

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

臺灣咖啡生豆綠原酸組成與杯測品質之相關性分析

Correlation Analysis between Chlorogenic Acid

Composition and Cupping Quality of Taiwan Coffee

Green Bean

林哲豪

Che-Hao Lin

指導教授：陳右人 教授

Advisor: Prof. Iou-Zen Chen

中華民國 107 年 12 月

December, 2018

## 致謝 (Acknowledgment)




尚未入學大學前，就知道系上有堂熱門名課，那就是陳右人老師教授的飲料作物，也是我最熱愛的一堂課，給我無限啟發。我並非熱衷教條學習的學生，在高中便逕自去咖啡店打工，結下與咖啡不解之緣；大學後亦不安於校園，自行創業校外發展。也因此我的學期數量，總多上同學們一些。所幸，在父母親創業經營企業有成後，仍返校進修獲得碩士學位，又父親逾耳順之年，仍能不辭勞苦完成博士學位，讓我受到無比激勵，把握機會爭取在陳老師門下修習碩士班，受益無窮。在學時，分別經歷徐源泰老師擔任系主任及農學院院長的時期，徐老師的忙碌不言而喻，但仍撥冗與我分享兼具科學與產業背景的專業觀點，啟發我在學術與事業的發展。阮素芬老師在我面對論文寫作壓力的時候，親切關懷正面鼓勵，好幾次將我從五里雲霧中拯救而出，每當我深夜寫作時，我都想起阮老師的春風化雨，讓我堅持至今。

在咖啡研究及評鑑的世界裡，茶業改良場的劉千如研究員與蘇彥碩研究員給我甚多支援，共同完成了許多專案並為台灣建立了現代化的咖啡評鑑方法，在本次的研究中幫助我完成了最耗時的分析工作。感謝國姓鄉農會盧俊維大哥願意信賴我，不只在我擔任臺灣國產精品咖啡豆評鑑主任評審時諸多協助，使我們能順利彙整資料，把評鑑的生豆樣本做進一步的研究，回饋全台咖啡產業。台灣咖啡研究室及在櫟紅的成員，請恕我無法一一提及，因為你們的支持與後勤，我們才能為台灣咖啡產業提供良好的支援，完成一場場空前的活動與專案，我很榮幸能和大家共同成長。我的同學余鼎峰與王懷慶，你們為我在科學背景上所學的不足，幫我償還了我在在大學時期欠下的知識債務。我的杯測課程學生及我的科學家教林仁安，我們體現了何謂亦師亦友、教學相長，漫步在繽紛的咖啡世界。最後，感謝母親費盡心力教養我，內人張廖巧玉與幼子林拓宇給我持續努力的理由。

沒有你們，就沒有今日的我。哲豪叩首。

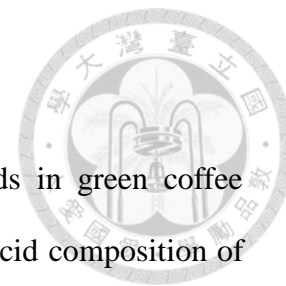
## 摘要



綠原酸 (Chlorogenic acid, CGA) 不但是咖啡生豆中重要的機能性成分，且會影響咖啡風味。本試驗分析 147 件「民國 105 年國產精品咖啡評鑑」生豆之綠原酸組成，並比較其與處理法、栽培海拔和杯測得分之相關性。生豆中的 CGA 以 5-caffeoylquinic acids (5-CQA) 和 3,5-dicaffeoylquinic acids (3,5-diCQA) 為主。處理法影響 CGA 組成，水洗處理之生豆 CGA 濃度為  $58.32 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$ ，低於日曬的  $62.51 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$ 。相較於進入決選的咖啡，初選的咖啡有較高的 3,4-dicaffeoylquinic (3,4-diCQA) 濃度  $2.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$  與較低的 5-CQA 濃度  $37.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$ 。海拔與多個 CGA 組成有顯著相關，日曬處理之 5-CQA 濃度與海拔高度正相關 ( $r = 0.76$ ,  $P \leq 0.001$ )。杯測總分與栽培海拔高度正相關 ( $r = 0.43$ ,  $P \leq 0.001$ )，與總 CGA 雖無顯著相關性，但與 5-CQA 和 3,4-diCQA 分別高度正相關 ( $r = 0.36$ ,  $P \leq 0.001$ ) 與高度負相關 ( $r = -0.39$ ,  $P \leq 0.001$ )。逐步正向迴歸結果顯示個別 CGA 對杯測總分的貢獻，依序為 3,4-diCQA、5-CQA 與 3,5-diCQA，分別有負向、正向、負向的貢獻，合計模型解釋力  $R^2 = 0.331$ 。5-CQA 與多個杯測項目正相關，以香氣最為顯著 ( $r = 0.44$ ,  $P \leq 0.001$ )。生豆 5-CQA 和 3,4-diCQA 比總 CGA 更可作為杯測品質指標。

關鍵詞：阿拉比卡咖啡、生豆、綠原酸、杯測、海拔、相關性分析、逐步正向迴歸

## Abstract



Chlorogenic acids (CGA) are important bioactive compounds in green coffee beans and affect cup quality. This research examined chlorogenic acid composition of 147 green coffee samples from 2016 Taiwan Specialty Coffee Evaluation and performed correlation analysis between their processing, cultivation altitude, and cupping scores. In green coffee, 5-caffeoylquinic acid (5-CQA) and 3,5-dicaffeoylquinic acid (3,5-diCQA) account for the majority of CGA. Washed coffee displayed a lower 5-CQA concentration at  $58.32 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$  in comparison to natural coffee's concentration of  $62.51 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$ . Coffee eliminated in the first round of the evaluation showed a higher 3,4-diCQA concentration at  $2.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$  and a lower 5-CQA concentration at  $37.11 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw}$ . Cultivation altitude correlated with several CGA groups. In natural coffee, 5-CQA concentration showed a high positive correlation with ( $r=0.76$ ,  $P \leq 0.001$ ) altitude. Cupping scores also showed high positive correlations ( $r=0.43$ ,  $P \leq 0.001$ ) to cultivation altitudes. Although cupping scores were not correlated to total CGA concentrations, 5-CQA and 3,4-diCQA were highly positively correlated ( $r=0.36$ ,  $P \leq 0.001$ ) and highly negatively correlated ( $r=-0.39$ ,  $P \leq 0.001$ ) to cupping scores respectively. By stepwise forward regression analysis, 3,4-diCQA, 5-CQA and 3,5-diCQA had been included in the cupping score model. These variables were negatively, positively and negatively correlated to cupping score, respectively, and gave a combined model  $R^2$  of 0.331. Concentration of 5-CQA was positively correlated to several attributes during cupping. The most significant one was fragrance ( $r=0.44$ ,  $P \leq 0.001$ ). As such, concentrations of 5-CQA and 3,4-diCQA were better cup quality indicators than total CGA concentration.

Keyword: *Coffea arabica*, Green bean, Chlorogenic acid, Cupping, Altitude,

Correlation analysis, Stepwise forward regression analysis



# 目錄 (Contents)



致謝 (Acknowledgment).....	i
摘要.....	ii
Abstract .....	iii
目錄 (Contents).....	v
表目錄 (List of tables) .....	vii
圖目錄 (List of figures).....	viii
前言 (Introduction).....	1
文獻回顧 (Literature review).....	4
一、    咖啡生豆中的綠原酸.....	4
(一)    綠原酸簡介.....	4
(二)    阿拉比卡與羅布斯塔綠原酸濃度.....	4
(三)    臺灣產咖啡綠原酸研究.....	4
(四)    綠原酸在人體中的健康價值.....	5
二、    烘培與沖煮對綠原酸的影響.....	5
(一)    咖啡烘培對綠原酸的影響.....	5
(二)    沖煮與萃取對咖啡液中綠原酸的影響.....	6
三、    栽培海拔、處理法與咖啡生豆綠原酸的關係.....	7
(一)    栽培海拔對生豆綠原酸的影響.....	7
(二)    處理法及後製加工對生豆綠原酸的影響.....	8
四、    咖啡生豆綠原酸與杯測品質的關係.....	9
(一)    綠原酸的味覺閾值與風味敘述.....	9
(二)    成熟度與瑕疵豆的影響.....	10
(三)    綠原酸與品質呈負相關.....	11
(四)    綠原酸與品質呈無相關.....	11



<b>材料與方法 (Material and Methods)</b> .....	13
一、    試驗材料 .....	13
二、    咖啡杯測流程 .....	13
三、    綠原酸分析 .....	14
四、    統計分析 .....	15
<b>結果與討論 (Results and Discussion)</b> .....	17
一、不同處理法、產區、等級之臺灣咖啡生豆綠原酸比較 .....	17
(一)、不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸 .....	17
(二)、不同產區之臺灣咖啡生豆綠原酸 .....	18
(三)、不同等級之臺灣咖啡生豆綠原酸 .....	19
二、臺灣咖啡生豆綠原酸與生產海拔之關係 .....	21
三、臺灣咖啡生豆綠原酸與杯測分數之關係 .....	23
<b>結論 (Conclusion)</b> .....	27
<b>表 (Tables)</b> .....	30
<b>圖 (Figures)</b> .....	51
<b>參考文獻 (References)</b> .....	57
<b>附錄 (Appendix)</b> .....	63
附錄 1. 近年臺灣咖啡產量、栽培面積與產值之變化 .....	63
附錄 2. 咖啡生豆樣品收件流程 .....	64
附錄 3. 咖啡樣品杯測流程 .....	65
附錄 4. 美國精品咖啡協會杯測表 .....	66



## 表目錄 (List of tables)

表 1. 臺灣咖啡生豆綠原酸指標、綠原酸濃度、綠原酸佔比之敘述統計資料 .....	30
表 2. 三種處理法之臺灣咖啡栽培海拔、杯測總分與生豆綠原酸指標 .....	31
表 3. 三種處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度 .....	32
表 4. 三種處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比 .....	33
表 5. 不同地區之臺灣咖啡生豆栽培海拔、杯測總分與綠原酸指標 .....	34
表 6. 不同地區之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度 .....	35
表 7. 不同地區之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比 .....	36
表 8. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆栽培海拔、杯測總分與綠原酸指標 .....	37
表 9. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度 .....	38
表 10. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比 .....	39
表 11. 不同處理法之臺灣咖啡生豆杯測總分、綠原酸指標與海拔之相關性分析 .....	40
表 12. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度與海拔之相關性分析 .....	41
表 13. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比與海拔之相關性分析 .....	42
表 14. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸指標與杯測總分之相關性分析 .....	43
表 15. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度與杯測總分之相關性分析 .....	44
表 16. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比與杯測總分之相關性分析 ...	45
表 17. 臺灣咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析 .....	46
表 18. 臺灣水洗咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析 .....	47
表 19. 臺灣蜜處理與日曬咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析 .....	48
表 20. 不同處理法之臺灣咖啡生豆 5-CQA 濃度與杯測分數項目之相關性分析 .....	49
表 21. 不同處理法之臺灣咖啡生豆 3,4-diCQA 濃度與杯測分數項目之相關性分析 .....	50



