因此品種之間的最佳炒菁前含水率也略有不同。

本試驗使用臺灣種植面積最大，也最受臺灣消費者喜愛的‘青心烏龍’品種，以及三峽著名的碧螺春‘青心柑仔’品種為材料，以每處理炒菁前茶菁含水率，約下降 1%作為試驗變級，探討茶菁炒菁前之最佳含水率。

茶多元酚類具有良好的保健機能性，有抗氧化、抗菌、抗病毒及抗癌等作用。一般認為綠茶即採即製，可保留最多的多元酚類，但本試驗結果顯示，輕微的萎凋(攤放)，對於總多元酚類的含量，並不會有明顯的下降。因此，適度萎凋可以增進茶葉的香氣及滋味，並且不影響綠茶的保健效果。

傳統的綠茶所追求的香氣為蔬菜香、青草香及豆香，但近幾年也開始流行帶有花香的高香綠茶。在本研究中，‘青心烏龍’品種之茶菁，在含水率約低於 70%時，即帶有濃淡不一的輕微花香。所以若要製造帶有花香的高香綠茶，就必須將含水率下降至 68%-70%再進行炒菁；若要做出偏蔬菜香或豆香的傳統綠茶，則可以於含水率 70%-71%時進行炒菁，此指標或可成為‘青心烏龍’品種之茶菁，製作傳統綠茶或是高香綠茶的一個依據。

‘青心柑仔’品種於含水率約 71%時炒菁，青草味消失，而綠茶香、海苔香及豆香開始出現。與‘青心烏龍’品種所製之綠茶相比，茶湯香氣屬於傳統綠茶的海苔香及豆香，較感受不到花香，或許與品種本身特性或採摘成熟度較幼嫩有關。

茶菁內固有的水分含量，受到季節、採摘前天氣及茶菁成熟度等因素影響，不同季節的失水率，要達到相同的萎凋程度，失水率差異極大。以含水率作為指標，則不受茶菁初始含水率影響，萎凋的程度可以固定，因此使用含水率作為炒菁的指標較為合適。

於產業應用上，建議開始萎凋之前，隨機取樣 3 重複之 100 g 茶菁，放入 105 °C 之烘箱烘至恆重，以求得茶菁之乾重百分比，即可在每個萎凋時間點，推測單位重量之茶菁其乾重為何，並帶入含水率 = $\frac{(\text{炒菁前鮮重}-\text{乾重})}{\text{炒菁前鮮重}} \times 100\%$ 之公式，計算出茶菁當下的含水率。期望本研究能為臺灣茶產業製造綠茶，提供一個相對穩定的指標，並且使一般的茶農也能輕鬆的應用，製作出高品質的綠茶。

參考文獻



- 中國農科院茶研所編. 1998. 名優綠茶實用生產技術. 中國農業出版社. 北京.
- 王廣智. 2013. 綠茶名品圖鑑. 萬里機構萬里書店出版. 香港.
- 甘子能. 1982. 茶中的游離胺基酸. 食品工業 14 (4):14-20.
- 甘子能. 1984. 茶葉化學入門. 行政院農委會茶業改良場林口分場. 臺北. 108pp.
- 吳振譯、葉速卿、鄭關星. 1975. 不同製茶種類對兒茶素 (Catechins) 含量的影響. 中國農業化學雜誌 13(3-4):159-168
- 李欣潔. 2013. 不同海拔高度烏龍茶中兒茶素含量之分析. 國立中興大學生物科技學系碩士論文. 臺中.
- 李興傳. 1954. 綠茶製造學. 臺灣新聞資料供應社. 台北.
- 林木連、蔡右任、張清寬、陳國任、楊勝勳、陳英玲、賴正南、陳玄、張如華. 2009. 台灣的茶葉. 遠足文化出版社. 新北市.
- 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. 臺北.
- 施海根. 1995. 綠茶篇, p. 16-24. 刊於:施海根主編. 中國名茶圖譜. 上海文化出版社. 上海.
- 俞壽康. 1960. 綠茶初製工藝. 輕工業出版社. 北京. 中國.
- 陳宗懋、俞永明、梁國彪、周智修. 2006. 品茶圖鑑. 笛藤出版圖書有限公司. 台北.
- 陳詠彤. 2021. 烘焙溫度與時間對球型包種副茶品質改善之影響. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文. 臺北.
- 陳雙君. 2022. 不同製程冷凍對包種茶萃取之影響. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文. 臺北.
- 童華榮、金孝芳、鞏雪蓮. 2006. 茶多酚感官性質及其對茶葉澀味的影響. 茶葉科學. 26(2):79-86

黃正宗、柯淳涵. 2006. 不同製程處理對臺茶 18 號紅茶化學成分變化之影響. 臺灣茶業研究彙報 25:197-204.

曾道一、賈宜琛. 2003. 食品科學導論. 新文京開發出版社股份有限公司. 臺北.

楊美珠. 2018. 茶葉兒茶素之代謝機制與生物活性. 國立臺灣大學園藝暨景觀學系博士論文. 臺北.

蔡志賢、王自存、張唯勤. 2002. 包種茶萎凋與攪拌製程中茶菁之乙烯與二氯化碳生成及多酚氧化酶活性的變化. 中國園藝. 48(3):227-238.

賴正南(編). 2001. 茶業技術推廣手冊-製茶技術. 行政院農委會茶業改良場, 桃園. 90pp.

顧謙、葉寶存、陸錦時. 2002. 茶葉化學. 中國科學技術大學出版社. 合肥.

Belitz, H. D., W. Grosch, and P. Schieberle. 2009. Coffee, tea, cocoa. Food Chemistry. 938-970.

Carr, M. K. V., W. Stephens, K. C. Willson, and M. N. Clifford. 1992. Tea: Cultivation to consumption. p. 87-135. Chapman and Hall, London.

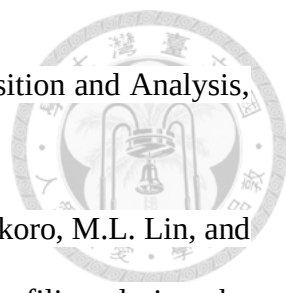
Baruah, D., L.P. Bhuyan, and M. Hazarika. 2012. Impact of moisture loss and temperature on biochemical changes during withering stage of black tea processing on four Tocklai released clones. Two and a Bud, 59(2):134-142.

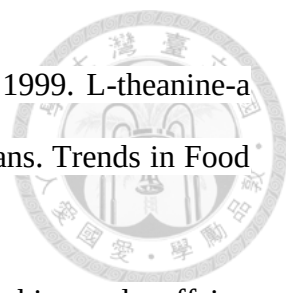
Bhuyan, L.P. and P. K. Mahanta. 1989. Studies on fatty acid composition in tea *Camellia sinensis*. Journal of the Science of Food and Agriculture 46(3):325-330.

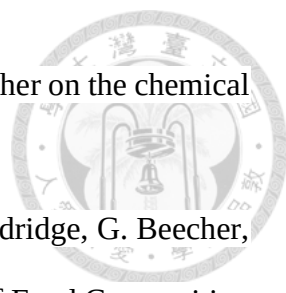
Bokuchava, M.A. and N. I. Skobeleva. 1969. The chemistry and biochemistry of tea and tea manufacture. Advances in Food Research 17:215-292.

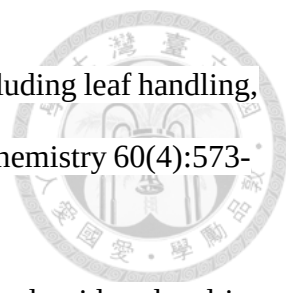
Butt, M.S. and M. T. Sultan. 2009. Green tea: Nature's defense against malignancies. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 49(5):463-473.

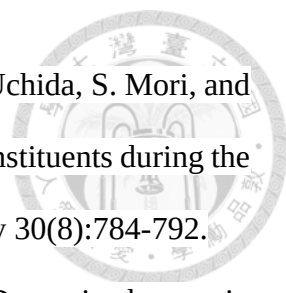
Chen, Q., J. Zhao, Z. Guo, and X. Wang. 2010. Determination of caffeine content and main catechins contents in green tea (*Camellia sinensis* L.) using taste sensor

- 
- technique and multivariate calibration. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(4):353-358.
- Cho, J.Y., M. Mizutani, B.I. Shimizu, T. Kinoshita, M. Ogura, K. Tokoro, M.L. Lin, and K. Sakata. 2007. Chemical profiling and gene expression profiling during the manufacturing process of Taiwan oolong tea “Oriental Beauty”. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 71: 1476-1486.
- Deb, S. and K.R. Jolvis Pou. 2016. A review of withering in the processing of black tea. *Journal of Biosystems Engineering* 41(4):365-372.
- Dev, C. and K.L. Bajaj. 1980. Biochemical changes during withering of tea shoots. Two and a Bud 27(1):13-16.
- FAOSTAT. 2020. <https://www.fao.org/faostat/zh/#home>
- Graham, H.N. 1992. Green tea composition, consumption, and polyphenol chemistry *Preventive Medicine* 21(3):334-350.
- Haslam, E. 1989. Plant polyphenols: vegetable tannins revisited. CUP Archive.
- Hideki, M. 2009. Flavor stability of tea drinks. p.275-300, In: *Tea and products: Chemistry and health-promoting properties*. Ho, C. T., J. K. Lin, F. Shahidi. (eds.) CRC press INC, U.S.A.
- Ho, C.T., X. Zheng, and S. Li. 2015. Tea aroma formation. *Food science and human wellness*. Beijing Academy of Food Sciences. 4(1):9-27.
- Jabeen, S., S. Alam, M. Saleem, W. Ahmad, R. Bibi, F.S. Hamid, and H.U. Shah. 2019. Withering timings affect the total free amino acids and mineral contents of tea leaves during black tea manufacturing. *Arabian Journal of Chemistry* 12(8):2411-2417.
- Jukanti, A. 2017. Polyphenol oxidases (PPOs) in plants. Springer Singapore.

- 
- Juneja, L.R., D.C. Chu, T. Okubo, Y. Nagato, and H. Yokogoshi. 1999. L-theanine-a unique amino acid of green tea and its relaxation effect in humans. *Trends in Food Science and Technology* 10:199-204.
- Khokhar, S. and S.G.M. Magnusdottir. 2002. Total phenol, catechin, and caffeine contents of teas commonly consumed in the United Kingdom. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(3):565-570.
- Lin, J., Y. Dai, Y.N. Guo, H.R. Xu, and X.C. Wang. 2012. Volatile profile analysis and quality prediction of Longjing tea (*Camellia sinensis*) by HS-SPME/GC-MS. *Journal of Zhejiang University Science B* 13(12):972-980.
- Liu, Z. H. and Z.P. Shi. 1989. Variation in isozymes and activities of polyphenol oxidase during black tea manufacturing. *J. of Tea Science (China)*
- Mayer, A.M. and E. Harel. 1979. Polyphenol oxidases in plants. *Phytochemistry* 18(2):193-215.
- Obanda, M., P.O. Owuor, and C.K. Njuguna. 1992. The impact of clonal variation of total polyphenols content and polyphenol oxidase activity of fresh tea shoots on plain black tea quality parameters. *Tea* 13(2):129-133.
- Obanda, M., P.O. Owuor, R. Mang'oka, and M.M. Kavoi. 2004. Changes in thearubigin fractions and theaflavin levels due to variations in processing conditions and their influence on black tea liquor brightness and total colour. *Food chemistry*, 85(2):163-173.
- Omiadze, N.T., N.I. Mchedlishvili, J.N. Rodrigez-Lopez, M.O. Abutidze, T.A. Sadunishvili, and N.G. Pruidze. 2014. Biochemical processes at the stage of withering during black tea production. *Applied Biochemistry and Microbiology* 50(4):394-397.

- 
- Owuor, P. and J. Orchard. 1989. The effects of degree of physical wither on the chemical composition of black tea. *Tea* 10(1):47-52.
- Peterson, J., J. Dwyer, S. Bhagwat, D. Haytowitz, J. Holden, A.L. Eldridge, G. Beecher, and J. Aladesanmi. 2005. Major flavonoids in dry tea. *Journal of Food Composition and Analysis* 18:487-501.
- Roberts, E.A.H. 1962. Economic importance of flavonoid substances: tea fermentation. *The chemistry of flavonoid compounds* 468-512.
- Roberts, G.R. and G.W. Sanderson. 1966. Changes undergone by free amino-acids during the manufacture of black tea. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 17.4 182-188
- Sanderson, G.W. 1964. The theory of withering in tea manufacture. *Tea Quarterly* 35:146-163
- Sanderson, G. W. 1972. The chemistry of tea and tea manufacturing. In *Recent advances in phytochemistry*. Elsevier 5:247-316.
- Takeo, T. and J.E. Baker. 1973. Changes in multiple forms of polyphenol oxidase during maturation of tea leaves. *Phytochemistry* 12.1 21-24.
- Takeo, T. and T. Tsushida. 1980. Changes in lipxygenase activity in relation to lipid degradation in plucked tea shoots. *Phytochemistry* 19:2521-2522.
- Takeo, T. 1966. Tea leaf polyphenol oxidase: Part III. Studies on the changes of polyphenol oxidase activity during black tea manufacture. *Agricultural and Biological Chemistry* 30.6 529-535.
- Tanaka, T., C. Mine, S. Watarumi, T. Fujioka, K. Mihashi, Y.-J. Zhang, and I. Kouno. 2002. Accumulation of epigallocatechin quinone dimers during tea fermentation and formation of theasinensins. *Journal of Natural Products* 65:1582-1587.

- 
- Tomlins, K.I. and A. Mashingaidze. 1997. Influence of withering, including leaf handling, on the manufacturing and quality of black teas-A review. *Food chemistry* 60(4):573-580.
- Ullah, M.R. and P.C. Roy. 1982. Effect of withering on the polyphenol oxidase level in the tea leaf. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 33(5):492-495.
- Vaughn, K.C. and S.O. Duke. 1984. Tentoxin stops the processing of polyphenol oxidase into an active protein. *Physiologia Plantarum* 60(2):257-261.
- Vaughn, K.C., A.R. Lax, and S.O. Duke. 1988. Polyphenol oxidase: The chloroplast oxidase with no established function. *Physiologia Plantarum* 72(3):659-665.
- Wan, X. C. and T. Xia. 2015. Secondary metabolism of tea plant. *Science*.
- Wan, X.C., D.X. Li, and Z.Z. Zhang. 2008. Green tea and black tea manufacturing and consumption. p. 1-8, In: Ho, C.T., J.K. Lin, and F. Shahidi. (eds.). *Tea and tea products: Chemistry and health-promoting properties*. CRC press INC, U.S.A.
- Wang, L.F., D.M. Kim, and C.Y. Lee. 2000. Effects of heat processing and storage on flavanols and sensory qualities of green tea beverage. *J. of Agricultural and Food Chemistry*. 48(9):4227-4232.
- Wang, K., F. Liu, Z. Liu, J. Huang, Z. Xu, Y. Li, J. Chen, Y. Gong, and X. Yang. 2010. Analysis of chemical components in oolong tea in relation to perceived quality. *International Journal of Food Science and Technology* 45:913-920.
- Xu, N. and Z.M. Chen. 2002. Green tea, black tea and semi-fermented tea. *Tea: Bioactivity and Therapeutic Potential*. p.35-57. Taylor and Francis, London.
- Yang, Z., S. Baldermann, and N. Watanabe. 2013. Recent studies of the volatile compounds in tea. *Food Research International* 53(2):585-599.
- Yang, C.S., and H. Wang, 2013. Cancer therapy combination: Green tea and a phosphodiesterase 5 inhibitor? *The Journal of Clinical Investigation*. 123(2).