## 圖目錄 (List of figures)



圖 1. 剔除極端值對模型決定係數與常態分布的影響 .....	51
圖 2. 臺灣咖啡生豆總綠原酸、CQA 與 diCQA 濃度分布 .....	52
圖 3. 臺灣咖啡生豆 CQA 濃度與栽培海拔之相關性與資料分布 .....	53
圖 4. 臺灣咖啡生豆 diCQA 濃度與栽培海拔之相關性與資料分布 .....	54
圖 5. 臺灣咖啡生豆 CQA 濃度與杯測總分之相關性與資料分布 .....	55
圖 6. 臺灣咖啡生豆 diCQA 濃度與杯測總分之相關性與資料分布 .....	56

## 前言 (Introduction)



咖啡是世界聞名的消費性飲料，在 2017 年時，全世界生產出 956.25 萬公噸之咖啡，其中阿拉比卡咖啡 (*Coffea arabica*) 佔 582.552 萬公噸，為年生產量之 60.9% (International Coffee Organization, 2018a)。雖然咖啡的飲用歷史可追溯到西元六世紀，但是以經濟價值與歷史長度相近的經濟作物相比，產業鏈源頭的有關研究並不算多。

咖啡種子稱為咖啡豆，為其主要利用部位。作為嗜好品，咖啡豆品質好壞影響交易價格甚鉅。除了一般農產品常見以產地及物理指標，如粒徑大小、密度、呈色外觀、水分含量、瑕疵率做為分級標準之外，咖啡豆有其獨特的鑑價方式，即針對其焙炒研磨沖泡後，對乾粉與萃取液之香氣、風味表現，進行感官品評，再予以評價。這種感官品評方式，稱為杯測 (Cupping)。實際操作杯測流程，根據品質而給予評分的專業人士，稱為杯測師 (Cupper)。

美國精品咖啡協會 (Specialty Coffee Association of America; SCAA) 於 1999 年，因應第三波 (Third wave) 咖啡浪潮，即所謂精品咖啡 (Specialty coffee) 的崛起，建立了有別於期貨市場，而是以品質為價格評定基礎的杯測系統。這個系統設置了容易達到的杯測準則 (Cupping protocol)，以規範杯測時會影響判斷結果及需要注意的環境變因與背景參數，以便利整個咖啡產業鏈間，對咖啡品質評定之溝通。今美國精品咖啡協會 (SCAA) 已與歐洲精品咖啡協會 (Speciality Coffee Association of Europe; SCAE) 合併，改名為精品咖啡協會 (Specialty Coffee Association; SCA)。而針對杯測師能力訓練，則是由美國咖啡品質學會 (Coffee Quality Institute; CQI) 根據前述標準，設計整套流程加以考核控管，通過者獲頒證書稱之為 Q Grader。Q grader 每三年需校正一次，以確保具備穩定能力。此認證機制與杯測流程，是目前最廣為流通，且最具產業權威的杯測系統，也同時應用在許多咖啡產國的外銷貿易國家標準。截至 2018 年為止，已有超過兩萬四千餘

位曾參與 Q Arabica Grader 課程學習，10203 位通過考試，目前有 6361 位持有有效 Q Grader 資格，其中註冊國為臺灣者佔 435 位 (Coffee Quality Institute, 2018)。

臺灣咖啡最早的栽培歷史紀錄可追溯至 1884 年，由英商德記洋行由馬尼拉引進 100 株阿拉比卡咖啡，並種植於台北地區（今新北市三峽區）。日治時期，因應日本消費市場的需求而大量種植，在 1942 年達到高峰，種植面積近一千公頃。二次世界大戰及國共內戰以後，戰後基礎民生物資缺乏，嗜好品需求不再，而減產及改作，產業式微至近幾消滅。直至近年因 1999 年，921 地震災後重建，各地陸續發展觀光休閒事業，並隨著臺灣國民咖啡飲用習慣的改變，臺灣咖啡栽培再度興起 (張等, 2006)。臺灣咖啡生產統計調查資料 (行政院農業委員, 2018a; 如附錄 1.)，臺灣咖啡 2007 年時，種植面積僅 561 公頃，產量僅 453 公噸，近十年內大幅度的成長，2017 年種植面積增加至 1128 公頃，產量增加至 947 公噸，分別成長了 101% 及 109%，同年產值高達新台幣 8.7 億元，每公斤單價新台幣 825 元。各項數據顯示，已明顯超過日治時期的最高峰，並交易價遠高於 12 月時國際咖啡期貨交易的均價每公斤新台幣 75 元 (美元比新台幣 1:30 匯率計算) (International Coffee Organization, 2018b)。根據同年統計資料，臺灣咖啡栽植區域依種植面積排序，分別為屏東縣 216 公頃產量 156 公噸、台東縣 173 公頃產量 131 公噸、南投縣 152 公頃產量 134 公噸、嘉義縣 141 公頃產量 152 公噸、高雄市 128 公頃產量 116 公噸，即屏東、台東、南投、嘉義、高雄等五大縣市，佔全台 72% 的種植面積及 73% 的產量。2018 年 12 月登記與咖啡相關的特用作物產銷班，達到 84 班，共計 1486 名班員，與咖啡相關的果樹產銷班為 2 班，計 27 名班員 (行政院農業委員會, 2018b)。

日治時代恆春熱帶植物殖育場曾陸續由牙買加、巴西、哥倫比亞等地引入不同咖啡種源，並於各地試種，結果以阿拉比卡種有較佳的表現。1957 至 1959 年間，農業試驗所嘉義分所陸續自印度、菲律賓與夏威夷引進阿拉比卡咖啡之不同品種，並進行比較試驗，篩選出若干表現優異的品種 (張, 2018)。近來部分農民

自行鑑定，發現來自肯亞之‘SL34’為其中在臺灣普遍種植品種之一 (World Coffee Research, unpublished data)，但目前仍無法確定全台實際種植品種分布狀況。

綠原酸 (Chlorogenic acid; CGA) 泛指羥基肉桂酸 (Hydroxycinnamic acids) 與奎尼酸 (Quinic acid) 的酯化物類群，為咖啡生豆中含量最高的酚類化合物 (Phenolic compound)。常見的單體為 5-caffeoylquinic acid (5-CQA)，及其同分異構物 3-caffeoylquinic acid (3-CQA)、4-caffeoylquinic acid (4-CQA)。若奎尼酸有兩個羥基和咖啡酸產生酯化縮合，則會生成二咖啡醯奎尼酸 (Dicaffeoylquinic acid; diCQA)，在咖啡中常見的異構物為 3,4-diCQA, 3,5-diCQA, 4,5-diCQA (Clifford, 1985)。在產業刻板印象中，綠原酸被認為是品質的負面指標 (Farah et al., 2006; Ohiokpehai, 1982)，或認定為與品質呈負相關，但實際相關研究並不盡然 (Zanin et al., 2016)，此外，又鮮少針對同一產國或產區，大量載明樣本來源或處理方式、海拔等背景資料之完整討論，亦鮮少針對不同之綠原酸單體的貢獻進行詳細分析，是故勾起本研究動機之契機。

本研究旨在探討比較不同處理法、不同分級、不同栽培縣市之臺灣阿拉比卡咖啡，其生豆綠原酸濃度與佔比，並分析各項綠原酸單體濃度、海拔與杯測品質之間的相關性，透過逐步正向迴歸，找出影響杯測分數最重要的因子，以及建立杯測品質的成份指標，作為往後探討咖啡品質時的基礎研究。

## 文獻回顧 (Literature review)



### 一、 咖啡生豆中的綠原酸

#### (一) 綠原酸簡介

綠原酸 (Chlorogenic acid ; CGA) 泛指羥基肉桂酸 (Hydroxycinnamic acids) 與奎尼酸 (Quinic acid) 的酯化物類群。咖啡生豆中濃度最高的綠原酸是 5-咖啡醯奎尼酸 (5-caffeoylquinic acid ; 5-CQA) ， 5-CQA 是由咖啡酸 (Caffeic acid) 和奎尼酸 5 號位羥基縮合形成的酯類化合物， 5-CQA 的同分異構物 3-CQA 、 4-CQA 亦存在咖啡生豆中。若奎尼酸有兩個羥基和咖啡酸產生酯化縮合，則會生成二咖啡醯奎尼酸 (Dicaffeoylquinic acid ; diCQA) ，在咖啡中常見的異構物為 3,4-diCQA 、 3,5-diCQA 、 4,5-diCQA (Clifford, 1985) 。


#### (二) 阿拉比卡與羅布斯塔綠原酸濃度

阿拉比卡咖啡 (*Coffea arabica*) 生豆總綠原酸 (CGA) 濃度約為 4.1% - 8.4% dw ， 77% - 81% 為 CQA ，其中 5-CQA 是最主要的異構物，佔 CGA 約 56% - 62% ，濃度約為 34 - 56 mg·g<sup>-1</sup> ， diCQA 則是濃度次高的化合物，佔 CGA 約 15% - 20% ，其中以 3,5-diCQA 為主要異構物 (Clifford, 1985; Farah and Donangelo, 2006; Ky et al., 2001; Ohiokpehai, 1982) 。

羅布斯塔咖啡 (*Coffea canephora*) 通常有較高的 CGA 濃度在 7% - 14.4% 間 (Farah and Donangelo, 2006) ，各別的化合物濃度亦高於阿拉比卡咖啡 (Ky et al., 2001) ，一般認為低 CGA 濃度是阿拉比卡咖啡的風味優於羅布斯塔咖啡的原因之一。

#### (三) 臺灣產咖啡綠原酸研究

張 (2013) 調查臺灣 3 個不同產區之咖啡生豆 CGA 濃度，結果顯示 CGA 濃



度雖會因產區、海拔、與採收季節而有差異，卻未有明顯之規律與趨勢，所測得之 CGA 濃度分布在 7.3 - 16.9 mg·g<sup>-1</sup> 之間，遠低於前人文獻的參考值，值得進一步討論。另官 (2017) 指出，屏東德文部落生產的蜜處理生豆總綠原酸濃度為 56.72 mg·g<sup>-1</sup>，分別高於水洗豆與日曬豆的 52.17 mg·g<sup>-1</sup> 與 49.73 mg·g<sup>-1</sup>；日曬豆的 3-CQA、4-CQA 的濃度高於其他處理法，而 5-CQA 則大幅小於其他處理法。

#### (四) 綠原酸在人體中的健康價值

綠原酸具有抗氧化能力，近年被證實有益於健康，其生理作用機制包括抑制血糖的上升 (McCarty, 2005; Naveed et al., 2018)，抗發炎作用 (Shin et al., 2015)。綠原酸常見於高等植物中，而咖啡生豆中的濃度遠高於其他可食植物，是日常飲食中最主要的綠原酸攝取來源 (Clifford, 2000)，其重要性與機能性價值日益受到重視。

## 二、烘培與沖煮對綠原酸的影響

### (一) 咖啡烘培對綠原酸的影響

已經有相當多的研究指出烘培會造成綠原酸降解，隨著咖啡烘培程度越高，熟豆中的綠原酸濃度越低 (官, 2017; 詹, 2007; Farah et al., 2005a; Jeon et al., 2017; Kamiyama et al., 2015; Moon et al., 2009; Tfouni et al., 2014; Trugo and Macrae, 1984)。

瓜地馬拉的阿拉比卡咖啡在中烘培 (205°C, 10 min) 的條件下，CGA 濃度與生豆相比有 68% 的下降，在極深焙 (205°C, 19 min) 的條件下，更降低接近 97%，且羅布斯塔咖啡豆有更高的下降率，接近 100%；此外，3-CQA 與 4-CQA 的降解速度較 5-CQA 慢，而 5-CQA 的降解速率又慢於 diCQA，結果顯示 diCQA 與 5-CQA 在高溫下是較不穩定的 (Trugo and Macrae, 1984)。


Moon 等 (2009) 以四個國家的咖啡豆綠原酸濃度，也皆隨烘培度提高而逐漸下降，在淺焙和深焙的條件下，CGA 下降率分別達 45.2% - 54.0% 與 > 99%。值得注意的是，在淺焙的條件下，3-CQA 與 4-CQA 的濃度則有顯著的上升，高於原本生豆中的濃。這樣的現象極有可能是因為 5-CQA 產生異構化 (Isomerization) 生成 3-CQA 與 4-CQA (Farah et al., 2005a)，或是來自 diCQA 受熱降解為 CQA (Leloup et al., 1995)。

## (二) 沖煮與萃取對咖啡液中綠原酸的影響

沖煮方法亦會影響最終咖啡液體的綠原酸濃度，Jeon 等 (2017) 分析四個不同產區的咖啡，以濾泡方式，在粗、中、細三種不同研磨粗細度下，細研磨顆粒沖泡而得的咖啡有最高的綠原酸濃度。若比較在固定時間 (2 min)、固定粉水比 (10 g:200 mL<sup>-1</sup>) 的條件之下，改變分段注水的次數 (1、2、3、4 次)，結果顯示以 3 次分段注水有最高的綠原酸萃取率，顯示手沖的手法也會顯著影響咖啡中的綠原酸萃取。

Tfouni 等 (2014) 比較煮沸法 (水溫 25°C 加入咖啡粉，並加熱至沸騰) 與濾泡法 (以 92 - 96 °C 熱水沖煮)，顯示煮沸法獲得的咖啡 CQA 平均值較高，沖煮方法會影響最終杯中的 CQA 濃度，但由於此研究重複數極少 (n=2 - 4)，統計上未達 5% 顯著差異水準。

Ludwid 等 (2012) 比較濾泡咖啡 (36 g 咖啡粉/ 532 mL 咖啡液) 與濃縮咖啡 (7g 咖啡粉/ 47 mL 咖啡液) 兩種沖煮方式對 CQA 萃取的影響。結果顯示濃縮咖啡液有較高的總 CQA 濃度 (2.08 mg·mL<sup>-1</sup>)，高於濾泡咖啡的 (0.9 mg·mL<sup>-1</sup>)，比較每單位咖啡粉所萃取獲得的 CQA 濃度 (13.3、14.0 mg·mL<sup>-1</sup>；濾泡咖啡、濃縮咖啡)，兩方法差異不大。然而兩方法的萃取模式則有很大的不同，濃縮咖啡中有 70% 的總 CQA 來自沖煮前 8 秒 (前三分之一的總沖煮時間)，而濾泡咖啡在前 150 秒內 (前五分之二的總沖煮時間) 僅萃取 54% 的總 CQA，



濾泡咖啡中、後段的萃取對於總綠原酸濃度亦有相當程度的貢獻。其中，在濃縮咖啡之沖煮下，CQA 比 diCQA 更快被萃取出來，在前 8 秒有約 70% 的 CQA 被萃取出，而僅有約 62% 的 diCQA 被萃取，最後 8 秒 CQA 與 diCQA 萃取貢獻則是 12.5% 與 21.3%。diCQA 萃取速度較慢有幾個可能的原因：其一，擁有較多羥基可以和類黑素等物質產生氫鍵導致遲滯作用 (Bekedam et al., 2008; Kroll et al., 2003) 其二，較低的極性 (Kroll et al., 2003)。然而，這樣的現象在濾泡咖啡的沖煮上並不明顯。

### 三、栽培海拔、處理法與咖啡生豆綠原酸的關係

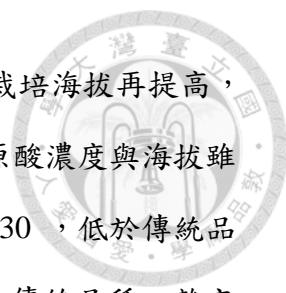
#### (一) 栽培海拔對生豆綠原酸的影響

Avelino 等 (2005) 研究哥斯大黎加兩個不同產區 (Orosi、Santa Maria de Dota) 之咖啡品質差異與生豆化學組成，為了減少不必要的變因，挑選樹勢狀態較一致的 'Caturra' 或 'Catuai' 二品種進行試驗。結果顯示同個產區內，感官評比評審偏好高海拔的咖啡。然而，產區內綠原酸與其他化學組成差異不大，但產區間的化學組成則有顯著差異，Santa Maria de Dota (1550–1780 m) 的綠原酸濃度 8.24% 高於 Orosi (1020–1250 m) 的 7.75%，作者等認為可能跟海拔差異有關。

Guyot 等 (1996) 研究瓜地馬拉 'Bourbon' 和 'Catuai' 兩品種在不同海拔 (1100 m - 1400 m) 下的生豆化學組成差異，而綠原酸的差異皆未達顯著水準。

Bertrand 等 (2006) 在中美洲三國 (哥斯大黎加、薩爾瓦多及宏都拉斯) 共 11 個產區，進行了大型的品種比較試驗，包括 5 種該產區的傳統品種 ('Caturra', 'Pacas', 'Catuai', 'Bourbon', 'Pacamara')、8 種 Arabica 雜交種 (F1-A) 與 4 種 'Timor' 衍伸雜交種 (F1-B)。結果顯示參與試驗之三大品種群，生豆綠原酸濃度皆隨著栽培海拔上升而上升，皆達顯著正相關；傳統品種生豆綠原酸受海拔影響大，以 Costa Rica 傳統品種 'Caturra' 為例，隨栽培海拔由 900 m 上升至 1100






m，其綠原酸顯著的由  $76.1 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  上升至  $81.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，然而栽培海拔再提高，則對綠原酸濃度無顯著影響；雜交品種 F1-A 與 F1-B 生豆綠原酸濃度與海拔雖有顯著正相關，在迴歸分析上的決定係數 ( $R^2$ ) 僅有 0.15 與 0.30，低於傳統品種的 0.58 與 0.43，顯示海拔對於雜交品種 CGA 的影響小於傳統品種。雜交品種在不同海拔的生長表現較為穩定，較不會如傳統品種容易受到海拔或微氣候波動而有負面影響，綠原酸生合成路徑可能也有同樣的趨勢。

多數關於海拔與綠原酸的研究文獻，是由栽培區蒐集相關資料進行相關性分析，至於品種、樹齡、產區等等變因往往無法控制。目前較為嚴謹且完整的研究，是 Joët 等 (2010) 於 2003 年，在法屬留尼旺群島（靠近馬達加斯加）上 107 個樣區中，挑選 16 個微氣候條件差異最大、最能代表該島海拔與氣候多樣性的樣區，海拔分布由 150 m 到 1032 m，均溫分別為  $25.3 \text{ }^\circ\text{C}$  與  $14.0 \text{ }^\circ\text{C}$ ，並使用相同的栽培管理，栽培同樣的阿拉比卡品種 ‘Laurina’（‘Bourbon’ 的矮性突變株），以調查環境因子對於咖啡化學組成之影響。結果顯示總綠原酸和均溫並無顯著的相關 ( $r = 0.31$ )，然而六個綠原酸異構物卻分別與溫度有顯著的相關性，其中，濃度最高的 5-CQA 與溫度呈現負相關 ( $r = -0.64$ )，而海拔與溫度有高度的負相關，意即海拔越高 5-CQA 濃度越高，diCQA 中濃度最高的異構物 3,5-diCQA 和 5-CQA 有相同的趨勢，然而其他四個綠原酸異構物 (3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA、4,5-diCQA) 則呈現相反的趨勢，都分別與溫度呈現顯著正相關，也就是這四種異構物的濃度會隨著海拔升高而下降。雨量、日照輻射、蒸散潛勢皆與綠原酸濃度無關係。

## (二) 處理法及後製加工對生豆綠原酸的影響

DeMenezes (1994) 使用相同的咖啡果實進行日曬與水洗處理，結果顯示水洗處理之咖啡有較高的 CQA/diCQA 比值，該研究認為水洗處理法，對於串收的巴西咖啡而言是較佳的處理方式。



Duarte 等 (2010) 比較巴西 17 個不同品種的阿拉比卡咖啡，在水洗處理與去果皮日曬 (Pulp natural) 下綠原酸組成的差異，結果顯示水洗豆有較高的總綠原酸濃度，各 CQA 異構物 (3-CQA, 4-CQA, 5-CQA) 存在顯著差異 ( $P=0.02$ )，而 diCQA 則無顯著差異。

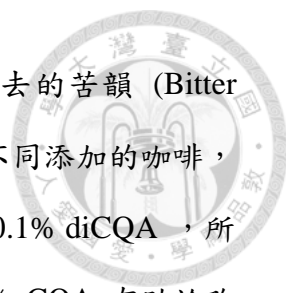
De Bruyn 等 (2016) 使用厄瓜多的 'Typica' 成熟咖啡果實作為材料，比較四種處理法對於咖啡成分之影響，在處理的進程中，進行了完整的成分與微生物相的分析。四種處理法分別是標準水洗 (16 h 乾式發酵)、標準日曬 (單層堆疊)，以及延長發酵水洗 (36 h 乾式發酵)、堆疊日曬 (4-6 層咖啡果實堆疊，並在前六天不翻動)。結果顯示標準日曬豆的總綠原酸高於標準水洗豆，除了 5-CQA 與 3,5-diCQA 外，其他單體 (3-CQA, 4-CQA, 3,4-diCQA, and 4,5-diCQA) 濃度高於水洗處理。另外可見延長發酵時間與堆疊日曬處理，都顯著的降低了總 CGA 與 5-CQA 的濃度，作者認為堆疊日曬處理通風較差使乾燥速率降低，可能促使內生酵素降解綠原酸，可見雖然僅變更一個處理條件，都可能影響生豆綠原酸組成。