- 
- Yamanishi, T., A. Kobayashi, H. Sato, H. Nakamura, K. Osawa, A. Uchida, S. Mori, and R. Saijo. 1966. Flavor of black tea part IV. Changes in flavor constituents during the manufacture of black tea. *Agricultural and Biological Chemistry* 30(8):784-792.
- Ye, Y., J. Yan, J. Cui, S. Mao, M. Li, X. Liao, and H. Tong. 2018. Dynamic changes in amino acids, catechins, caffeine and gallic acid in green tea during withering. *Journal of Food Composition and Analysis* 66:98-108.
- Zhen, Y. S., (ed.). 2002. *Tea: bioactivity and therapeutic potential*. CRC Press.

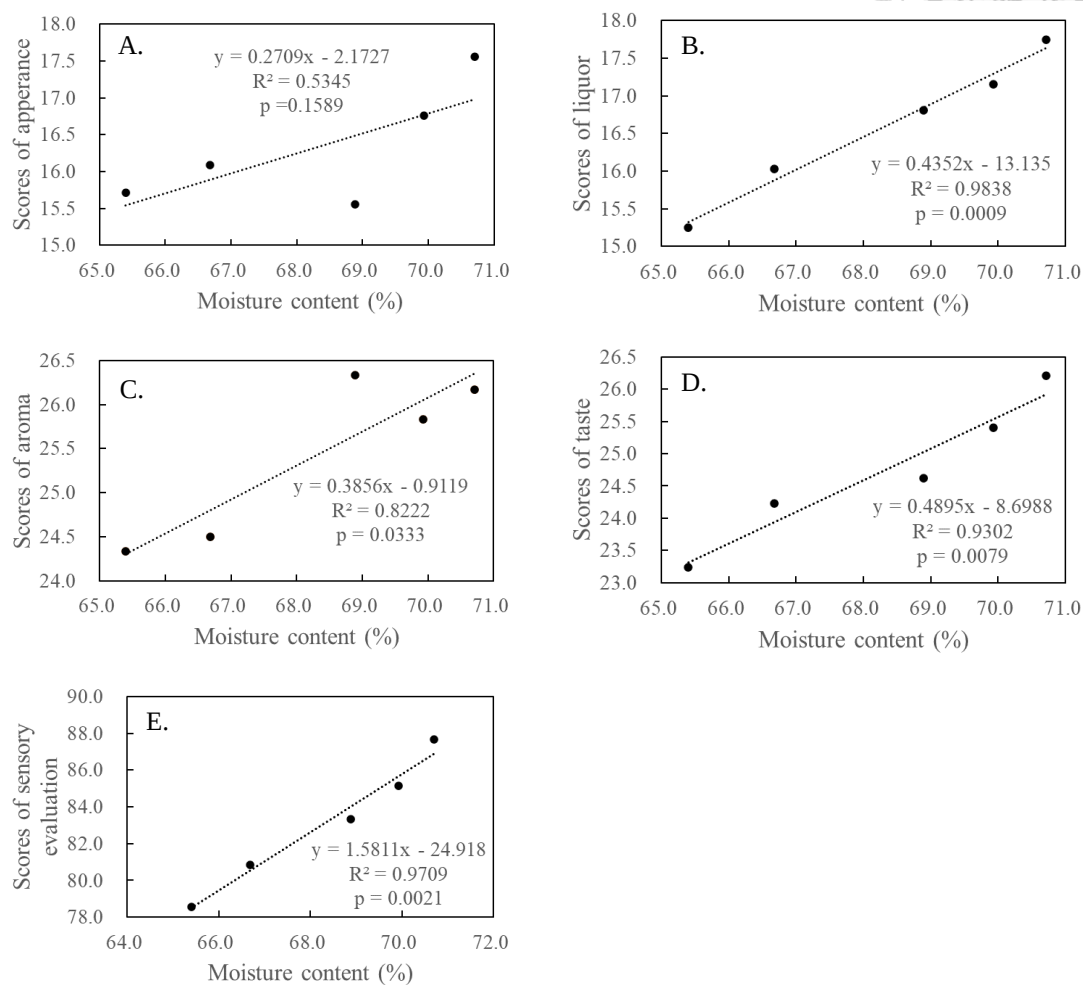


圖 1. 2019 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係

Fig. 1. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

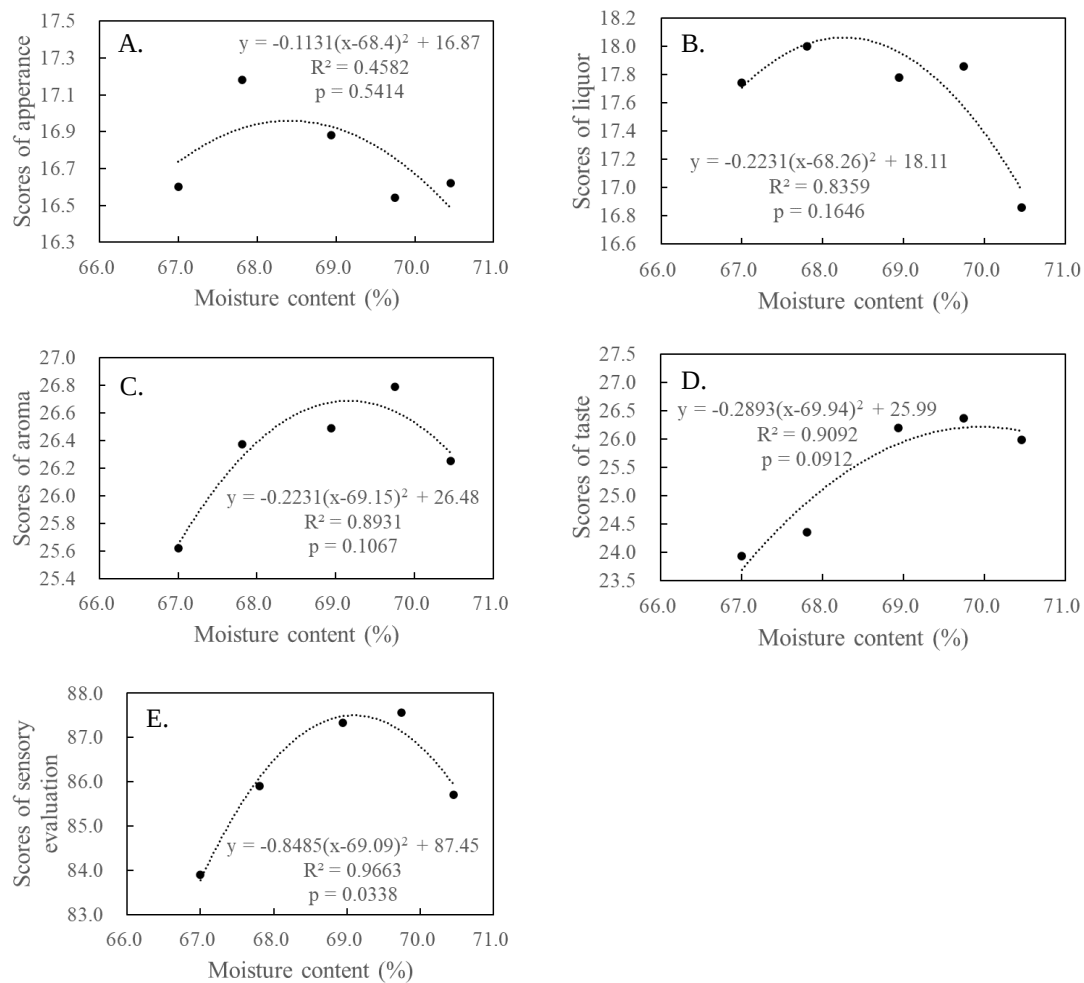


圖 2. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係

Fig. 2. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

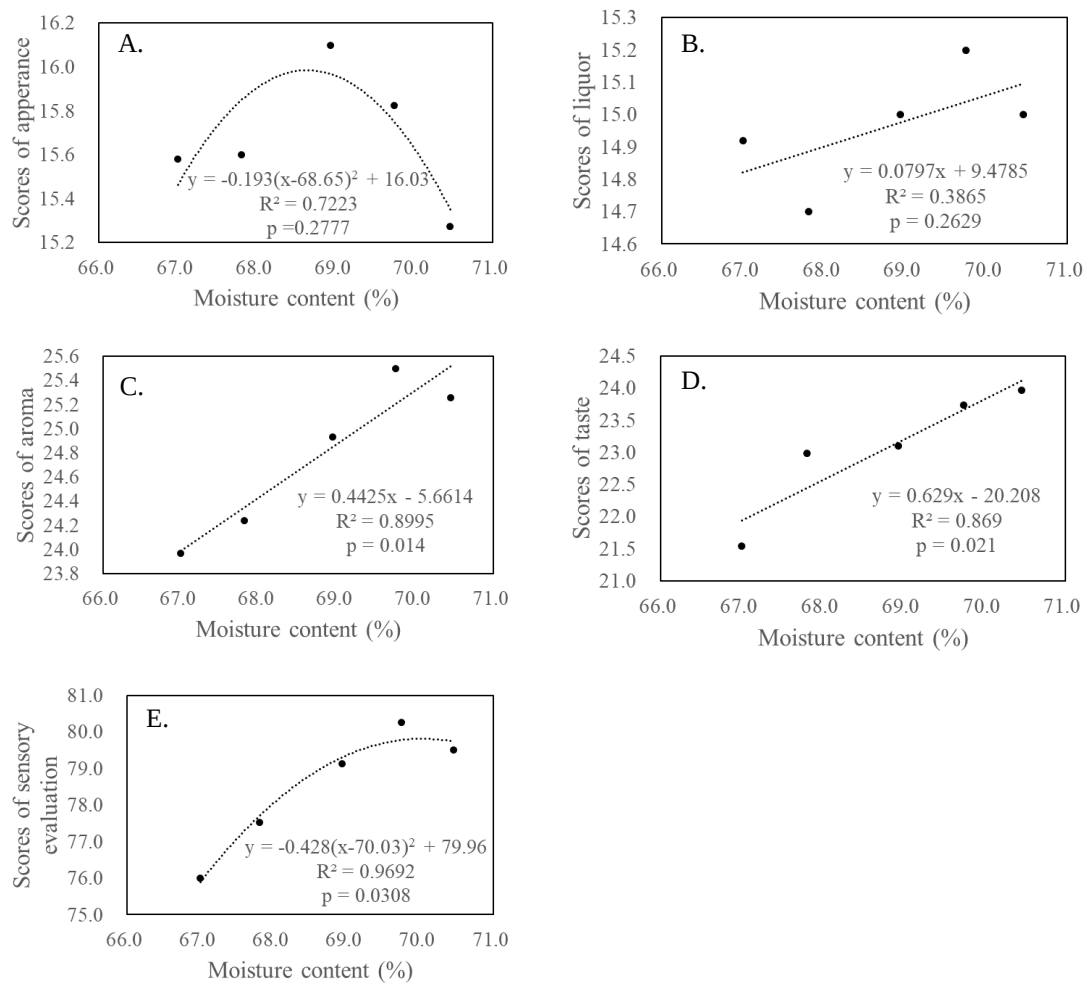


圖 3. 2020 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與一般飲茶者感官品評之關係

Fig. 3. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of tea consumer of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

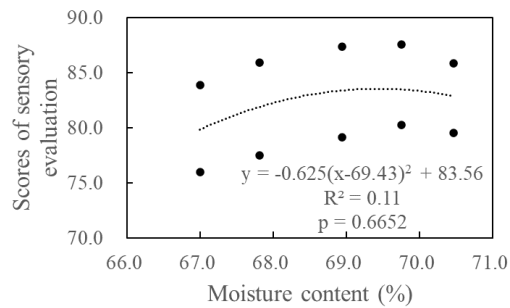


圖 4. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶專家及一般飲茶者感官品評總分分數之關係

Fig. 4. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores all tester of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

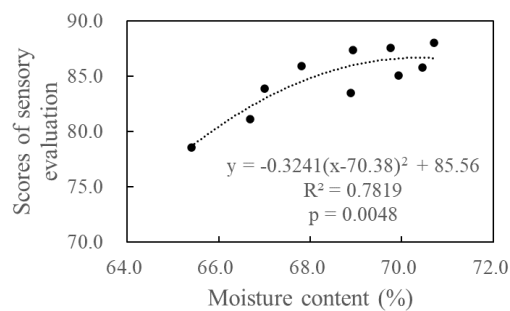


圖 5. 2019 年秋季及 2020 年春季‘青心烏龍’綠茶專家感官品評總分分數之關係

Fig. 5. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2019 autumn and 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

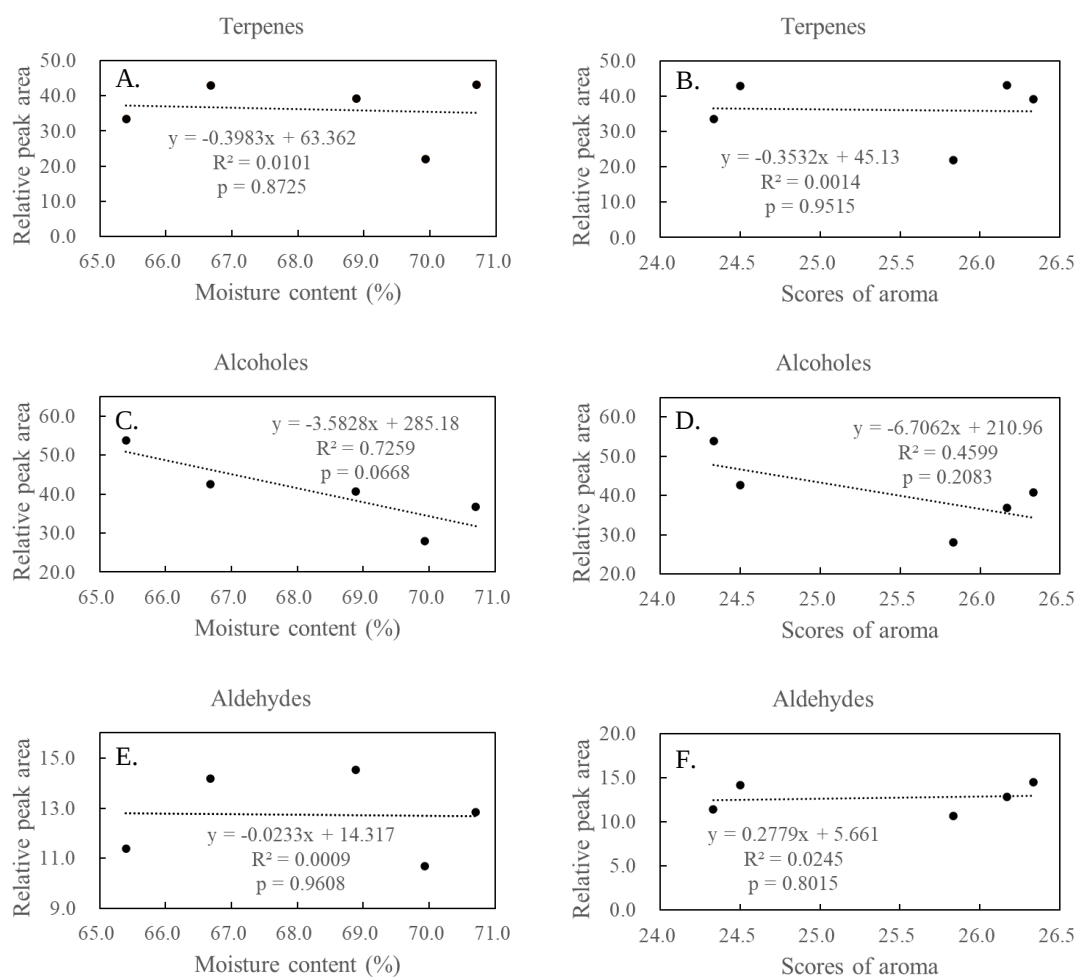


圖 6. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 6. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Terpenes, Alcohols and Aldehydes) of 2019 autumn season ‘Chin- Shin-Oolong’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