#### 四、咖啡生豆綠原酸與杯測品質的關係

綠原酸屬於咖啡生豆中佔比最高的酚類物質，而酚類物質例如單寧，常被認為帶有澀味等負面風味，又杯測時的風味敘述註記，「酚味 (Phenolic)」也被認為是一種基礎的瑕疵風味類型，儘管目前沒有的科學證據顯示此風味的判定與總酚濃度的相關性。研究文獻與產業界普遍認為高濃度的綠原酸，對咖啡風味有負面影響，然而直接證據並不充足。

##### (一) 綠原酸的味覺閾值與風味敘述

CQA 與 diCQA 在水中的的感官偵測閾值為 0.05% 與 0.1% ，受試者描述 CQA 帶有酸味，而 diCQA 在帶有明顯不同於 CQA 的澀感與金屬味。在接續的三角杯測試中，有 76% (22/29 人) 的受試者能成功辨識出三杯即溶咖啡中，哪



一杯有額外添加 0.1% diCQA，受試者描述該風味為揮之不去的苦韻 (Bitter lingering after-taste)。最後在偏好性測驗中，受試者比較三杯不同添加的咖啡，分別是 0.1% CQA、0.1% diCQA 與同時混合 0.1% CQA 與 0.1% diCQA，所有受試者一致認為 0.1% diCQA 是最難喝的咖啡，而混合 0.1% CQA 有助於改善或遮蔽 0.1% diCQA 的風味 (Ohiokpehai, 1982)。

## (二) 成熟度與瑕疵豆的影響

De Menezes (1994)將巴西串收阿拉比卡咖啡，依據外觀將成熟度分成 7 個不同的等級，並測量 CGA 濃度，結果發現 CGA、CQA、diCQA 與各別的異構物濃度都與成熟度無明顯相關，只有 CQA/diCQA 明顯的隨著成熟而上升，顯示 CQA/diCQA 比總 CGA 濃度，更可以做為咖啡成熟度指標；而水洗豆的數值也比日曬處理來的高。

另一個切入的角度則是從生豆瑕疵的綠原酸組成切入。Ramalakshmi 等 (2007) 的研究指出，不論是何種處理法 (水洗或日曬) 與栽培種 (阿拉比卡或羅布斯塔)，混合瑕疵豆的總綠原酸濃度都較無瑕疵的生豆來的較高，高綠原酸可能代表生豆中混有瑕疵生豆，進而降低咖啡品質。

Mazzafera (1999) 則指出不同種類的瑕疵生豆，綠原酸組成不同，未熟豆含有較高濃度的 5-CQA，黑豆則有較低的 5-CQA 濃度，若生豆僅混有黑豆瑕疵，5-CQA 濃度甚至會下降。

Franca 等 (2005b) 的研究，從同一批次的巴西商業生豆挑選出不同瑕疵種類，並進行 5-CQA 的定量分析，結果再次驗證黑豆有較低的 5-CQA 濃度，酸豆則有較高的 5-CQA 濃度，然而未熟豆濃度卻與正常豆相同。此結果可能因為該商業批次中，非常嚴重的未熟豆早已剷除，而剩下的僅是輕微未熟，也可能是因為化學分析方法瑕疵，導致整體測得數值偏低。在另一份研究中，Farah 等 (2005) 同樣使用巴西阿拉比卡咖啡，未熟豆的 CGA 顯著高於無瑕疵的生豆，而

過熟的黑豆 CGA 則顯著低於對照生豆，各單體趨勢大致與 CGA 相同。



### (三) 綠原酸與品質呈負相關

Farah 等 (2006) 分析巴西商業市場販售之咖啡生豆，包括五個等級 (Soft, Hard, Rioysh, Rio and Rio zona) 的阿拉比卡咖啡及一種羅布斯塔，結果顯示隨著咖啡品質的下降，5-CQA 濃度逐漸上升。相關性分析結果顯示 5-CQA 和杯測品質 (分級) 有高度負相關 ( $r = -0.9$ )，3,4-diCQA 則有高度的正相關 ( $r = 0.88$ )，同時，三個單體 CQA 都與里約味 (Rio-off-flavor) 有高度正相關，3,4-diCQA、3,5-diCQA 則呈現負相關。作者認為生豆 CQA 濃度越高，杯測品質越差，而 diCQA 越高則代表杯測品質越佳。

### (四) 綠原酸與品質呈無相關

Avelino 等 (2005) 研究兩個不同產區 (Orosi、Santa Maria de Dota) 之咖啡品質差異，兩個產區分別記錄了 17 與 18 個樣區的微海拔、坡面、單株產量等微氣候條件，同時也分析了葫蘆巴鹼、咖啡因、綠原酸、蔗糖等生豆化學組成，兩產區的杯測品質不同，化學組成亦不相同，然而透過主成分分析 (Principal component analysis) 並未找出化學組成與風味之間的關聯性。

Steiman (2003) 蒐集夏威夷不同產區、不同品種之咖啡生豆，並分析其化學組成與風味之關係，透過典型相關分析 (Canonical correlation)，作者並未找到與杯測品質高度相關的化學指標，作者在該篇論文提及，縱使學界特別關注 CGA 對於風味的相關性，目前仍未有直接的證明，本研究亦無法建立 CGA 對風味之相關性。

Zanin 等 (2016) 分析了 32 個來自巴西不同產區、處理法與不同杯測品質的咖啡豆，在固定烘培度下，熟豆之 CGA 與 5-CQA 濃度，無法解釋巴西不同產區之咖啡品質差異，亦不與處理法、產區有關聯；並認為前人研究中使用的低品

質咖啡通常都伴隨高比例的瑕疵生豆，進而導致較高的 CGA 測值，然而並不代表風味品質與 CGA 有絕對的負相關，而本篇研究則使用乾淨無瑕疵的豆子，所以得出與前言研究不同之結果。



## 材料與方法 (Material and Methods)



### 一、 試驗材料

本試驗材料之阿拉比卡咖啡生豆 (*Coffea arabica*) 係來自 2016 年南投縣政府主辦，茶業改良場及農糧署指導之《105 年度臺灣國產精品咖啡豆評鑑》收件樣本，參加者囊括台中市、台南市、高雄市、苗栗縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、屏東縣、花蓮縣、台東縣等全台 11 縣市；悉數為 2015 年底至 2016 年初採收之當年度新鮮樣本，總計 163 件樣本。剔除物理篩選生豆瑕疵及杯測時風味瑕疵等 16 筆樣本，獲得有效杯測分數數據 147 筆。收件流程與篩選方式詳見附錄 2。


傳統上，農民認定種植臺灣咖啡種植的品種多為蒂比卡 (*Coffea arabica* var. Typica)，但近期農民自主送驗檢測發現 SL34 品種亦相當常見；由於有關品種鑑定系統制度在我國尚待建立，故本研究未納入分析討論。

樣本根據報名資料填寫之來源農地地號，由我國內政部提供之《地籍圖資網路便民服務系統》根據全國土地基本資料庫分析處理，並搭配 Google Earth 計算自海拔分布，本次收件海拔分布最高為 1490 公尺，最低為 34 公尺，平均 812.7 公尺，扣除地號錯誤或查無地號之樣品，有效數據計 121 筆。

### 二、 咖啡杯測流程

本試驗之 12 名杯測師悉數為行政院農委會茶業改良場所遴選，具美國 CQI 咖啡品質學會認證之 Q Grader 執業杯測師，由具同執照之主任評審(筆者)及兩位技術評審帶領，經評鑑給分區間校正後進行雙盲測式。杯測流程皆在美國精品咖啡協會所規範之杯測準則之下進行 (Specialty Coffee Association of America, 2009b)，詳細杯測操作細節見附錄 3。

杯測時使用 SCAA 杯測表 (附錄 4.) 紀錄各樣品給分，表中具十項獨立



的給分項目，分別為香氣 (Fragrance / Aroma)、風味 (Flavor)、餘韻 (Aftertaste)、酸質 (Acidity)、醇感 (Body)、一致性 (Uniformity)、甜感 (Sweetness)、乾淨度 (Clean cup)、平衡感 (Balance) 與綜評 (Overall)，每項各 10 分，總計 100 分。其中一致性、甜感、乾淨度三個項目，為判斷樣本是否存在重大風味歧異或嚴重風味瑕疵之指標，一般而言，精品咖啡在此項目多能獲得滿分 (30 分)，反之則往往導致懲罰性嚴重扣分 (2 分以上)。在本次試驗中，為了避免懲罰性扣分導致的偏差，且維護杯測總分的資料常態性，將剔除此三項未滿分之樣本以利後續分析討論。

### 三、 綠原酸分析

咖啡生豆樣品冷凍乾燥後磨粉過篩，取 0.4 g 乾粉以 40 mL 40% 甲醇水溶液，以 300 rpm 常溫震盪萃取 20 min 後，以 Whatman No. 1 濾紙過濾，並使用 30 mL 純水潤洗。加入 1 mL Carrez 溶液 (0.3 M  $K_2Fe(CN)_6$  + 1.0 M  $Zn(OAc)_2$ )，促使蛋白質等大分子沉澱，達到純化的效果。定積至 100 mL，混合均勻 5 sec 後靜置 10 min。以可拋棄式 PVDF 過濾器 (13 mm, 0.45  $\mu m$ , Jet Bio-Filtration Co., Guangzhou, China) 過濾後進行分析。

綠原酸定量分析進行兩重複，並使用高效液相層析系統 (Agilent 1260 Infinity series, Agilent Technologies Inc., CA, USA) 進行，以四相梯度幫浦 (Quaternary pump, G1311B, Agilent Technologies Inc.) 推動流動相，並通過 ODS-C18 分析管柱 (Waters Spherisorb ODS2, 5  $\mu m$ ; 4.6  $\times$  250 mm, Waters Co., MA, USA) 進行分離，分析管柱至於控溫爐 (Column compartment, G1316A, Agilent Technologies Inc.) 內，溫度控制於 35  $^{\circ}C$ 。搭配光二極體陣列偵測器 (Diode array detector, G1315D, Agilent Technologies Inc.) 偵測波長 325 nm，並以圖譜下面積做一次迴歸，進行六個綠原酸異構物 (3-CQA, 4-CQA, 5-CQA, 3,4-diCQA, 3,5-diCQA, 4,5-diCQA) 的定量，六個綠原酸標準品檢量線皆達良



好的線性關係 ( $R^2 > 0.9999$ )。

六個綠原酸標準品皆購自 Sigma (St. Louis, MO, USA)。流洗液 A：80% 10 mM 檸檬酸水溶液 (Citric acid, 以 6 N HCl 調整 pH 至 2.5) 再混合 20% 甲醇。流洗液 B：甲醇。流洗梯度條件如下表所示

0.01 min	100% A + 0% B
19 min	100% A + 0% B
25 min	80% A + 20% B
35 min	80% A + 20% B
50 min	60% A + 40% B
60 min	60% A + 40% B
61 min	100% A + 0% B


#### 四、統計分析

本次比賽收件共 163 件咖啡生豆樣品，其中剔除 2 件農藥殘留不合格、13 件生豆熟豆瑕疵，有效樣品共 148 件。初步的迴歸分析結果顯示預測係數  $R^2$  值偏低，故使用了數種剔除離群值的方法，試圖找出適合本試驗數據之統計方法。

首先嘗試將測得的綠原酸濃度標準化，剔除與均值相差超過二個標準差以上的樣品，依此方法分析 6 個綠原酸濃度並剔除 23 個離群值後，有效樣品數下降至 140 件。然而這個操作對於提高  $R^2$  值的效果有限，且因為重複數降低，對大部分項目的變方分析(ANOVA)顯著性有負面影響，故將剔除標準放寬至三個標準差。依據此標準，本試驗僅剔除 1 個離群值，ANOVA 統計使用 147 件樣品進行。

在進行分數與綠原酸濃度之迴歸分析時，由散佈圖可見某些資料點大幅偏離預測值 (迴歸線)，導致模型的  $R^2$  值偏低 (圖 1)，利用標準化刪除型殘差分析 (Analysis of studentized deleted residual)，可以挑出偏差較大





(Studentized deleted residual > 2) 的資料點並予以剔除，這些資料點大多與落在 95% 預測區間外。進行一次剔除後，新模型的  $R^2$  值有明顯的提高，然而由於新模型的變方下降，95% 預測區間收窄，若在進行一次標準化刪除型殘差分析，仍可以再剔除部分的資料點 (圖 1)。然而進行二次剔除對模型的影響卻多是負面的， $R^2$  值不增反降，可能是因為重複數下降的負面影響大於剔除極端值帶來的正面效果，且二次剔除對資料常態性亦有負面影響，導致資料變型 (圖 1)。因故本試驗在分數與綠原酸單體的迴歸分析與逐步正向迴歸分析，使用標準化刪除型殘差分析進行一次極端值剔除，以提升模型預測性，並避免資料分布嚴重變型。

使用統計軟體 CoStat 6.1 (CoHort Software, Monterey, CA, USA)，以完全隨機設計 (Completely randomized design) 進行單因子變方分析 (1-way ANOVA)，並以最小顯著差異法 (Least significant difference; LSD) 做均值間比較 ( $P \leq 0.05$ )。分數、海拔與綠原酸之相關性，則以 Pearson correlation coefficient 做簡單線性相關性分析，同樣使用統計軟體 CoStat 6.1。分數的迴歸方程式與各因子貢獻度，在剔除標準化刪除型殘差 > 2 的資料點後，則以簡單一次線性迴歸 (Simple linear regression) 與逐步正向迴歸 (Forward stepwise regression,  $F$ -test base) 進行分析，使用統計繪圖軟體 SigmaPlot 14.0 (Systat Software INC., CA, USA)。繪圖程式採用 SigmaPlot 14.0。

## 結果與討論 (Results and Discussion)




### 一、不同處理法、產區、等級之臺灣咖啡生豆綠原酸比較

#### (一)、不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸

臺灣咖啡生豆綠原酸 (CGA) 濃度分布為  $51.13 - 69.50 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，平均濃度為  $59.78 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$  (表 1)。咖啡醯奎尼酸 (CQA) 是濃度最高的 CGA，佔 77.85%，濃度分布為  $38.56 - 55.02 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，平均濃度為  $46.53 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$ ，其中以 5-CQA 為佔比最高的異構物，平均濃度為  $37.75 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$  (表 1)。二咖啡醯奎尼酸 (diCQA) 是濃度次高的 CGA，佔 22.15%，濃度分布為  $9.25 - 17.53 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$ ，平均濃度為  $13.24 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$ ，其中以 3,5-diCQA 為佔比最高的異構物，平均濃度為  $9.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$  (表 1)。本次收件的咖啡生豆 CGA、CQA、diCQA 濃度，大致上符合常態分布 (圖 2)。本試驗所測得的綠原酸濃度與占比，與文獻提出之阿拉比卡咖啡生豆數值相吻合(Clifford, 1985; Farah and Donangelo, 2006; Ky et al., 2001; Ohiokpehai, 1982)。

民國 105 年國產咖啡評鑑收件時分為傳統水洗與其他處理二組，本試驗另行將其他處理組內之蜜處理及日曬處理二類分開，共計三種處理法相比較。比較收件之水洗、蜜處理、日曬三種咖啡栽培之平均海拔，分別為 825.6、727.9 與 917.7 m，杯測分數分別為 81.84、82.08 與 82.01 分，海拔與分數皆不存在顯著差異(表 2)。此調查結果顯示本次送件的咖啡，並未因栽培海拔而有特定之處理法，評審給分亦沒有偏好特定處理法，顯示本試驗之樣本來源獨立且評審給分公正 (表 2)。

比較臺灣咖啡生豆 CGA、CQA、diCQA 的濃度，顯示處理法之間存在顯著差異( $P \leq 0.01$ )。而相對於其他處理組，不論與蜜處理或日曬處理比較，水洗處理之生豆有較低之總 CGA 濃度  $58.32 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$ 、較低之 CQA 濃度  $45.29 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$  及較低之 diCQA 濃度  $13.03 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1} \text{ dw}$  (表 2)。前人文獻亦指出日曬與蜜處理



豆的 CGA 濃度高於水洗豆 (官, 2017; De Bruyn et al., 2016) 。日曬豆有較高的 CQA/diCQA 比值 3.77 , 高於水洗豆的比值 3.51 (表 2) , 此結果與前人研究 (De Menezes; 1994) 之趨勢相反, 可能的原因為本試驗設計為調查性而非操作性, 不同處理法之咖啡產區、品種...等條件皆不盡相同, 且 De Menezes 之日曬處理並未替除浮豆, 此操作亦可能影響樣品中綠原酸之分布。

在各單體綠原酸之中, 5-CQA 是咖啡生豆中, 佔比最高的綠原酸, 水洗、蜜處理與日曬豆的 5-CQA 濃度分別是 36.86、39.99 與 39.17  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{dw}$  (表 3), 佔總綠原酸 63.2%、63.4%與 62.5% (表 4); 如果比較各 diCQA , 3,5-diCQA 則是佔比最高的 diCQA , 水洗、蜜處理與日曬豆的 5-CQA 濃度分別是 9.52、10.04 與 8.08  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{dw}$  (表 3), 佔總綠原酸 16.3%、15.9%與 12.9% (表 4)。本研究之綠原酸單體組成比例, 與前人文獻結果相符 (Clifford, 1985)。

日曬豆與水洗豆相比, 除 3,5-diCQA 濃度 8.1  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\text{dw}$  與佔比 12.9%較低以外, 其餘各單體綠原酸濃度皆較高, 蜜處理豆濃度則居其中間 (表 3、表 4)。DeBruyn 等(2016)亦觀察到 3,5-diCQA 在日曬豆濃度較水洗豆低, 與本研究趨勢相符。此一基礎調查, 僅能勉強推測蜜處理在產業認知上, 其風味調性及物理特性是居中於水洗處理及日曬處理, 之一可能原因, 但就現有文獻研究, 尚難以討論此結果之成因, 有待未來進一步研究討論。

## (二)、不同產區之臺灣咖啡生豆綠原酸

嘉義縣產咖啡生豆平均栽培海拔較高, 達 1115.0 m, 杯測分數 82.78 也高於其他產區 (表 5)。但不論哪個產區, 總 CGA 皆無顯著差異, 顯示臺灣產咖啡生豆, 並不因產地不同, 而影響其總 CGA 與 CQA 濃度 (表 5)。南投縣咖啡生豆有最高的 diCQA 濃度 13.78 與最低的 CQA/diCQA 比值 3.40 (表 5)。

雖然總 CGA 濃度不受產區差異影響, 但不同產區之生豆綠原酸組成各有不同; 南投產區 3-CQA 、 4-CQA 、 3,4-diCQA 濃度較高, 分別達 4.14、5.64、

2.24 mg·g<sup>-1</sup> dw，嘉義產區 5-CQA 濃度 39.33 mg·g<sup>-1</sup> dw 亦高於其他產區(表 6)。

若以各單體綠原酸佔總綠原酸之比例觀察，嘉義縣產咖啡生豆有最高 5-CQA、3,5-diCQA 佔比與最低的 3,4-diCQA 佔比，分別為 65.1%、16.2% 與 2.7%；南投縣產咖啡生豆有最高 3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA 與總 diCQA 佔比，分別為 7.0%、9.5%、3.8% 與 23.0%，南投同時有最低的 5-CQA 與總 CGA 佔比 60.6%與 77.0%；臺東縣產咖啡生豆則多居兩者之中(表 7)。

張 (2013) 調查臺東、嘉義、屏東 3 個不同產區，亦指出不同產區之生豆綠原酸濃度存在顯著差異，然而並未有明顯趨勢與更深入的討論。Avelino 等 (2005) 與 Joët 等 (2010) 的研究也指出海拔、溫度、產區等環境因子，都會顯著的影響生豆中綠原酸濃度與杯測品質。

### (三)、不同等級之臺灣咖啡生豆綠原酸

入圍決選 (Grade 1) 與入圍複選但未入圍決選 (Grade 2) 之咖啡生豆樣本，有較未入圍複選 (Grade 3) 更為高的栽培海拔，分別為 1022 m、953 m 與 740 m (表 8)。Avelino 等 (2005) 指出高海拔咖啡有較佳的杯測表現，其結果與本研究相符。總 CGA、總 CQA 及總 diCQA 的濃度和晉級與否並無直接的相關，這些指標無法判斷咖啡能否晉級(表 8)。相較於總濃度，CQA/diCQA 比值可能更有判斷價值( $P \leq 0.05$ )，Grade 1 生豆有較高的比值 3.76，高於 Grade 3 的 3.50 (表 8)，此結果與 De Menezes 等研究相呼應 (DeMenezes, 1994)。

入圍決選 (Grade 1) 之咖啡樣品有較高的 5-CQA 濃度 39.40 mg·g<sup>-1</sup> dw，及較低的 3-CQA、4-CQA 與 3,4-diCQA 濃度 3.28、4.84 與 1.71 mg·g<sup>-1</sup> dw，這些指標可能與咖啡品質有相關性 (表 9)。濃度在 diCQA 中最高的 3,5-diCQA，則與此無相關 (表 9)。未能進入複選 (Grade 3) 之咖啡樣品，3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA 在總 CGA 的佔比較高 ( $P \leq 0.001$ )，5-CQA 在總 CGA 的佔則較低 ( $P \leq 0.001$ )，上述占比或許可作為品質指標 (表 10)。單就各單體濃度的高低或