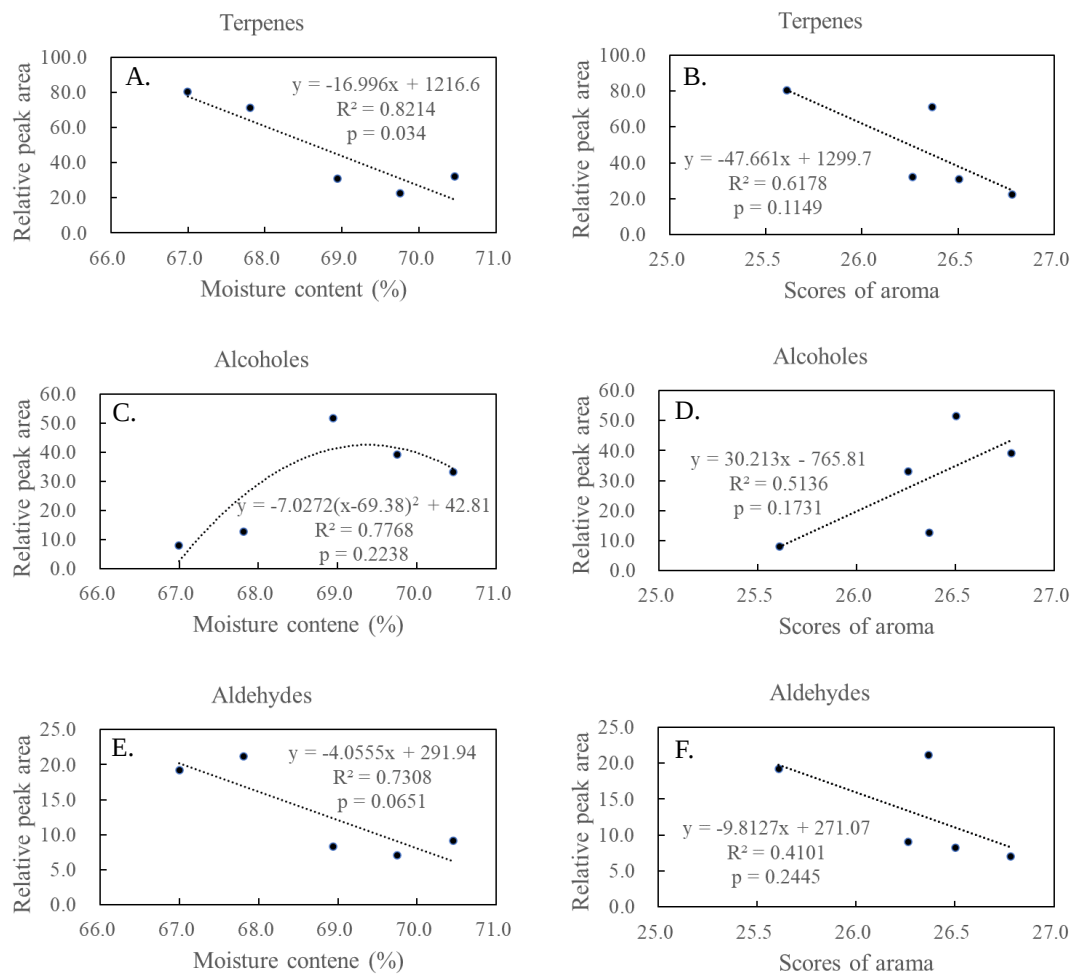


圖 7. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 7. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Terpenes, Alcohols and Aldehydes) of 2020 spring season ‘Chin- Shin-Oolong’, and between scores of aroma and aromatic compounds

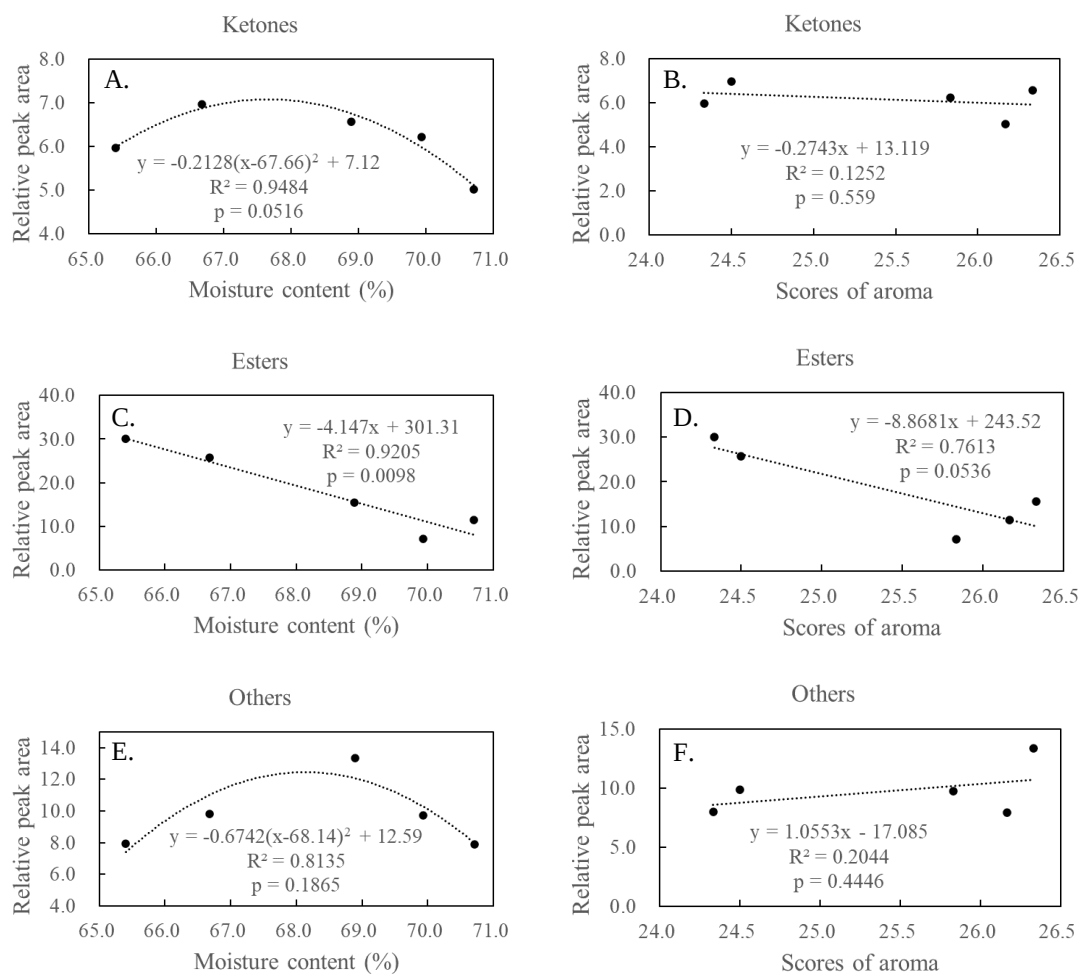


圖 8. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 8. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Ketones, Esters, and Others) of 2019 autumn season ‘Chin- Shin-Oolong’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

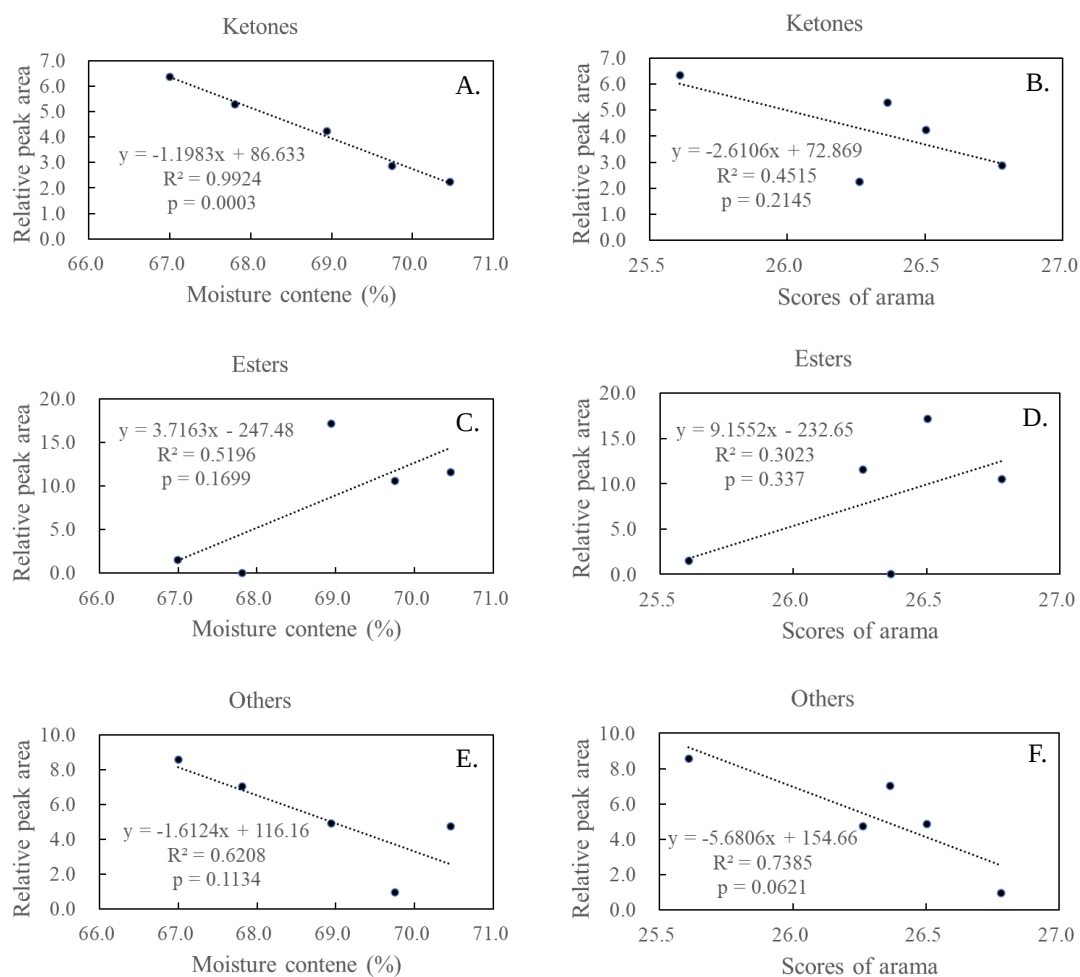


圖 9. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 9. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Ketones, Esters and Others) of 2020 spring season ‘Chin- Shin-Oolong’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

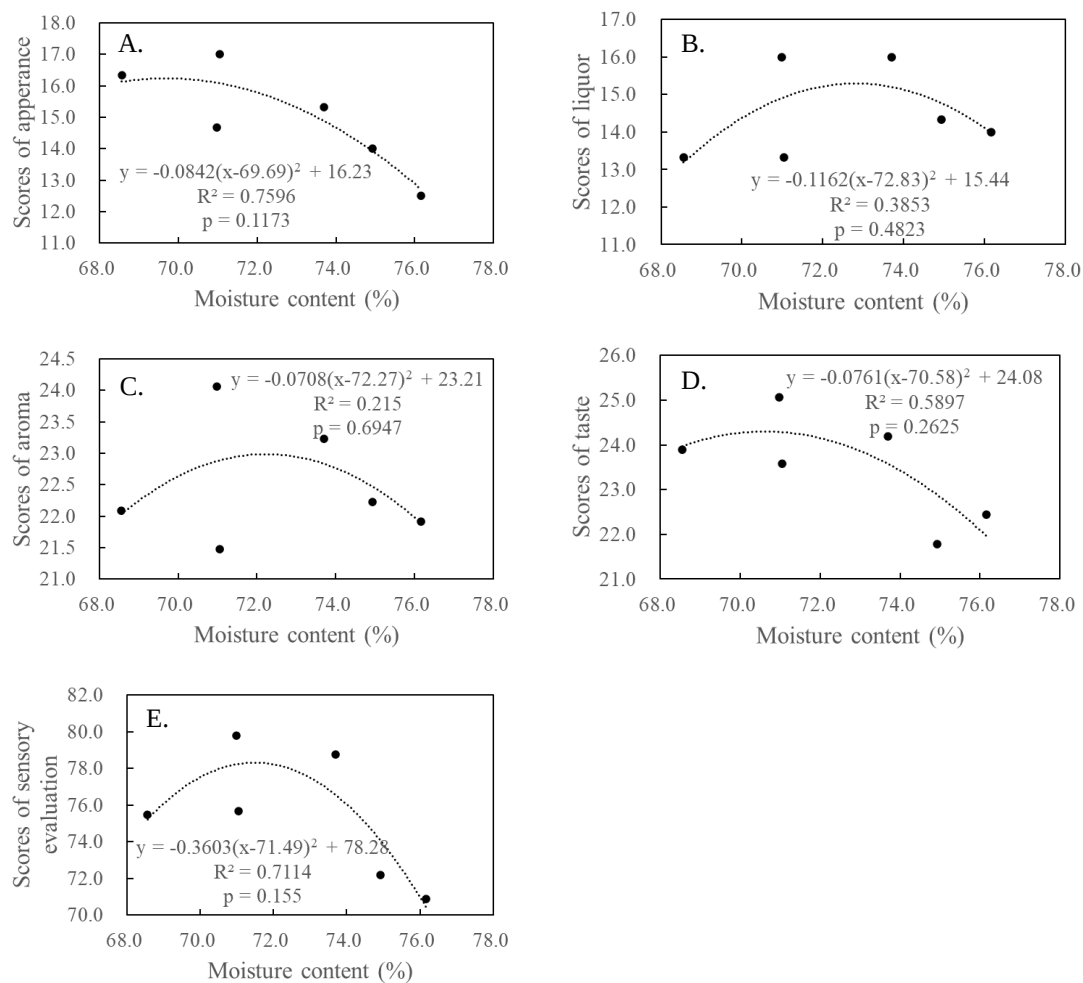


圖 10. 2020 年‘青心柑仔’秋季炒菁前綠茶茶菁含水率與專家感官品評之關係

Fig. 10. Correlation between moisture content of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