是占比，皆無法直接區分品質的優劣與是否晉級，相對於此，CQA/CGA 與 diCQA/CGA 這兩個指標對於分級更值得參考。





## 二、臺灣咖啡生豆綠原酸與生產海拔之關係

本次收件之咖啡樣品，生產海拔越高杯測分數越高，相關係數  $r$  達 0.43，兩者有高度正相關 ( $P \leq 0.001$ ) (表 11)。處理法亦會影響海拔與分數之間的相關性，水洗豆的生產海拔與杯測分數有高度正相關 ( $r = 0.48, P \leq 0.001$ )，日曬豆的生產海拔和杯測分數則無顯著相關性 ( $r = 0.34, P = 0.140$ )，蜜處理亦無 ( $r = 0.29, P = 0.253$ ) (表 11)。產業界認為，水洗處理容易突顯高栽植海拔在杯測風味上的優勢，而其他處理法的風味表現，更著重於後製處理過程對品質的影響，原物料先天的品質條件如栽植海拔，對風味的影響則相對輕微。

水洗處理與蜜處理之生豆樣本，綠原酸指標幾乎不受海拔影響 (表 11)。Joët 等 (2010) 使用相同品種、相同栽培管理之水洗豆，比較栽培海拔與總綠原酸之間的相關性，其結果與本試驗相同。反之 Avelino 等 (2005) 與 Bertrand 等 (2006) 的調查型研究則指出，海拔越高總綠原酸濃度越高，此結果與本研究不同，可能係因這些研究調查橫跨多個產區與國家，並同時比較了諸多品種，栽培條件與採收後的處理法亦無嚴格的控制，上述試驗條件與 Joët 等 (2010) 有較大的不同。

文獻中缺乏對日曬豆之綠原酸與海拔的關係，本試驗結果顯示日曬豆樣本的兩個綠原酸指標 (CQA, total CGA) 與栽培海拔有高度正相關 ( $P \leq 0.001$ )，相關係數  $r$  分別達 0.74 與 0.72，意即採用日曬處理法的咖啡生豆，其栽培海拔越高，CQA 與總綠原酸濃度亦越高，水洗豆則無這樣的趨勢 (表 11)。就現有研究，尚難以判斷處理法如何影響綠原酸與海拔之間的相關性，但海拔高度與日夜溫差息息相關，日曬處理其發酵狀況受環境影響甚鉅，這些產業概念或許可以作為日後學人進一步研究的題材。

水洗豆的總綠原酸雖然與海拔無相關性，然而個別的綠原酸濃度則與海拔有顯著的相關性 (圖 3、圖 4)。水洗豆的 5-CQA 濃度與栽培海拔有高度正相關 ( $r = 0.33, P = 0.002$ )，日曬豆 5-CQA 與海拔的相關性更高 ( $r = 0.76, P \leq 0.001$ )，水洗豆的 3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA 濃度則與海拔顯著負相關 ( $P \leq 0.001, P =$

0.002、 $P \leq 0.001$ )，相關係數  $r$  分別達 -0.38、-0.33、-0.39，日曬豆的趨勢大致相同 (表 12)。3,5-diCQA 雖然是佔比最高的 diCQA，不論處理法為何，其濃度都與海拔無顯著相關性 (表 12)。

4,5-diCQA 濃度與海拔的關係，則依處理法而有不同的相關性，水洗處理與蜜處理的 4,5-diCQA 與海拔分別呈現負相關 ( $r = -0.51, -0.62; P \leq 0.001, P = 0.008$ )，日曬處理則呈現正相關 ( $r = 0.46, P = 0.039$ ) (表 12)。值得注意的是 4,5-diCQA 僅佔總 CGA 3.24% (表 1)，卻會因處理法不同而與海拔有顯著的相關性 (表 12)。前人文獻指出，4,5-diCQA 可能是對處理法敏感，且在處理過程中較不穩定的綠原酸單體，相對於處理前的新鮮種子，水洗處理後的咖啡生豆 4,5-diCQA 濃度會大幅提高達 2 倍之幅，而其他單體綠原酸異構物則沒有這樣的趨勢 (Joët, 2010)。亦有發現，相較於水洗處理，經日曬處理的咖啡生豆，其 4,5-diCQA 濃度較高 (DeBruyn, 2016)。可見 4,5-diCQA 濃度與處理法種類、海拔的因果關係，值得後續研究探討。

Joët 等 (2010) 研究指出，雨量、日照輻射、蒸散潛勢皆與綠原酸濃度無關係，總綠原酸和溫度並無顯著的相關，然而六個綠原酸異構物卻分別與溫度有顯著的相關性。在本研究中，個別綠原酸有顯著相關且趨勢不同，又對海拔差異對 5CQA 與 3,4diCQA 濃度敏感，大體與前人研究結果相仿，或許可以大膽推測，果皮脫除與否、是否進行發酵水洗、海拔影響環境溫度，皆會對各單體綠原酸異構物產生若干影響，在本研究中可窺得其趨勢，但真正的因果關係，則有待後續研究進行操作型試驗以釐清。

若以各單體綠原酸濃度佔比與海拔進行相關性分析，可以獲得與濃度相似的趨勢，3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA 的相關係數甚至更高 (表 13)。



### 三、臺灣咖啡生豆綠原酸與杯測分數之關係

不論何種處理法的咖啡生豆，其總綠原酸濃度 (Total CGA) 與杯測總分並無相關性，測量生豆總綠原酸並無法判斷咖啡之杯測品質(表 14)。前人文獻中也提到，單就生豆或熟豆的總綠原酸濃度，並無法解釋不同產區、不同處理法或是不同比賽分級的杯測風味差異 (Avelino et al., 2005; Steiman, 2003; Zanin et al., 2016)。

高 CQA 濃度與高的 CQA/diCQA 比值，與高品質有顯著正相關，統計上相關係數  $r$  分別達 0.21 與 0.27；高濃度 diCQA 則對杯測分數有負面的影響，統計上達顯著負相關 ( $r = -0.17, P = 0.042$ ) (表 14)。這應證了 Ohiokpehai 等針對不同種類綠原酸組成添加入咖啡的偏好性試驗結果，該試驗以即溶咖啡作為基底，分別加入 CQA 與 diCQA，其受試者描述 CQA 在風味上帶有酸味，而 diCQA 則帶有明顯不同於 CQA 的收斂澀感與金屬味 (Ohiokpehai, 1982)。比起總 CGA、CQA 與 diCQA 濃度，CQA/diCQA 此比值更適合做為咖啡成熟度的指標 (DeMenezes, 1994)，而成熟度通常也與咖啡品質有高度正相關。CQA 濃度與杯測總分的相關性會受到處理法之影響，在水洗和蜜處理條件下，CQA 與杯測總分無顯著相關 ( $P = 0.248, 0.196$ )；而日曬豆則有顯著的正相關 ( $r = 0.43, P = 0.036$ )，未見前人文獻探討處理法對於綠原酸與杯測品質相關性之效應 (表 14)。

本次收件之所有咖啡生豆為分析群體，除 3,5-diCQA 以外，各單體綠原酸與杯測總分皆有顯著之相關性 (表 15)，以簡單直線迴歸進行分析，5-CQA 對分數有正相關，決定係數  $R^2$  達 0.168，3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA、3,5-diCQA 則對分數有負相關，決定係數  $R^2$  分別達 0.155、0.143、0.206、0.0928 (圖 5、圖 6)。然而若將不同處理法分開來做相關性分析，則可以發現單體綠原酸濃度與杯測總分的相關性，大幅受到處理法的影響，舉例而言，水洗豆的 3-CQA 濃度與杯測總分有高度負相關 ( $r = -0.52; P \leq 0.001$ )，然而蜜處理與日曬豆的 3-CQA 與杯測分數則不存在顯著的相關性 ( $r = -0.28, -0.21; P = 0.396, 0.319$ )，對於其他綠原酸單



體，亦可以看到類似的趨勢(表 15)，或許這恰巧解釋了為何前人文獻的結果會如此分歧：在不同的處理方式，各單體綠原酸對杯測品質的相關性各有不同。

單體綠原酸濃度佔比與杯測總分的相關性 (表 16)，與單體綠原酸濃度對杯測總分之相關性相似 (表 15)，部分單體的相關性甚至有所提高，以全部收件樣品的 5-CQA 為例，將 5-CQA 濃度改為 5-CQA 濃度佔比，其與分數的相關係數  $r$  由 0.36 提高至 0.53 (表 15、表 16)，顯示 5-CQA 濃度佔比相較 5-CQA 濃度是更好的分數指標。

與本次研究最大的相反論述會是 Farah 等 (2006) 根據巴西商業市場販售生豆的調查。該研究顯示 3,4-diCQA、3,5-diCQA 與品質呈正相關，5-CQA 則呈現負相關 (Farah et al., 2006)，而本研究則指出 5-CQA 與品質呈正相關，3,4-diCQA 則呈現負相關 (表 16)。這樣的差異可能是因為該研究所使用的重複數偏少 ( $n = 3$ )，且杯測品質項目採用分類 (Categorical) 而非連續數值 (Numeric) 進行相關性分析，使該研究的參考性下降。且根據該篇研究自身的調查，其樣品的瑕疵豆的比例隨著品質下降而上升，其中又以未熟、酸、蟲蛀豆為主要類型，且黑豆僅見於 Rio zona 等級 (Farah et al., 2006)，依據前人研究 Farah 等 (2005b)，可知這些類型 (未熟豆、酸豆) 的瑕疵豆有較高濃度的總綠原酸。Zanin 等 (2016) 指出高濃度的總綠原酸與負面杯測品質的相關性，很可能是因為高比例瑕疵豆之影響，而非綠原酸直接影響風味。若剔除各等級之中的瑕疵豆，如本試驗所調查的國產精品咖啡評鑑的生豆樣本，其結果會與 Farah 等 (2006) 的文獻報告大相逕庭。

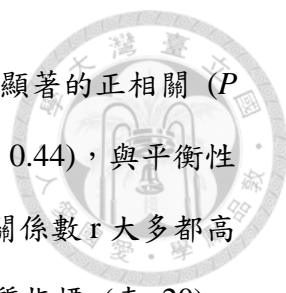
將杯測分數與各單體 CGA 濃度進行正向逐步迴歸分析，其中，影響分數最重要的因子為 3,4-diCQA，與分數有高度負相關 ( $P \leq 0.001$ )，貢獻度達 68.9%。其次，第二重要的因子為 5-CQA，與分數呈現高度正相關 ( $P \leq 0.001$ )，貢獻度達 16.0%。雖然 3,5-diCQA 與杯測品質或海拔皆無相關，但透過逐步迴歸模型的建立，3,5-diCQA 恰巧解釋了主要二因子 3,4-diCQA 及 5-CQA 無法解釋的變因，

補足了此模型的完整性。三因子累積的模型解釋力  $R^2$  達 0.331，其迴歸方程式為  
 $\text{Score} = 82.379 - 1.304 \cdot 3,4\text{-diCQA} + 0.0966 \cdot 5\text{-CQA} - 0.176 \cdot 3,5\text{-diCQA} \text{ (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw)}$   
(表 17)。