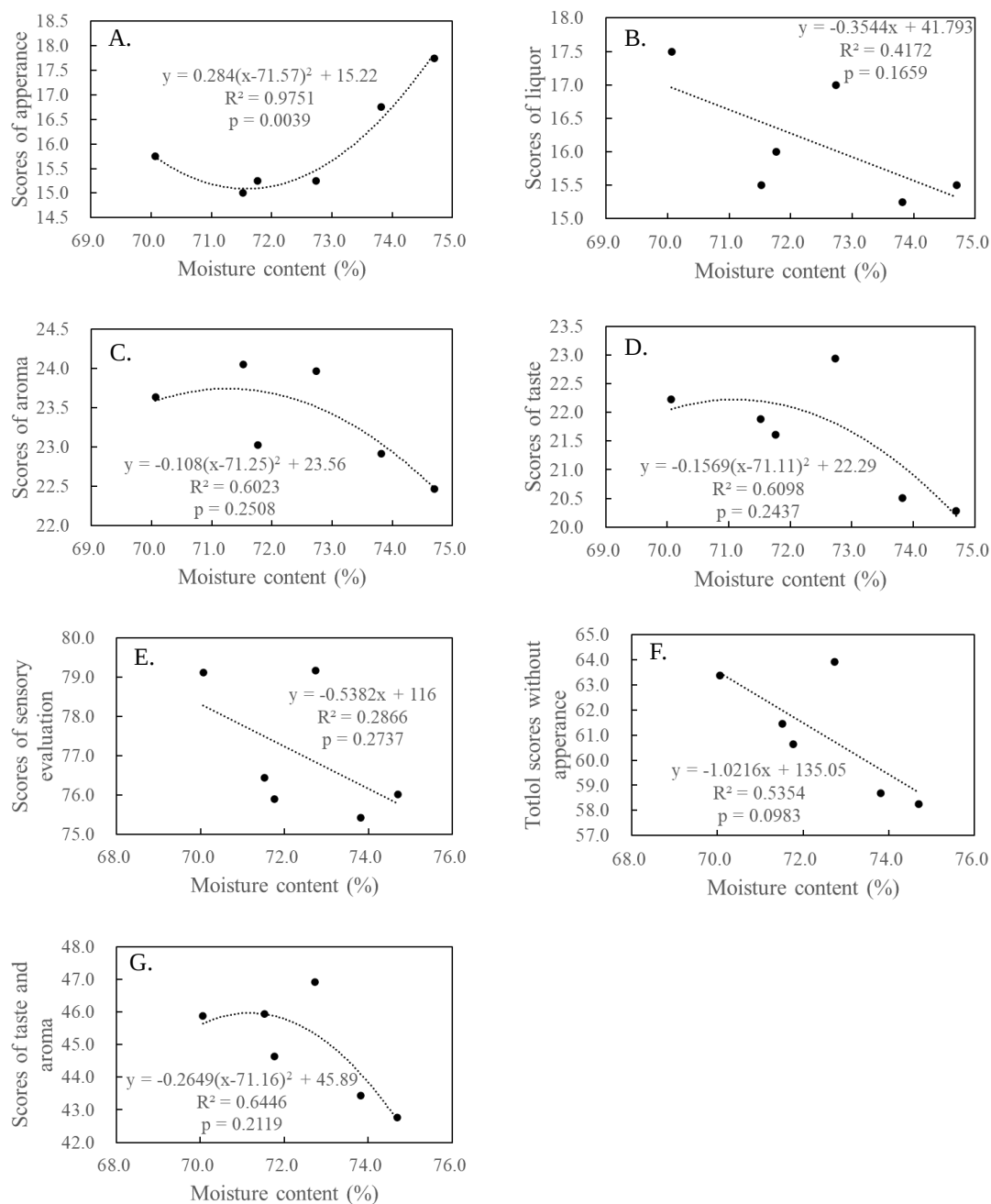


圖 11. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 11. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Terpenes, Alcohols and Aldehydes) of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

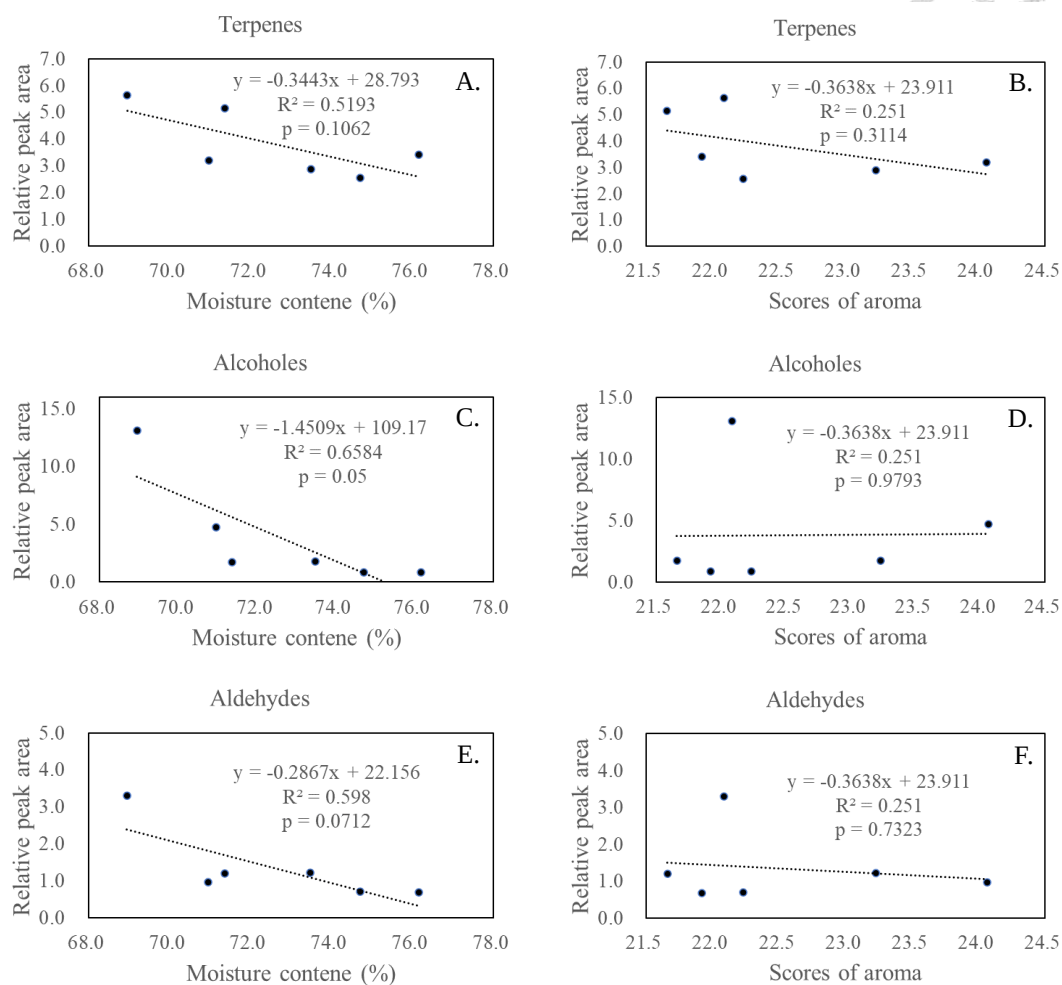


圖 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 12. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Terpenes, Alcohols and Aldehydes) of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

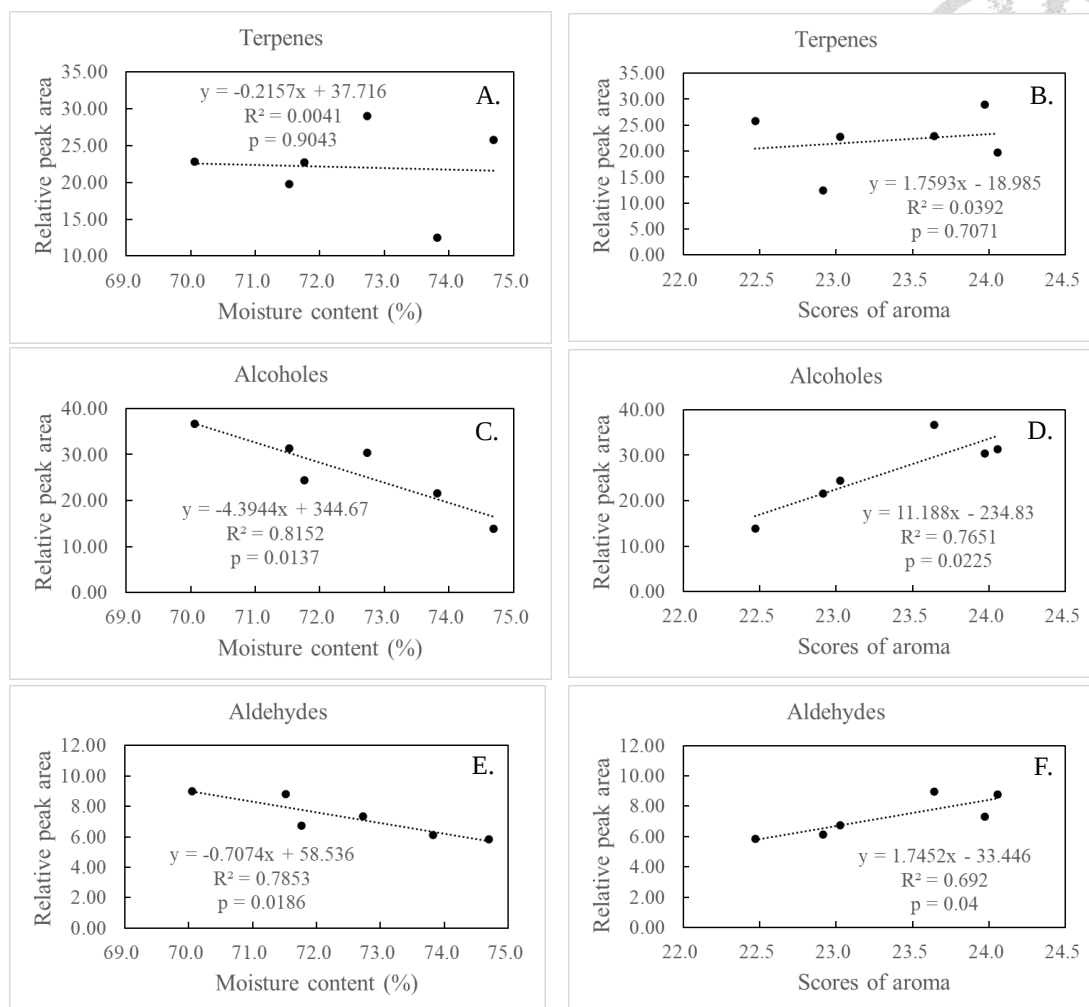


圖 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶萜烯類、醇類及醛類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 13. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Terpenes, Alcohols and Aldehydes) of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

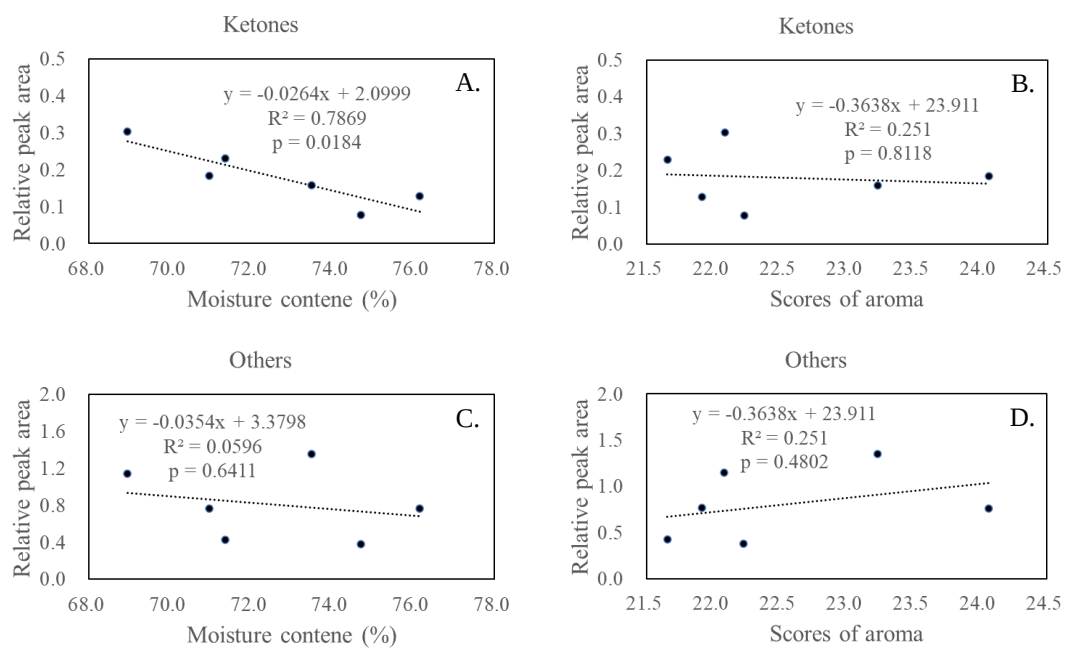


圖 14. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶酮類及其它類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 14. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Ketones, and Others) of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

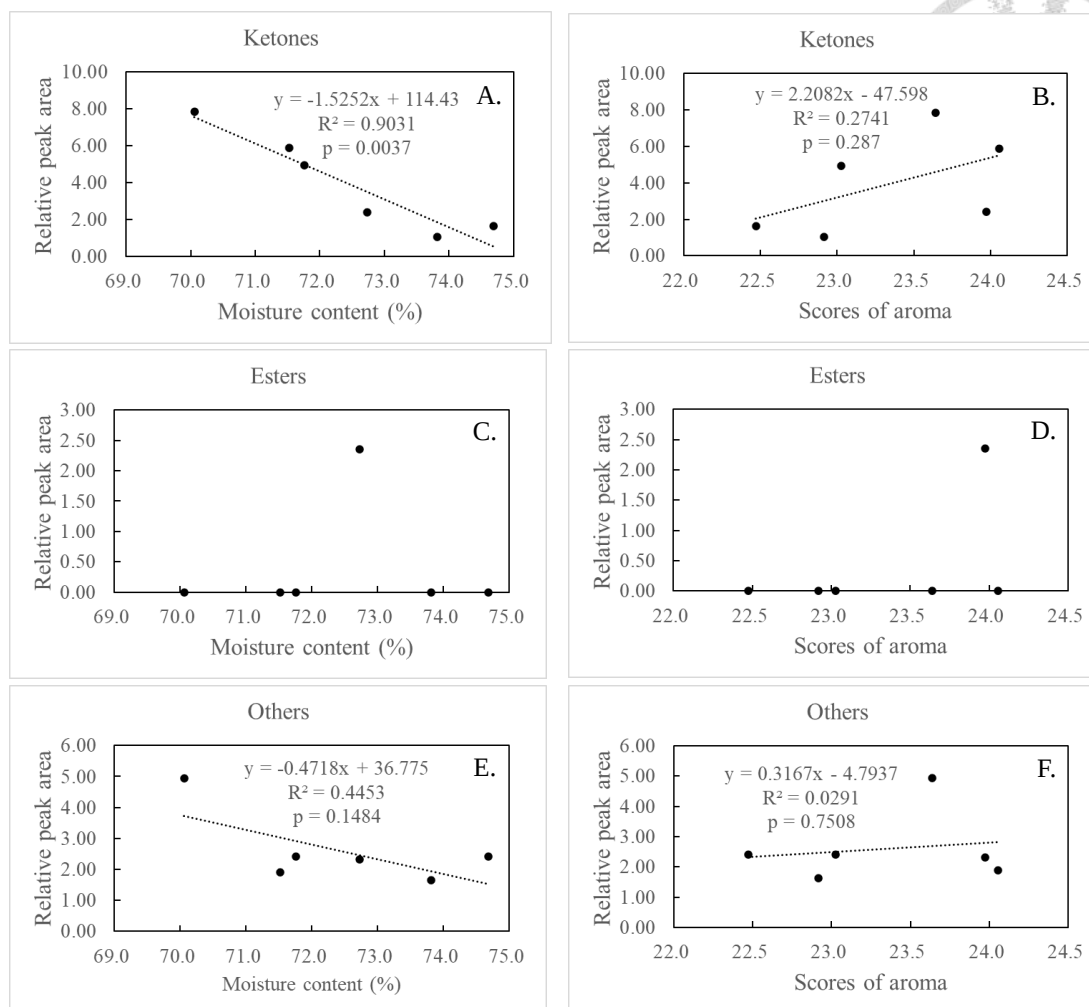


圖 15. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶酮類、酯類及其它類化合物與含水率及品評香氣分數回歸之關係

Fig. 15. Correlation between moisture content and aromatic compounds (Ketones, Esters, and Others) of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’, and between scores of aroma and aromatic compounds.

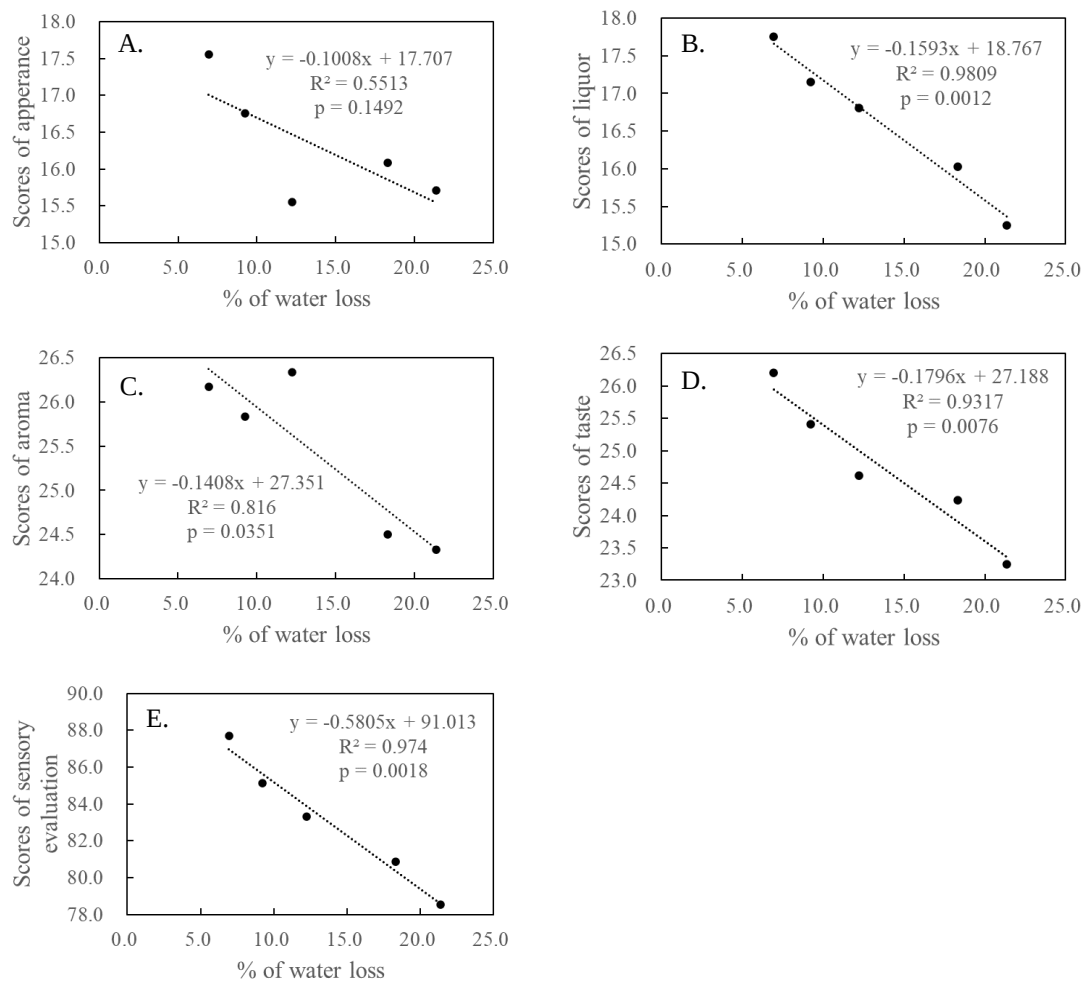


圖 16. 2019 年‘青心烏龍’秋季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係

Fig. 16. Correlation between percent of water loss of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

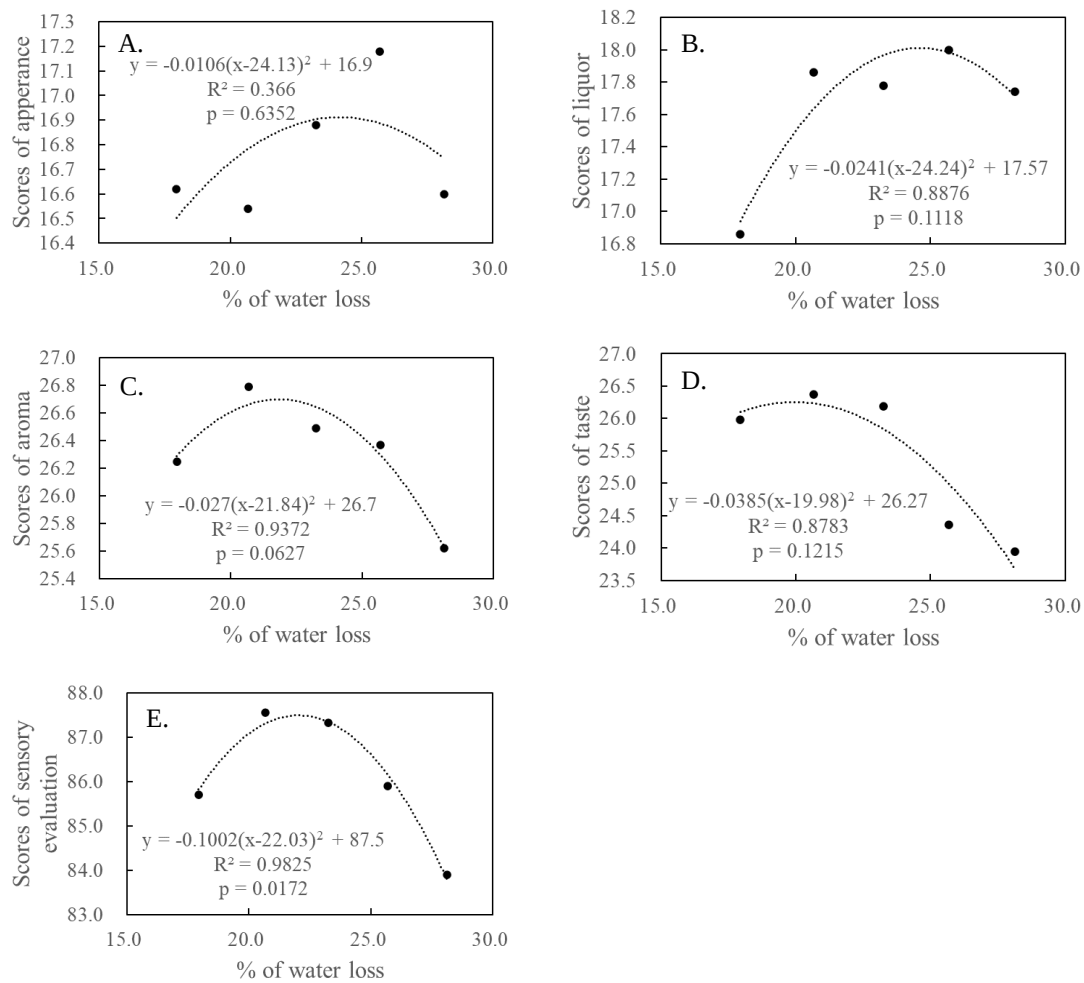


圖 17. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係

Fig. 17. Correlation between percent of water loss of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

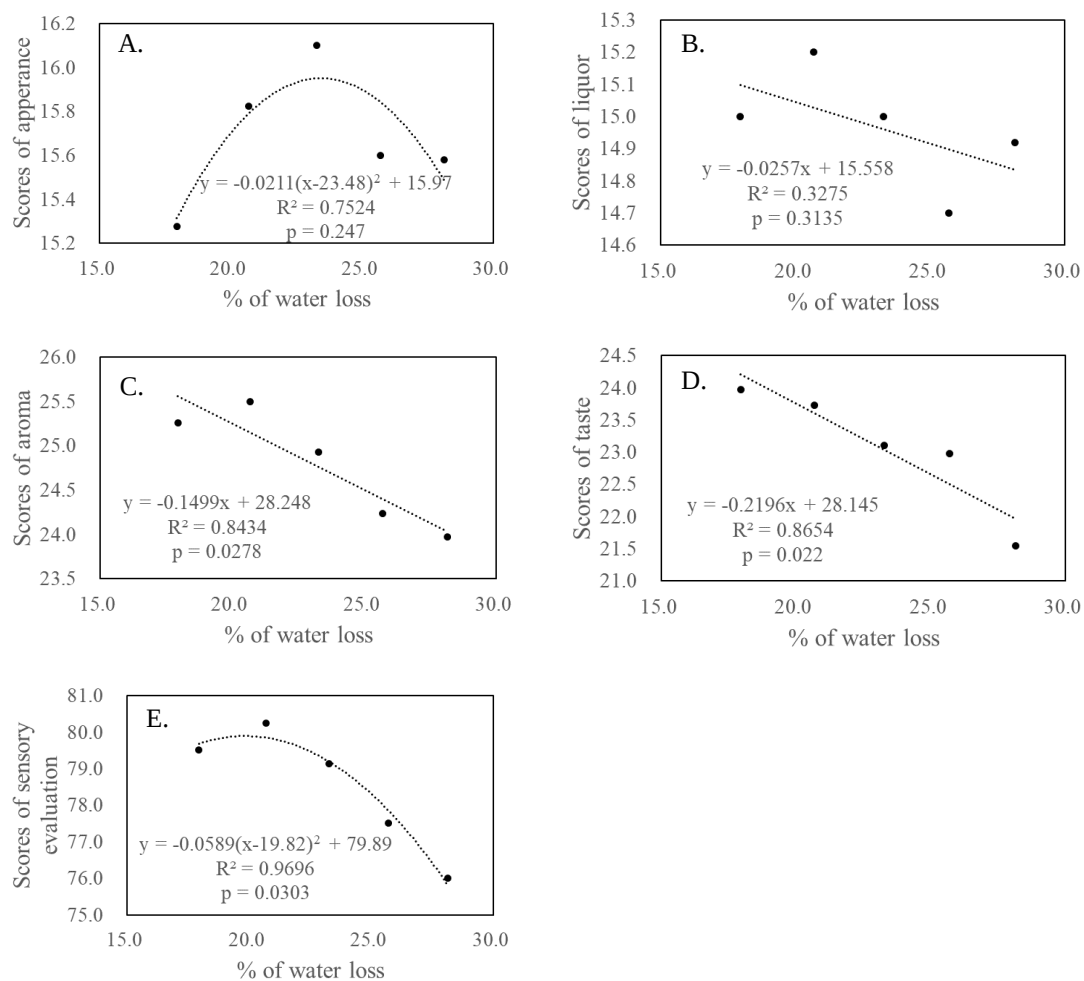


圖 18. 2020 年‘青心烏龍’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與一般飲茶者感官品評之關係

Fig. 18. Correlation between percent of water loss of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of tea consumer of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