若依處理法不同分別進行正向逐步迴歸，影響水洗豆分數最重要的 CGA 因子為 3,4-diCQA，與分數有高度負相關 ( $P \leq 0.001$ )，貢獻度達 90.9%。其次，第二重要的因子為 3,5-diCQA，與分數則呈現高度負相關 ( $P = 0.029$ )，貢獻度達 9.1%。二因子累積的模型解釋力  $R^2$  達 0.363，其迴歸方程式為  
 $\text{Score} = 86.495 - 1.801 \cdot 3,4\text{-diCQA} - 0.148 \cdot 3,5\text{-diCQA} \text{ (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw)}$  (表 18)。日曬與蜜處理豆則有不同的結果，唯一被納入分數正向逐步迴歸模型的 CGA 因子為 5-CQA，與分數有高度正相關 ( $P \leq 0.001$ )，貢獻度達 100%，模型解釋力  $R^2$  達 0.242，其迴歸方程式為  $\text{Score} = 74.91 + 0.176 \cdot 5\text{-CQA} \text{ (mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{ dw)}$  (表 19)。結果顯示依據不同的處理法，有不同的考量因子，對於水洗豆迴歸模型而言，單就 3,4-diCQA 的濃度，解釋力  $R^2$  已達 0.330，可視為水洗豆之負面指標；日曬與蜜處理豆則是以 5-CQA 作為正面指標。如未來欲以本模型查核杯測師給分判斷，可先根據處理法之型態，優先調查此二成分以做參考。

考量到綠原酸分析的操作成本與操作時間，遠高於目前產業常見的感官品評杯測流程，若需要判斷咖啡樣品的品質，利用杯測是較快速且簡便的方法，本研究提出的杯測總分模型，在實際商業大量應用的可能性不高。然而這份結果提出了綠原酸含量數值與杯測給分的可能關係，當出現交易或品質判斷上的爭議時，將有助於提供多一分理由與證據。未來又如能將各項生豆成分逐一調查，以杯測表使用之各項成績作為參考因子，藉以建立模型推估各成分多寡，應為較具經濟價值的判斷基準。期待本研究能做為拋磚引玉，讓未來研究將各項生豆成分一併研究討論，以建立更高解釋力之模型。

進一步分析 5-CQA 及 3,4-diCQA 對杯測表上七項連續數值評測項目：香氣、風味、餘韻、酸質、醇感、平衡感與綜評之相關性，大體趨勢與杯測分數總



分相仿 (表 20、表 21)。5-CQA 對於所有杯測分數項目有皆有極顯著的正相關 ( $P \leq 0.001$ )，其中以香氣 (Fragrance/Aroma) 有最高的相關性 ( $r = 0.44$ )，與平衡性 (Balance) 有最低的相關性 ( $r = 0.27$ )，且不論處理法為何，相關係數  $r$  大多都高於 0.3，顯示對不同處理法的生豆，5-CQA 皆為重要的正面品質指標 (表 20)。

3,4-diCQA 對於所有杯測分數項目有皆有極顯著的負相關 ( $P \leq 0.001$ )，其中以餘韻 (Aftertaste) 有最高相關性 ( $r = -0.39$ ) 及醇感 (Body) 有最低相關性 ( $r = -0.30$ )。然而進一步分析，這些負相關僅存在水洗處理，在水洗豆中其中以風味 (Flavor) 有最高的相關性 ( $r = -0.58$ )，與醇感 (Body) 有最低相關性 ( $r = -0.46$ )，其他處理 (蜜處理與日曬) 則幾無顯著相關性 ( $P > 0.05$ )，顯示 3,4-diCQA 濃度對水洗生豆是重要的負面品質指標，對其他處理生豆則否 (表 21)。

## 結論 (Conclusion)




臺灣咖啡生豆總綠原酸 (CGA) 濃度為  $51.1 - 69.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，咖啡醯奎尼酸 (CQA) 是濃度最高的 CGA，約佔 72% - 84%，其中 5-CQA 為主要異構物，濃度為  $29.9 - 45.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，佔 55% - 70% CGA，二咖啡醯奎尼酸 (diCQA) 為濃度次高的 CGA，其中以 3,5-diCQA 為主要異構物，濃度為  $5.2 - 14.1 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，佔 9% - 22% CGA。與世界其他產國之咖啡生豆相比，此濃度與比例並無明顯不同。

臺灣水洗咖啡生豆的 CGA 濃度為  $45.29 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，低於日曬豆的  $49.30 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，個別綠原酸單體濃度亦低於日曬豆，惟 3,5-diCQA 濃度  $9.52 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，高於日曬豆的  $8.08 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，蜜處理豆的濃度多介於水洗與日曬之間。推測處理法會影響生豆綠原酸組成，然而由於數值差異不大，並無法由綠原酸組成反推估生豆所使用的處理法。

在 105 年國產咖啡評鑑中，晉級決賽 (Grade 1)、僅晉級複選 (Grade 2) 與未能晉級複選 (Grade 3) 的咖啡生豆 CGA、CQA、diCQA 三個數值無顯著差異。而 Grade 1 與 Grade 3 相比，則有較高的栽培海拔 1022.2 m 與較高的 CQA/diCQA 比值 3.76，個別綠原酸單體則有不同的趨勢，Grade 1 生豆則有較高的 5-CQA 與較低的 3-CQA、4-CQA 與 3,4-diCQA 濃度，顯示這些單體濃度分別可能與風味有正或負面的相關性。

不同的產區擁有不同的氣候與栽培條件，嘉義有最高的平均栽培海拔 1115.0 m，與最高的平均杯測總分 82.78 分。嘉義、南投、台東與其他產區的咖啡生豆總綠原酸雖然無顯著差異，而個別綠原酸單體組成則有所不同，嘉義有最高的 5-CQA 濃度  $39.33 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ，南投則有最高的 3,4-diCQA 濃度  $2.24 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ 。未見其他明顯的趨勢，由綠原酸組成亦無法反推估生豆栽培之產區。

海拔除了對於風味有正面的影響外，對於生豆中的綠原酸亦有顯著影響。



栽培海拔與日曬豆的 CGA、CQA 分別有高度正相關 ( $r = 0.72, 0.74$ )，水洗豆則無顯著相關性。海拔亦與各個綠原酸單體存在相關性，參賽生豆中 3-CQA、4-CQA、3,4-diCQA 濃度與海拔負相關，5-CQA 濃度則與海拔正相關，此趨勢與前人文獻相符。

前人文獻與產業觀點雖然認為綠原酸越高風味越差，本試驗結果則說明不論處理法為何，生豆總綠原酸濃度與杯測總分之間無相關性，個別單體濃度則對風味有不同的影響。水洗豆的 5-CQA 濃度與杯測分數高度正相關 ( $r = 0.35, P < 0.001$ )，3-CQA、4-CQA 與 3,4-diCQA 則與杯測分數高度負相關。而日曬豆除了 5-CQA 與風味有正相關外，由於重複數較少，其他綠原酸單體並無顯著相關存在，蜜處理豆亦無。使用正向逐步迴歸分析影響杯測分數的綠原酸因子，對本研究所有生豆而言，3,4-diCQA 是第一因子，其次依序為 5-CQA 與 3,5-CQA，對分數分別有負向、正向、負向的影響，三因子合計提供杯測分數模型解釋力  $R^2 = 0.331$ 。若對水洗豆進行正向逐步迴歸，有兩因子被納入模型，依序為 3,4-diCQA 與 3,5-diCQA，皆與分數呈負相關，合計模型解釋力  $R^2 = 0.363$ 。對日曬與蜜處理進行正向逐步迴歸，僅有正面指標 5-CQA 被納入模型，合計解釋力  $R^2 = 0.242$ 。

作為杯測分數的正面指標，5-CQA 對於不同處理法、每個連續性的杯測給分細項都有正面影響，其中以香氣的相關性 ( $r = 0.44$ ) 最高，平衡的相關性 ( $r = 0.27$ ) 最低。3,4-diCQA 則是對水洗豆的每個給分細項有負面的影響，以風味的相關性最高 ( $r = -0.39$ )，醇感的相關性最低 ( $r = -0.30$ )，對其他處理法的咖啡則無顯著相關性。

本研究材料來自臺灣不同產區與處理法的咖啡生豆，同時使用了嚴謹的競賽評分進行相關性分析，存在高度多樣性與參考價值。未來研究展望包括 6 個 CGA 單體的味覺閾值試驗，可更直接了解其對風味的影響；納入更多生豆化學組成分析，包括可溶性糖、胺基酸...等等重要風味前驅物質，以建立杯測

風味之相關性模型；以及加入熟豆的化學分析，除了控制烘培度的一致性，更能直接的了解特定化學組成對風味的影響。



## 表 (Tables)

表 1. 臺灣咖啡生豆綠原酸指標、綠原酸濃度、綠原酸佔比之敘述統計資料

Table 1. Descriptive statistics of chlorogenic acid index, chlorogenic acid concentration and chlorogenic acid proportion of Taiwan coffee green beans.

		Mean <sup>z</sup>	Stand. Dev.	Min.	Max.
Chlorogenic acid index (mg·g <sup>-1</sup> dw)	CGA	59.78	3.98	51.13	69.50
	CQA	46.53	3.31	38.56	55.02
	diCQA	13.24	1.52	9.25	17.53
	CQA/diCQA	3.55	0.42	2.52	5.08
Chlorogenic acid concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)	3-CQA	3.63	0.80	1.91	6.19
	4-CQA	5.16	0.78	3.56	7.63
	5-CQA	37.75	3.47	29.88	45.25
	3,4-diCQA	1.93	0.45	0.94	3.30
	3,5-diCQA	9.37	1.70	5.20	14.07
	4,5-diCQA	1.94	0.56	0.76	3.78
Chlorogenic acid proportion (%)	CQA / CGA	77.85%	2.03%	71.57%	83.55%
	diCQA / CGA	22.15%	2.03%	16.45%	28.43%
	3-CQA / CGA	6.09%	1.44%	3.40%	11.19%
	4-CQA / CGA	8.66%	1.38%	6.35%	13.79%
	5-CQA / CGA	63.09%	3.10%	55.09%	70.36%
	3,4-diCQA / CGA	3.24%	0.79%	1.67%	5.96%
	3,5-diCQA / CGA	15.67%	2.63%	9.40%	21.91%
4,5-diCQA / CGA	3.24%	0.86%	1.32%	5.94%	

z n=147

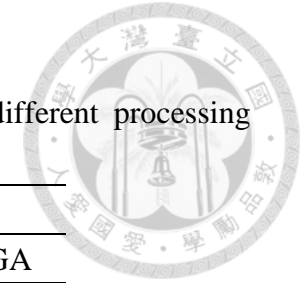


表 2. 三種處理法之臺灣咖啡栽培海拔、杯測總分與生豆綠原酸指標

Table 2. Cultivation altitude, cupping scores and chlorogenic acid indexes of Taiwan coffee green beans with three different processing methods.