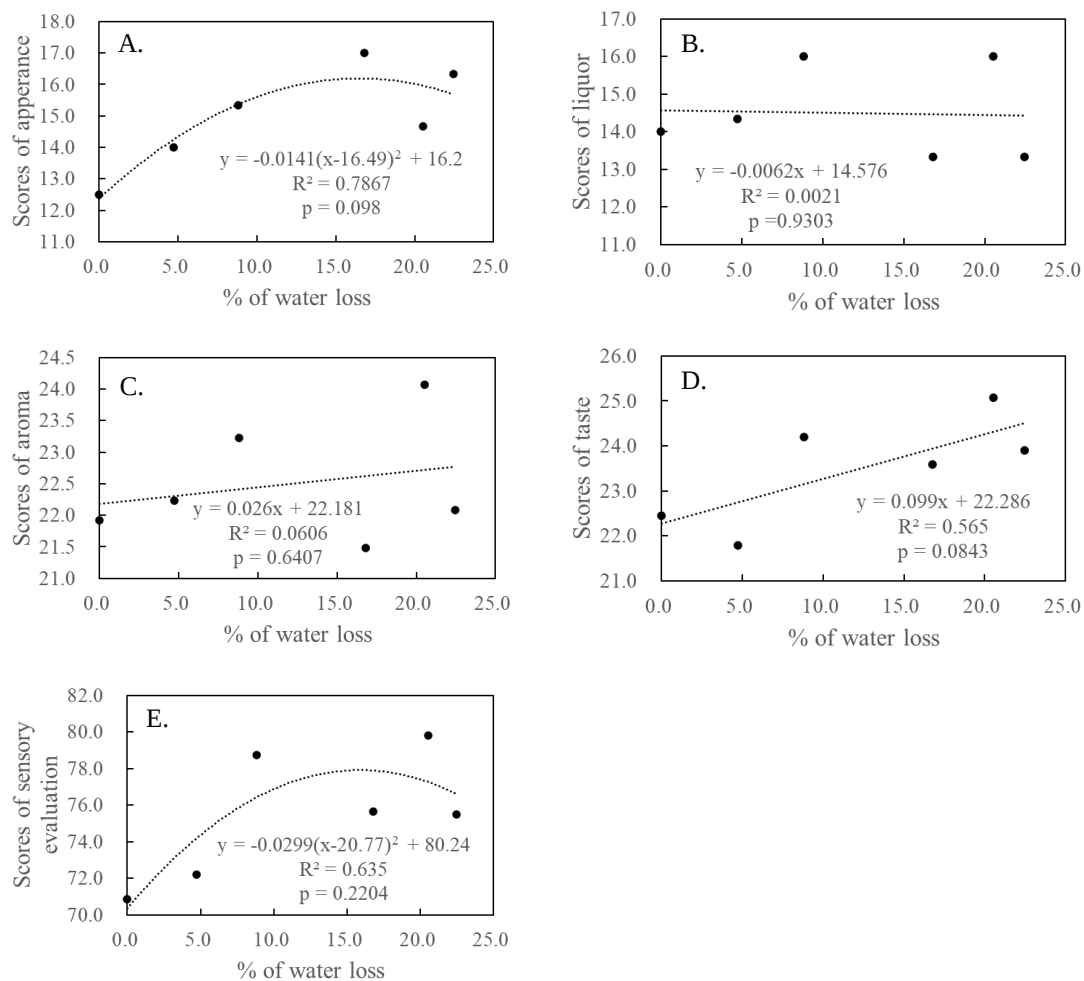


圖 19. 2020 年‘青心柑仔’秋季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係

Fig. 19. Correlation between percent of water loss of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

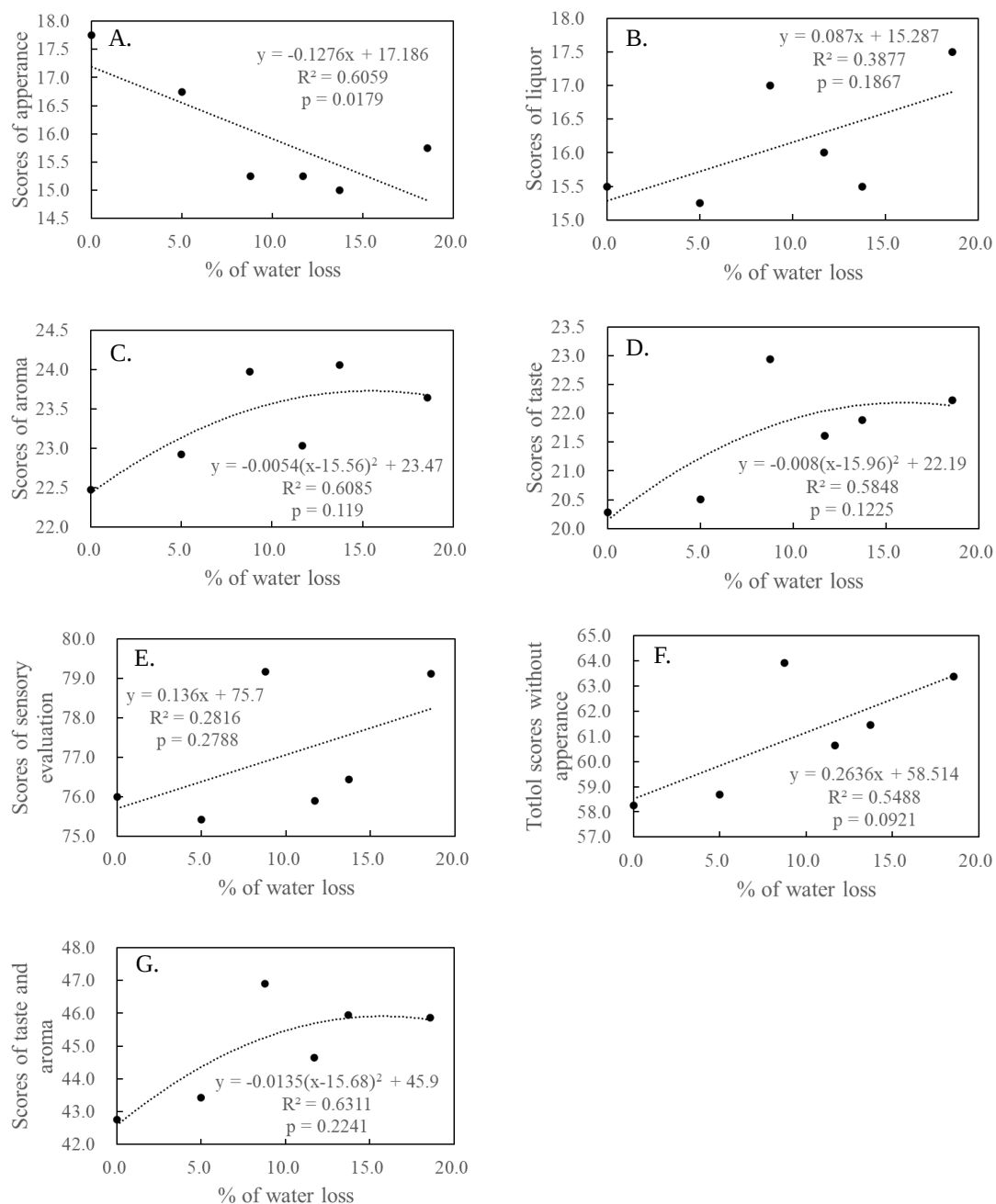


圖 20. 2021 年‘青心柑仔’春季炒菁前綠茶茶菁失水率與專家感官品評之關係

Fig. 20. Correlation between percent of water loss of succulent shoot before panning and sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

表



表 1. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶專家感官品評之影響

Table. 1. Effect of succulent shoot moisture content before panning on sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	外觀 Tea Appearance	水色 Color of tea Liquor	香氣 Aroma	滋味 Taste	總分 Total score
A ^y	17.56 a ^x	17.75 a	26.17 a	26.21 a	87.68 a
B	16.76 b	17.16 ab	25.83 a	25.41 ab	85.16 ab
C	15.56 c	16.80 bc	26.43 a	24.63 b	83.42 b
D	16.08 bc	16.06 c	24.51 b	24.24 bc	80.89 c
E	15.72 c	15.20 d	24.33 b	23.25 c	78.50 d
p-value	***	***	***	***	***

^x n=9, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y Moisture content A=70.71%, B=69.93%, C=68.89%, D=66.68%, E=65.40%

表 2. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶專家感官品評之影響

Table. 2. Effect of succulent shoot moisture content before panning on sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	外觀 Tea Appearance	水色 Color of tea Liquor	香氣 Aroma	滋味 Taste	總分 Total score
A ^y	16.62	16.86	26.25	25.98 a ^x	85.71
B	16.54	17.86	26.79	26.37 a	87.56
C	16.88	17.78	26.49	26.19 a	87.34
D	17.18	18.00	26.37	24.36 b	85.91
E	16.60	17.74	25.62	23.94 b	83.90
p-value	ns	ns	ns	***	ns

^x n=12, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y Moisture content A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

表 3. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶一般飲茶者感官品評之影響

Table. 3. Effect of succulent shoot moisture content before panning on sensory evaluation scores of tea consumer of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	外觀 Tea Appearance	水色 Color of tea Liquor	香氣 Aroma	滋味 Taste	總分 Total score
A ^y	15.28	15.00	25.26 ab ^x	23.97 a	79.51 ab
B	15.83	15.20	25.50 a	23.73 a	80.26 a
C	16.10	15.00	24.93 abc	23.10 a	79.13 ab
D	15.60	14.70	24.24 bc	22.98 a	77.52 bc
E	15.58	14.92	23.97 c	21.54 b	76.01 c
p-value	ns	ns	*	***	**

^x n=12, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y Moisture content A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料

Table. 4. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.71%	69.93%	68.89%	66.68%	65.40%				
1	5.056	Furfural	1.07	1.05	1.37	0.72	0.70	C ₅ H ₄ O ₂	96.0	醛類	Sweet woody, almond, bread baked
2	5.340	trans-2-Hexenal	-	-	-	0.29	0.29	C ₆ H ₁₀ O	98.1	醛類	Green banana, fatty, cheesy
3	5.377	cis-3-Hexenol	-	-	-	-	0.91	C ₆ H ₁₂ O	100.1	醇類	Green grassy, vegetable, herbal
4	5.936	Styrene	0.92	0.42	0.64	0.54	0.30	C ₈ H ₈	104.1	其它	Sweet, balsamic, floral
5	7.118	Benzaldehyde	4.55	3.85	5.82	4.87	3.73	C ₇ H ₆ O	106.1	醛類	Sweet, bitter, almond
6	7.556	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.78	0.60	0.97	1.15	0.90	C ₈ H ₁₄ O	126.2	酮類	Citrus, green, lemongrass
7	7.630	Myrcene	8.62	2.24	3.50	3.29	1.88	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Peppery, spicy, plastic
8	7.993	(E,E)-2,4-Heptadienal	4.17	2.68	3.49	4.10	3.15	C ₇ H ₁₀ O	110.1	醛類	Fatty, green, vegetable
9	8.138	α-Terpinene	1.14		0.92	0.90	-	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
10	8.301	2-Ethyl-1-hexanol	30.49	20.71	28.26	31.83	38.35	C ₈ H ₁₈ O	130.2	醇類	Citrus, floral, sweet
11	8.431	Benzenemethanol	2.32	2.75	3.78	4.32	4.19	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	Floral, rose, balsamic
12	8.650	Benzeneacetaldehyde	0.86	0.98	1.68	1.76	1.60	C ₈ H ₈ O	120.1	醛類	Green, sweet, floral

^x 氣味類型參考 TGSC information system



表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 4. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.71%	69.93%	68.89%	66.68%	65.40%				
13	8.696	trans-β-Ocimene	3.07	2.00	3.47	3.39	2.29	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Sweet, herbal
14	8.776	1-Ethyl-2-formyl pyrrole	1.08	0.94	1.36	1.03	-	C ₇ H ₉ NO	123.1	其它	Burnt, roasted, smoky
15	8.934	γ-Terpinene	14.29	7.15	10.96	15.57	14.31	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
16	9.520	Terpinolene	4.49	2.47	3.27	3.04	2.24	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Fresh woody, sweet, citrus
17	9.688	α-Terpinolene	4.61	2.57	6.49	7.08	5.28	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	-
18	9.986	Benzeneethanol	3.98	4.58	5.97	6.42	5.89	C ₈ H ₁₀ O	122.1	醇類	Floral, rose, dried rose
19	10.493	Benzeneacetonitrile	1.37	2.13	4.10	4.08	3.14	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	-
20	10.661	2-Ethylhexyl acetate	11.45	7.17	9.22	14.44	18.30	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172.2	酯類	Earthy, herbal, humus
21	11.434	Naphthalene	1.59	2.29	2.57	1.45	2.35	C ₁₀ H ₈	128.1	其它	Pungent, dry, resinous
22	12.141	β-Cyclocitral	2.20	2.12	2.17	2.45	1.92	C ₁₀ H ₁₆ O	152.2	醛類	Tropical, herbal, rose
23	12.216	6-Methylheptyl acrylate	-	-	-	2.99	4.35	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	184.2	酯類	-
24	12.691	Geraniol	-	-	-	-	2.48	C ₁₀ H ₁₈ O	154.2	醇類	Sweet, floral, fruity

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 4. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 4. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.71%	69.93%	68.89%	66.68%	65.40%				
25	13.505	Indole	2.95	3.97	4.67	2.72	2.16	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	Animal, floral
26	15.088	cis-3-Hexenyl hexanoate	-	-	6.28	8.33	7.12	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198.3	酯類	Fruity, green, tropical
27	15.135	α-Copaene	3.30	3.10	3.65	2.48	1.60	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Woody, spicy, honey
28	15.968	β-Caryophyllene	1.60	-	1.03	0.83	-	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Sweet, woody, spicy
29	16.238	Coumarin	-	0.86	-	0.51	0.63	C ₉ H ₆ O ₂	146.1	酮類	Sweet, hay, coumarinic
30	17.071	β-Ionone	2.49	2.49	2.79	2.78	2.25	C ₁₃ H ₂₀ O	192.3	酮類	Floral, woody, sweet
31	17.383	E,E-α-Farnesene	1.99	2.42	3.77	4.71	4.41	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Citrus, herbal, lavender
32	17.742	δ-Cadinene	-	-	2.15	1.68	1.47	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Thyme, herbal, woody
33	17.919	Dihydroactinidiolide	1.75	2.27	2.80	2.51	2.18	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180.2	酮類	Ripe apricot, fruity, tropical fruit
34	18.342	d-Nerolidol	-	-	2.75	-	2.00	C ₁₅ H ₂₆ O	222.3	醇類	Mild floral
35	18.505	cis-3-Hexenyl benzoate	-	-	-	-	0.24	C ₁₃ H ₁₆ O ₂	204.2	酯類	Green, leafy, floral

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料

Table. 5. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.46 %	69.75 %	68.94 %	67.81 %	67.00 %				
1	5.056	Furfural	-	-	-	1.18	1.31	C ₅ H ₄ O ₂	96.0	醛類	Sweet woody, almond, bread baked
2	5.936	Styrene	0.64	0.08	0.12	2.70	2.43	C ₈ H ₈	104.1	其它	Sweet, balsamic, floral
3	6.662	alpha-Pinene	-	-	-	0.83	0.84	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	herbal
4	7.118	Benzaldehyde	3.25	2.54	2.98	7.82	7.26	C ₇ H ₆ O	106.1	醛類	Sweet, bitter, almond
5	7.356	sabinene	-	-	-	1.46	1.49	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	woody
6	7.43	beta-Pinene	-	0.51	0.48	3.87	3.91	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	herbal
7	7.556	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.58	0.35	0.48	1.42	1.52	C ₈ H ₁₄ O	126.2	酮類	Citrus, green, lemongrass
8	7.630	Myrcene	8.60	1.27	1.47	24.58	26.97	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Peppery, spicy, plastic
9	7.91	alpha Phellandrene	-	-	-	1.17	1.32	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	terpenic
10	7.993	(E,E)-2,4-Heptadienal	2.86	1.89	2.21	6.86	6.00	C ₇ H ₁₀ O	110.1	醛類	Fatty, green, vegetable
11	8.138	α-Terpinene	0.99	0.50	-	2.40	2.41	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
12	8.301	2-Ethyl-1-hexanol	24.72	28.82	34.73	-	-	C ₈ H ₁₈ O	130.2	醇類	Citrus, floral, sweet

^x 氣味類型參考 TGSC information system



表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 5. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.46 %	69.75 %	68.94 %	67.81 %	67.00 %				
13	8.431	Benzenemethanol	2.01	3.46	5.37	-	-	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	Floral, rose, balsamic
14	8.650	Benzeneacetaldehyde	1.29	1.44	1.74	2.50	1.94	C ₈ H ₈ O	120.1	醛類	Green, sweet, floral
15	8.696	trans-β-Ocimene	3.21	1.03	1.47	6.11	8.21	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Sweet, herbal
16	8.934	γ-Terpinene	7.26	11.70	16.43	7.50	8.25	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
17	9.520	Terpinolene	3.83	1.60	2.35	7.78	8.85	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Fresh woody, sweet, citrus
18	9.688	α-Terpinolene	4.04	2.45	3.54	7.16	8.15	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	-
19	9.986	Benzeneethanol	3.99	3.65	5.59	6.86	7.91	C ₈ H ₁₀ O	122.1	醇類	Floral, rose, dried rose
20	10.493	Benzeneacetonitrile	1.02	0.88	1.96	1.52	1.69	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	-
21	10.661	2-Ethylhexyl acetate	11.61	10.55	12.08	-	-	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	172.2	酯類	Earthy, herbal, humus
22	11.094	Linalool oxide III	-	-	1.98	-	-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	
23	11.168	Linalool oxide IV	-	-	-	1.62	-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	
24	11.434	Naphthalene	1.14	-	-	2.24	1.85	C ₁₀ H ₈	128.1	其它	Pungent, dry, resinous

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 5. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 5. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域					化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			70.46%	69.75%	68.94%	67.81%	67.00%				
25	11.620	Methyl salicylate	-	-	-	-	1.50	C ₈ H ₈ O ₃	152.1	酯類	minty
26	12.141	β-Cyclocitral	1.69	1.20	1.34	2.78	2.69	C ₁₀ H ₁₆ O	152.2	醛類	Tropical, herbal, rose
27	12.216	6-Methylheptyl acrylate	-	-	5.09	-	-	C ₁₁ H ₂₀ O ₂	184.2	酯類	-
28	12.691	Geraniol	2.46	3.21	4.01	4.22	-	C ₁₀ H ₁₈ O	154.2	醇類	Sweet, floral, fruity
29	13.505	Indole	1.94	-	2.81	0.58	2.60	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	Animal, floral
30	15.135	α-Copaene	-	-	-	2.18	2.37	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Woody, spicy, honey
31	15.968	β-Caryophyllene	-	-	-	0.77	-	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Sweet, woody, spicy
32	16.238	Coumarin	-	0.72	1.31	0.88	1.03	C ₉ H ₆ O ₂	146.1	酮類	Sweet, hay, coumaric
33	17.071	β-Ionone	1.22	1.29	1.58	1.73	2.15	C ₁₃ H ₂₀ O	192.3	酮類	Floral, woody, sweet
34	17.383	E,E-α-Farnesene	2.80	2.01	3.19	2.88	4.50	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Citrus, herbal, lavender
35	17.742	δ-Cadinene	1.36	1.45	1.88	2.38	3.11	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Thyme, herbal, woody
36	17.919	Dihydroactinidiolide	0.44	0.51	0.87	1.26	1.66	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180.2	酮類	Ripe apricot, fruity, tropical fruit

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 6. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成
Table. 6. Volatile compounds compositions of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes	醇類 Alcohols	醛類 Aldehydes	酮類 Ketones	酯類 Esters	其它 Others	總和 Total
A ^x	43.11 ^y	36.79	12.85	5.01	11.45	7.90	117.11
B	21.95	28.04	10.69	6.22	7.17	9.75	83.82
C	39.21	40.76	14.52	6.56	15.51	13.34	129.90
D	42.98	42.58	14.19	6.96	25.75	9.83	142.28
E	33.49	53.82	11.39	5.96	30.01	7.95	142.62

^x 含水率 A=70.71%, B=69.93%, C=68.89%, D=66.68%, E=65.40%

^y 相對峰域:揮發性化合物峰域/十三烷峰域

表 7. 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比
Table. 7. Proportion of volatile compounds compositing of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes (%)	醇類 Alcohols (%)	醛類 Aldehydes (%)	酮類 Ketones (%)	酯類 Esters (%)	其它 Others (%)	總和 Total (%)
A ^x	36.81 ^y	31.41	10.97	4.28	9.77	6.75	100.00
B	26.19	33.45	12.76	7.42	8.55	11.63	100.00
C	30.18	31.38	11.18	5.05	11.94	10.27	100.00
D	30.20	29.93	9.97	4.89	18.10	6.91	100.00
E	23.48	37.74	7.99	4.18	21.04	5.58	100.00

^x 含水率 A=70.71%, B=69.93%, C=68.89%, D=66.68%, E=65.40%

^y 揮發性化合物組成百分比(%)=相對峰域/總相對峰域*100

表 8. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成
Table. 8. Volatile compounds compositions of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes	醇類 Alcohols	醛類 Aldehydes	酮類 Ketones	酯類 Esters	其它 Others	總和 Total
A ^x	32.08 ^y	33.17	9.09	2.24	11.61	4.74	92.93
B	22.53	39.14	7.07	2.87	10.55	0.96	83.12
C	30.81	51.68	8.26	4.23	17.18	4.89	117.05
D	71.07	12.70	21.15	5.29	0.00	7.05	117.25
E	80.39	7.91	19.20	6.35	1.50	8.57	123.93

^x 含水率 A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

^y 相對峰域:揮發性化合物峰域/十三烷峰域

表 9. 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比
Table. 7. Proportion of volatile compounds compositing of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes (%)	醇類 Alcohols (%)	醛類 Aldehydes (%)	酮類 Ketones (%)	酯類 Esters (%)	其它 Others (%)	總和 Total (%)
A ^x	34.52 ^y	35.69	9.78	2.41	12.49	5.10	100.00
B	27.11	47.09	8.51	3.46	12.69	1.15	100.00
C	26.32	44.16	7.06	3.62	14.68	4.17	100.00
D	60.61	10.83	18.04	4.51	0.00	6.01	100.00
E	64.87	6.39	15.50	5.13	1.21	6.91	100.00

^x 含水率 A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

^y 揮發性化合物組成百分比(%)=相對峰域/總相對峰域*100

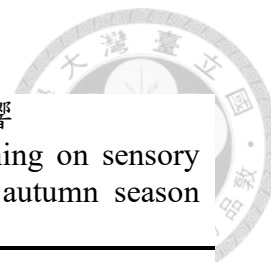


表 10. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶專家感官品評之影響

Table. 10. Effect of succulent shoot moisture content before panning on sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	外觀 Tea Appearance	水色 Color of tea Liquor	香氣 Aroma	滋味 Taste	總分 Total score
A ^y	12.50 e ^x	14.00 b	21.92	22.45 cd	70.87 c
B	14.00 d	14.33 b	22.23	21.79 d	72.20 c
C	15.33 bc	16.00 a	23.23	24.19 ab	78.75 a
D	17.00 a	13.33 b	21.48	23.58 bc	75.39 b
E	14.67 cd	16.00 a	24.06	25.07 a	79.80 a
F	16.33 ab	13.33 b	22.08	23.90 ab	75.49 b
p-value	***	***	ns	***	***

^xn=12, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=76.16%, B=74.70%, C=73.48%, D=71.36%, E=70.96%, F=68.95%

表 11. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶專家感官品評之影響

Table. 11. Effect of succulent shoot moisture content before panning on sensory evaluation scores of senior sensory evaluator of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	外觀 Tea Appearance	水色 Color of tea Liquor	香氣 Aroma	滋味 Taste	總分 Total score
A ^y	17.75 a ^x	15.60 cd	22.47 c	20.31 d	76.12 b
B	16.75 bc	15.27 d	22.92 bc	20.54 cd	75.16 b
C	15.25 cd	16.91 b	24.17 a	22.94 a	79.27 a
D	15.25 cd	16.09 c	23.03 bc	21.61 bc	76.15 b
E	15.00 d	15.60 cd	24.06 a	21.89 ab	76.69 b
F	15.75 c	17.45 a	23.64 ab	22.23 ab	79.40 a
p-value	***	***	**	***	***

^xn=12, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=74.69%, B=73.82%, C=72.73%, D=71.76%, E=71.52%, F=70.06%

表 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料

Table. 12. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域						化學式	分子 量	類型	氣味描述 ^x
			76.16%	74.70%	73.48%	71.36%	70.96%	68.95%				
1	5.349	cis-3-Hexenol	-	-	-	-	-	0.42	C ₆ H ₁₂ O	100.1	醇類	green, vegetable, herbal
2	5.475	Ethylbenzene	0.08	0.10	0.16	-	0.38	0.23	C ₈ H ₁₀	106.1	其它	-
3	5.917	Styrene	0.36	0.16	0.37	0.43	0.38	0.92	C ₈ H ₈	104.1	其它	sweet, floral
4	7.109	Benzaldehyde	0.37	0.29	0.61	0.83	0.63	1.32	C ₇ H ₆ O	106.1	醛類	Sweet, bitter, almond
5	7.542	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.13	0.08	0.16	0.23	0.18	0.30	C ₈ H ₁₄ O	126.2	酮類	Citrus, green, lemongrass
6	7.626	Myrcene	0.49	-	-	0.77	0.63	0.89	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Peppery, spicy, plastic
7	7.984	(E,E)-2,4-Heptadienal	0.20	0.11	-	-	-	0.45	C ₇ H ₁₀ O	110.1	醛類	Fatty, green, vegetable
8	8.422	Benzenemethanol	0.30	-	0.31	0.63	0.59	0.89	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	Floral, rose, balsamic
9	8.641	Benzeneacetaldehyde	0.10	0.12	0.28	0.36	0.33	0.98	C ₈ H ₈ O	120.1	醛類	Green, sweet, floral
10	8.692	Trans-β-Ocimene	1.37	0.88	1.48	1.13	0.67	1.02	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Sweet, herbal
11	8.929	gamma-terpinene	0.88	0.33	0.63	2.47	1.21	1.74	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
12	9.157	3-Methyl-phenol	0.18	0.20	0.37	0.39	0.27	0.89	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	medicinal, woody

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 12. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 12. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域						化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			76.16%	74.70%	73.48%	71.36%	70.96%	68.95%				
13	9.199	Linalool oxide I	-	-	-	-	1.19	2.51	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
14	9.502	Linalool oxide II	-	-	-	-	0.90	1.75	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
15	9.688	Linalool	0.37	0.17	0.57	0.71	0.77	1.72	C ₁₀ H ₁₈ O	154.2	醇類	Citrus, floral, sweet
16	9.991	Benzeneethanol	-	-	-	-	-	1.63	C ₈ H ₁₀ O	122.1	醇類	Floral, rose
17	10.009	(E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene	1.92	0.94	-	-	-	-	C ₁₁ H ₁₈	150.2	萜烯類	-
18	11.089	Linalool oxide III	0.41	0.46	0.76	-	0.98	1.49	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
19	11.164	Linalool oxide IV	-	-	0.82	-	-	1.82	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
20	12.141	β-Cyclocitral	-	0.18	-	-	-	0.55	C ₁₀ H ₁₆ O	152.2	醛類	Tropical, herbal, rose
21	13.505	Indole	0.32	0.12	-	-	-	-	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	Animal, floral
22	15.135	α-Copaene	0.26	-	-	-	-	-	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Woody, spicy, honey
23	17.742	δ-Cadinene	0.41	0.39	0.82	0.76	0.68	1.99	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Thyme, herbal, woody

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料

Table. 13. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域						化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			74.69%	73.82%	72.73%	71.76%	71.52%	70.06%				
1	5.349	cis-3-Hexenol	-	0.63	0.82	0.78	0.73	0.80	C ₆ H ₁₂ O	100.1	醇類	Green, vegetable, herbal
2	5.917	Styrene	0.38	0.30	0.41	0.29	0.56	0.60	C ₈ H ₈	104.1	其它	Sweet, floral, plastic
3	6.076	Heptanal	-	0.58	-	0.65	2.56	-	C ₇ H ₁₄ O	114.1	醛類	Fresh, green, herbal
4	7.109	Benzaldehyde	2.50	2.37	3.18	2.47	0.35	3.52	C ₇ H ₆ O	106.1	醛類	Sweet, bitter, almond
5	7.542	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.46	0.40	0.41	0.40	3.69	0.49	C ₈ H ₁₄ O	126.2	酮類	Citrus, green, lemongrass
6	7.626	Myrcene	4.42	2.98	4.55	3.90	1.85	2.75	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Peppery, spicy, plastic
7	7.984	(E,E)-2,4-Heptadienal	1.69	1.67	1.71	1.61	0.54	2.93	C ₇ H ₁₀ O	110.1	醛類	Fatty, green, vegetable
8	8.138	α-terpinene	0.60	-	0.62	0.59	4.81	-	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
9	8.277	p-Cymene	5.32	3.40	5.89	4.93	2.86	4.02	C ₁₀ H ₁₄	134.2	萜烯類	Citrus, woody, spicy
10	8.422	Benzenemethanol	3.18	2.78	3.38	2.91	1.09	3.49	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	Floral, rose, balsamic
11	8.641	Benzeneacetaldehyde	0.51	0.87	1.16	0.87	4.44	1.14	C ₈ H ₈ O	120.1	醛類	Green, sweet, floral
12	8.692	Trans-β-Ocimene	2.66	4.22	6.99	3.80	3.57	3.34	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Sweet, herbal

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 13. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域						化學式	分子 量	類型	氣味描述 ^x
			74.69%	73.82%	72.73%	71.76%	71.52%	70.06%				
13	8.766	1-Ethyl-2-formyl pyrrole	0.71	0.72	0.90	0.59	-	0.79	C ₇ H ₉ NO	123.1	其它	Burnt, roasted, smoky
14	8.929	γ-Terpinene	3.57	0.63	4.50	3.32	-	3.26	C ₁₀ H ₁₆	136.2	萜烯類	Woody, lemon, herbal
15	9.157	3-Methyl-phenol	-	0.63	0.65	-	0.83	0.51	C ₇ H ₈ O	108.1	醇類	medicinal, woody
16	9.199	Linalool oxide I	-	3.28	3.62	3.34	3.62	3.35	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
17	9.502	Linalool oxide II	-	0.63	-	-	4.48	5.44	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
18	9.688	Linalool	4.33	0.63	9.38	6.92	7.77	9.26	C ₁₀ H ₁₈ O	154.2	醇類	Citrus, floral, sweet
19	10.009	(E)-4,8-Dimethyl-1,3,7-nonatriene	4.86	-	4.33	3.92	3.21	4.73	C ₁₁ H ₁₈	150.2	萜烯類	-
20	11.089	Linalool oxide III	6.37	4.82	5.28	3.84	4.39	10.98	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
21	11.164	Linalool oxide IV	-	7.51	7.20	6.59	6.44	-	C ₁₀ H ₁₈ O ₂	170.2	醇類	-
22	12.141	β-Cyclocitral	1.14	0.63	1.29	1.13	0.92	1.39	C ₁₀ H ₁₆ O	152.2	醛類	Tropical, herbal, rose
23	12.691	Nerol	-	0.63	-	-	2.06	2.93	C ₁₀ H ₁₈ O	154.2	醇類	Sweet, neroli, citrus
24	13.505	Indole	1.32	0.63	1.01	1.54	1.33	3.55	C ₈ H ₇ N	117.1	其它	Animal, floral

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 13. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物種類、相對峰域與基本資料 (續)

Table. 13. Volatile compounds and its related peak area and basic information of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea. (continued)

#	RT	化合物	炒菁前含水率之相對峰域						化學式	分子量	類型	氣味描述 ^x
			74.69%	73.82%	72.73%	71.76%	71.52%	70.06%				
25	15.088	cis-3-Hexenyl hexanoate	-	-	2.45	-	-	-	C ₁₂ H ₂₂ O ₂	198.3	酯類	Fruity, green, tropical
26	15.135	α-Copaene	1.90	0.63	-	-	1.28	-	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Woody, spicy, honey
27	15.502	cis Jasmone	-	-	-	2.12	-	4.15	C ₁₁ H ₁₆ O	164.2	酮類	Herbal, floral, jasmín
28	17.067	β-Ionone	1.19	0.63	1.25	1.29	1.10	2.22	C ₁₃ H ₂₀ O	192.3	酮類	Floral, woody, sweet
29	17.742	δ-Cadinene	2.46	0.63	2.10	2.25	2.15	4.76	C ₁₅ H ₂₄	204.3	萜烯類	Thyme, herbal, woody
30	17.914	Dihydroactinidiolide	-	-	0.75	1.13	1.08	1.00	C ₁₁ H ₁₆ O ₂	180.2	酮類	Ripe apricot, fruity, tropical fruit

^x 氣味類型參考 TGSC information system

表 14. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成

Table. 14. Volatile compounds compositions of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes	醇類 Alcohols	醛類 Aldehydes	酮類 Ketones	酯類 Esters	其它 Others
A ^x	3.41 ^y	0.86	0.68	0.13	0.77	5.84
B	2.54	0.84	0.70	0.08	0.38	4.53
C	2.87	1.76	1.21	0.16	1.35	7.35
D	5.14	1.73	1.19	0.23	0.43	8.71
E	3.19	4.71	0.96	0.18	0.76	9.80
F	5.63	13.11	3.30	0.30	1.15	23.49

^x 含水率 A=76.16%, B=74.70%, C=73.48%, D=71.36%, E=70.96%, F=68.95%

^y 相對峰域:揮發性化合物峰域/十三烷峰域

表 15. 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比

Table. 15. Proportion of volatile compounds compositing of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes (%)	醇類 Alcohols (%)	醛類 Aldehydes (%)	酮類 Ketones (%)	其它 Others (%)	總和 Total (%)
A ^x	58.39 ^y	14.66	11.59	2.21	13.15	100.00
B	56.09	18.45	15.42	1.70	8.34	100.00
C	39.10	23.90	16.42	2.16	18.42	100.00
D	58.93	19.89	13.64	2.64	4.90	100.00
E	32.57	48.01	9.77	1.87	7.78	100.00
F	23.97	55.81	14.04	1.29	4.89	100.00

^x 含水率 A=76.16%, B=74.70%, C=73.48%, D=71.36%, E=70.96%, F=68.95%

^y 揮發性化合物組成百分比(%)=相對峰域/總相對峰域*100



表 16. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成

Table. 14. Volatile compounds compositions of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes	醇類 Alcohols	醛類 Aldehydes	酮類 Ketones	酯類 Esters	其它 Others	總和 Total
A ^x	25.79 ^y	13.88	5.83	1.65	0.00	2.41	49.56
B	12.47	21.52	6.12	1.03	0.00	1.64	42.78
C	28.98	30.33	7.33	2.40	2.35	2.31	73.71
D	22.70	24.38	6.74	4.95	0.00	2.42	61.18
E	19.73	31.41	8.80	5.87	0.00	1.89	67.70
F	22.86	36.75	8.98	7.85	0.00	4.93	81.38

^x 含水率 A=74.69%, B=73.82%, C=72.73%, D=71.76%, E=71.52%, F=70.06%

^y 相對峰域:揮發性化合物峰域/十三烷峰域

表 17. 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶揮發性化合物化學類別之組成百分比

Table. 17. Proportion of volatile compounds compositing of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	萜烯類 Terpenes (%)	醇類 Alcohols (%)	醛類 Aldehydes (%)	酮類 Ketones (%)	酯類 Esters (%)	其它 Others (%)	總和 Total (%)
A ^x	52.04 ^y	28.01	11.77	3.32	0.00	4.86	100.00
B	29.16	50.31	14.30	2.41	0.00	3.84	100.00
C	39.32	41.15	9.95	3.26	3.18	3.14	100.00
D	37.11	39.85	11.01	8.08	0.00	3.95	100.00
E	29.15	46.39	12.99	8.67	0.00	2.80	100.00
F	28.09	45.16	11.03	9.65	0.00	6.06	100.00

^x 含水率 A=74.69%, B=73.82%, C=72.73%, D=71.76%, E=71.52%, F=70.06%

^y 揮發性化合物組成百分比(%)=相對峰域/總相對峰域*100

表 18. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶非揮發性內容物含量之影響
Table. 18. Effect of moisture content of succulent shoot on non-volatile compounds content of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

treatment	總多元酚 Total polyphenol (mg·g ⁻¹ d.w.)	總游離胺基酸 Amino acid (mg·g ⁻¹ d.w.)	咖啡因 Caffeine (mg·g ⁻¹ d.w.)
A ^y	56.07 a ^x	7.96	30.36
B	51.35 b	7.72	28.08
C	58.45 a	7.34	30.68
D	56.86 a	7.02	29.94
E	55.13 ab	7.42	29.48
p-value	*	ns	ns

^xn=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=70.71%, B=69.93%, C=68.89%, D=66.68%, E=65.40%

表 19. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶非揮發性內容物含量之影響
Table. 19. Effect of moisture content of succulent shoot on non-volatile compounds content of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

treatment	總多元酚 Total polyphenol (mg·g ⁻¹ d.w.)	總游離胺基酸 Amino acid (mg·g ⁻¹ d.w.)	咖啡因 Caffeine (mg·g ⁻¹ d.w.)
A ^y	71.71 c	17.40	35.95
B	72.16 bc	20.52	35.25
C	80.34 a	21.65	38.35
D	75.75 abc	16.08	37.94
E	77.68 ab	18.42	38.34
p-value	*	ns	ns

^xn=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

表 20. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶非揮發性內容物含量之影響
Table. 20. Effect of moisture content of succulent shoot on non-volatile compounds content of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

treatment	總多元酚 Total polyphenol (mg·g ⁻¹ d.w.)	總游離胺基酸 Amino acid (mg·g ⁻¹ d.w.)	咖啡因 Caffeine (mg·g ⁻¹ d.w.)
A ^y	102.73 b	22.27 b	39.99 bcd
B	126.88 a	19.47 b	34.56 d
C	97.58 b	30.72 a	39.30 cd
D	103.99 b	30.90 a	45.14 b
E	115.4 ab	35.40 a	52.18 a
F	101.85 b	34.35 a	43.87 bc
p-value	*	*	*

^xn=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=76.16%, B=74.70%, C=73.48%, D=71.36%, E=70.96%, F=68.95%

表 21. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶非揮發性內容物含量之影響
Table. 21. Effect of moisture content of succulent shoot on non-volatile compounds content of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

treatment	總多元酚 Total polyphenol (mg·g ⁻¹ d.w.)	總游離胺基酸 Amino acid (mg·g ⁻¹ d.w.)	咖啡因 Caffeine (mg·g ⁻¹ d.w.)
A ^y	80.07 ab	10.86 c	43.99 ab
B	74.93 b	14.34 ab	43.20 bc
C	73.17 b	16.07 ab	39.76 c
D	82.36 a	13.94 b	42.21 bc
E	75.30 ab	16.36 a	42.99 bc
F	82.36 a	15.83 ab	46.98 a
p-value	*	*	*

^xn=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=74.69%, B=73.82%, C=72.73%, D=71.76%, E=71.52%, F=70.06%

表 22. 含水率對 2019 年‘青心烏龍’秋季綠茶兒茶素含量之影響

Table. 22. Effect of moisture content of succulent shoot on catechins content of 2019 autumn season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	GA (mg·g ⁻¹)	GC (mg·g ⁻¹)	EGC (mg·g ⁻¹)	C (mg·g ⁻¹)	EC (mg·g ⁻¹)	EGCG (mg·g ⁻¹)	GCG (mg·g ⁻¹)	ECG (mg·g ⁻¹)	CG (mg·g ⁻¹)	游離型 兒茶素 ^z (mg·g ⁻¹)	酯型兒 茶素 (mg·g ⁻¹)	總計 (mg·g ⁻¹)
A ^y	0.25 b ^x	5.55	16.50	1.88 bc	4.66	4.25	3.43	2.80	0.96	28.59	11.44	40.03
B	0.28 b	5.81	18.62	1.65 c	5.12	4.38	3.34	2.97	1.08	31.21	11.77	42.98
C	0.31 ab	6.01	22.23	2.32 abc	6.19	5.62	4.54	3.76	0.97	36.75	14.89	51.63
D	0.37 a	5.55	18.78	2.88 a	4.70	4.77	4.35	3.31	0.91	31.91	13.35	45.25
E	0.39 a	5.28	18.89	2.72 ab	5.46	4.91	4.20	3.38	0.88	32.35	13.38	45.73
P-value	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^x n=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=70.71%, B=69.93%, C=68.89%, D=66.68%, E=65.40%

^z 游離型兒茶素=GC + EGC + C + EC 酯型兒茶素=EGCG + GCG + ECG + CG

表 23. 含水率對 2020 年‘青心烏龍’春季綠茶兒茶素含量之影響

Table. 23. Effect of moisture content of succulent shoot on catechins content of 2020 spring season ‘Chin-Shin-Oolong’ green tea.

Treatment	GA (mg·g ⁻¹)	GC (mg·g ⁻¹)	EGC (mg·g ⁻¹)	C (mg·g ⁻¹)	EC (mg·g ⁻¹)	EGCG (mg·g ⁻¹)	GCG (mg·g ⁻¹)	ECG (mg·g ⁻¹)	CG (mg·g ⁻¹)	游離型 兒茶素 ^z (mg·g ⁻¹)	酯型兒 茶素 (mg·g ⁻¹)	總計 (mg·g ⁻¹)
A ^y	0.34	7.93	25.56	5.46 b	8.43 ab ^x	5.47	4.94	3.61	0.95	47.38	14.98	62.36
B	0.29	6.98	22.94	5.17 b	7.11 abc	5.24	4.89	3.66	0.93	42.20	14.72	56.92
C	0.42	9.22	28.87	7.33 ab	9.80 a	6.54	6.21	4.43	1.05	55.22	18.24	73.46
D	0.52	9.46	30.43	8.87 a	6.29 bc	5.78	7.02	4.88	1.14	55.06	18.81	73.87
E	0.64	6.83	24.99	7.48 ab	5.14 c	5.03	5.32	4.29	1.03	44.44	15.67	60.11
P-value	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^x n=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=70.46%, B=69.75%, C=68.94%, D=67.81%, E=67.00%

^z 游離型兒茶素=GC + EGC + C + EC 酯型兒茶素=EGCG + GCG + ECG + CG

表 24. 含水率對 2020 年‘青心柑仔’秋季綠茶兒茶素含量之影響

Table. 24. Effect of moisture content of succulent shoot on catechins content of 2020 autumn season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	GA (mg·g ⁻¹)	GC (mg·g ⁻¹)	EGC (mg·g ⁻¹)	C (mg·g ⁻¹)	EC (mg·g ⁻¹)	EGCG (mg·g ⁻¹)	GCG (mg·g ⁻¹)	ECG (mg·g ⁻¹)	CG (mg·g ⁻¹)	游離型 兒茶素 ^z (mg·g ⁻¹)	酯型兒 茶素 (mg·g ⁻¹)	總計 (mg·g ⁻¹)
A ^y	1.57	16.20	19.69	9.26	4.28	12.37	28.58 bc ^x	9.92	2.56	49.43	53.44	102.87
B	1.93	18.82	19.11	9.63	5.97	14.22	38.70 a	11.12	3.33	53.53	67.38	120.91
C	1.49	14.13	15.25	8.94	4.07	10.19	26.63 c	7.58	2.78	42.39	47.18	89.57
D	4.28	14.27	16.93	5.67	3.47	10.71	28.10 c	8.85	2.79	40.35	50.45	90.80
E	1.92	14.58	16.60	6.19	3.27	13.37	37.03 ab	11.30	3.64	40.63	65.34	105.98
F	1.94	13.27	16.55	6.63	3.59	11.49	28.62 bc	9.77	2.82	40.04	52.70	92.74
P-value	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns

^x n=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=76.16%, B=74.70%, C=73.48%, D=71.36%, E=70.96%, F=68.95%

^z 游離型兒茶素=GC + EGC + C + EC 酯型兒茶素=EGCG + GCG + ECG + CG

表 25. 含水率對 2021 年‘青心柑仔’春季綠茶兒茶素含量之影響

Table. 25. Effect of moisture content of succulent shoot on catechins content of 2021 spring season ‘Chin-Shin-Ganzai’ green tea.

Treatment	GA (mg·g ⁻¹)	GC (mg·g ⁻¹)	EGC (mg·g ⁻¹)	C (mg·g ⁻¹)	EC (mg·g ⁻¹)	EGCG (mg·g ⁻¹)	GCG (mg·g ⁻¹)	ECG (mg·g ⁻¹)	CG (mg·g ⁻¹)	游離型兒茶素 ^z (mg·g ⁻¹)	酯型兒茶素 (mg·g ⁻¹)	總計 (mg·g ⁻¹)
A ^y	0.89 c	5.89 d	17.45 b	13.24 c	5.69	12.82	15.00	10.51	2.37 a	42.27 c	40.70	82.97
B	1.09 ab	6.80 bc	18.81 ab	15.11 ab	6.10	12.15	14.98	9.57	2.08 ab	46.83 ab	38.77	85.60
C	0.93 bc	6.08 cd	17.47 b	13.57 bc	5.80	10.75	12.80	8.34	1.81 bc	42.93 bc	33.70	76.62
D	1.11 a	7.05 ab	20.48 a	15.17 ab	6.22	12.35	14.36	9.42	1.78 bc	48.92 a	37.91	86.83
E	1.06 ab	7.74 a	20.63 a	15.83 a	6.53	12.23	13.71	9.28	1.64 c	50.73 a	36.85	87.59
F	1.19 a	7.00 ab	19.48 ab	15.83 a	6.69	13.09	13.99	10.75	1.91 bc	49.00 a	39.75	88.75
P-value	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*	**	ns	ns

^x n=3, mean separation with columns by LSD, 5% level

^y 含水率 A=74.69%, B=73.82%, C=72.73%, D=71.76%, E=71.52%, F=70.06%

^z 游離型兒茶素=GC + EGC + C + EC 酯型兒茶素=EGCG + GCG + ECG + CG