Processing	Replication	Altitude (m)	Score	Chlorogenic acid concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			
				CQA	diCQA	CQA/diCQA	Total CGA
Wash	n=99	825.6 a <sup>z</sup>	81.84 a	45.29 b	13.03 b	3.51 b	58.32 b
Honey	n=24	727.9 a	82.08 a	48.92 a	14.14 a	3.50 b	63.06 a
Natural	n=24	917.4 a	82.01 a	49.30 a	13.22 b	3.77 a	62.51 a
Significance		ns <sup>y</sup>	ns	***	**	*	***

<sup>z</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>y</sup> ns, \*, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by ANOVA test.

<sup>x</sup> Altitude replication of wash, honey and natural is n = 84, 17 and 20.





表 3. 三種處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度

Table 3. Chlorogenic acid concentration of Taiwan coffee green beans with three different processing methods.

Processing	Replication	CQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			diCQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)		
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA
Wash	n=99	3.46 b <sup>z</sup>	4.97 b	36.86 b	1.81 c	9.52 a	1.70 c
Honey	n=24	3.67 b	5.26 b	39.99 a	2.01 b	10.04 a	2.08 b
Natural	n=24	4.27 a	5.86 a	39.17 a	2.36 a	8.08 b	2.78 a
	Significance	***y	***	***	***	***	***

<sup>z</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>y</sup> \*\*\* were significant at  $P \leq 0.001$  within the same column by ANOVA test.

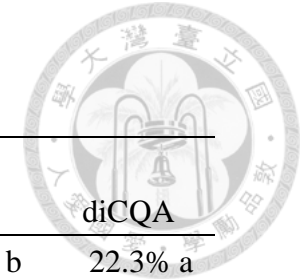


表 4. 三種處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比

Table 4. Chlorogenic acid proportion of Taiwan coffee green beans with three different processing methods.

Processing	Replication	CQA / Total CGA			diCQA / Total CGA			CQA	diCQA
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA		
Wash	n=99	6.0% b <sup>z</sup>	8.6% b	63.2% a	3.1% b	16.3% a	2.9% c	77.7% b	22.3% a
Honey	n=24	5.8% b	8.4% b	63.4% a	3.2% b	15.9% a	3.3% b	77.6% b	22.4% a
Natural	n=24	6.9% a	9.4% a	62.5% a	3.8% a	12.9% b	4.4% a	78.9% a	21.1% b
Significance		*y	**	ns	***	***	***	*	*

z Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

y ns, \*, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by ANOVA test.



表 5. 不同地區之臺灣咖啡生豆栽培海拔、杯測總分與綠原酸指標

Table 5. Cultivation altitude, cupping scores and chlorogenic acid indexes of Taiwan coffee green beans from different counties.

County <sup>z</sup>	Replication	Altitude (m)	Score	Chlorogenic acid concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			
				CQA	diCQA	CQA/diCQA	Total CGA
Chiayi	n=49	1115.0 a <sup>z</sup>	82.78 a	47.26 a	13.16 b	3.61 ab	60.42 a
Nantou	n=43	776.1 b	81.22 b	46.13 ab	13.78 a	3.40 c	59.90 a
Taitung	n=24	533.8 c	81.64 b	45.55 b	13.19 ab	3.49 bc	58.74 a
Other	n=31	742.9 b	81.69 b	46.71 ab	12.68 b	3.72 a	59.39 a
Significance		*** <sup>y</sup>	***	ns	*	**	ns

<sup>z</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>y</sup> ns, \*, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by ANOVA test.

<sup>w</sup> Altitude replication of Chiayi, Nantou, Taitung and other is n = 37, 37, 23 and 24.



表 6. 不同地區之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度

Table 6. Chlorogenic acid concentration of Taiwan coffee green beans from different counties.

County <sup>z</sup>	Replication	CQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			diCQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)		
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA
Chiayi	n=49	3.17 b <sup>z</sup>	4.76 b	39.33 a	1.66 c	9.73 a	1.77 b
Nantou	n=43	4.14 a	5.64 a	36.34 b	2.24 a	9.51 a	2.02 a
Taitung	n=24	3.37 b	4.86 b	37.31 b	1.81 c	9.31 ab	2.08 a
Other	n=31	3.83 a	5.36 a	37.53 b	2.04 b	8.65 b	1.99 ab
Significance		***y	***	***	***	*	ns

<sup>z</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>y</sup> ns, \*, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by ANOVA test.

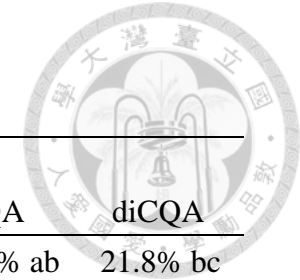


表 7. 不同地區之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比

Table 7. Chlorogenic acid proportion of Taiwan coffee green beans from different counties.

County <sup>z</sup>	Replication	CQA / Total CGA			diCQA / Total CGA			CQA	diCQA
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA		
Chiayi	n=49	5.2% b <sup>z</sup>	7.9% b	65.1% a	2.7% c	16.2% a	2.9% b	78.2% ab	21.8% bc
Nantou	n=43	7.0% a	9.5% a	60.6% c	3.8% a	15.8% ab	3.4% a	77.0% c	23.0% a
Taitung	n=24	5.7% b	8.3% b	63.5% b	3.1% b	15.9% ab	3.5% a	77.5% bc	22.5% ab
Other	n=31	6.5% a	9.1% a	63.1% b	3.5% a	14.5% b	3.4% a	78.6% a	21.4% c
Significance		***y	***	***	***	*	**	**	**

<sup>z</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>y</sup> ns, \*, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01 and 0.001, respectively, by ANOVA test.



表 8. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆栽培海拔、杯測總分與綠原酸指標

Table 8. Cultivation altitude, cupping scores and chlorogenic acid indexes of Taiwan coffee green beans with three different cupping quality grades.

Grade <sup>z</sup>	Replication	Altitude (m)	Score	Chlorogenic acid concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			
				CQA	diCQA	CQA/diCQA	Total CGA
Grade 1	n=22	1022.2 a <sup>y</sup>	83.63 a	47.52 a	12.70 a	3.76 a	60.22 a
Grade 2	n=31	953.0 a	82.95 b	46.57 a	13.22 a	3.55 ab	59.79 a
Grade 3	n=94	739.9 b	81.16 c	46.29 a	13.38 a	3.50 b	59.67 a
Significance		*** <sup>x</sup>	***	ns	ns	*	ns

<sup>z</sup> Grade 3, 2, and 1 are coffees that didn't pass to 2nd round, pass the 2nd round but didn't pass to final round and pass to the final round of 2016 Taiwan coffee competition, respectively.

<sup>y</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>x</sup> ns, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.01$  and  $0.001$  within the same column or row, respectively.

<sup>w</sup> Altitude replication of grade 1, grade2 and grade 3 is n = 20, 23 and 78.



表 9. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度

Table 9. Chlorogenic acid concentration of Taiwan coffee green beans with three different cupping quality grades.

Grade <sup>z</sup>	Replication	CQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)			diCQA concentration (mg·g <sup>-1</sup> dw)		
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA
Grade 1	n=22	3.28 b <sup>y</sup>	4.84 b	39.40 a	1.71 b	9.06 a	1.94 ab
Grade 2	n=31	3.24 b	4.84 b	38.49 ab	1.72 b	9.80 a	1.70 b
Grade 3	n=94	3.83 a	5.34 a	37.11 b	2.06 a	9.30 a	2.02 a
	Significance	*** <sup>x</sup>	***	**	***	ns	*

<sup>z</sup> Grade 3, 2, and 1 are coffees that didn't pass to 2nd round, pass the 2nd round but didn't pass to final round and pass to the final round of 2016 Taiwan coffee competition, respectively.

<sup>y</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>x</sup> ns, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.01$  and 0.001 within the same column or row, respectively.

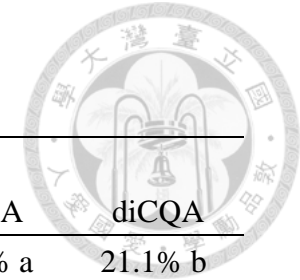


表 10. 三種競賽杯測分級之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比

Table 10. Chlorogenic acid concentration of Taiwan coffee green beans with three different cupping quality grades.

Grade <sup>z</sup>	Replication	CQA / Total CGA			diCQA / Total CGA			CQA	diCQA
		3-CQA	4-CQA	5-CQA	3,4-diCQA	3,5-diCQA	4,5-diCQA		
Grade 1	n=22	5.5% b <sup>y</sup>	8.1% b	65.4% a	2.8% b	15.1% a	3.2% ab	78.9% a	21.1% b
Grade 2	n=31	5.4% b	8.1% b	64.3% a	2.9% b	16.4% a	2.8% b	77.9% ab	22.1% ab
Grade 3	n=94	6.5% a	9.0% a	62.1% b	3.5% a	15.6% a	3.4% a	77.6% b	22.4% a
Significance		*** <sup>x</sup>	***	***	***	ns	**	*	*

<sup>z</sup> Grade 3, 2, and 1 are coffees that didn't pass to 2nd round, pass the 2nd round but didn't pass to final round and pass to the final round of 2016 Taiwan coffee competition, respectively.

<sup>y</sup> Means followed by different letters within the same column are significantly different at  $P \leq 0.05$  by the least significant difference test.

<sup>x</sup> ns, \*\* and \*\*\* were nonsignificant and significant at  $P \leq 0.01$  and  $0.001$  within the same column or row, respectively.



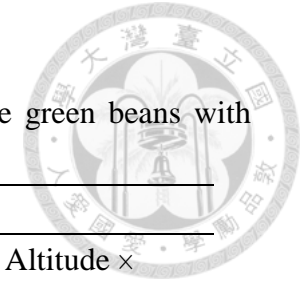


表 11. 不同處理法之臺灣咖啡生豆杯測總分、綠原酸指標與海拔之相關性分析

Table 11. Correlation analysis between cupping score, chlorogenic acid indexes and cultivation altitude of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CGA														
		Altitude × Score			Altitude × CQA			Altitude × diCQA			Altitude × CQA/diCQA			Altitude × Total CGA		
		<i>r</i> <sup>z</sup>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>		<i>r</i>	<i>P</i>	
All	n=121	0.43	0.000	***	0.28	0.002	**	-0.02	0.859	ns	0.19	0.040	*	0.23	0.010	*
Wash	n=84	0.48	0.000	***	0.19	0.086	ns	-0.04	0.746	ns	0.15	0.183	ns	0.14	0.205	ns
Other	n=37	0.31	0.062	ns	0.59	0.000	***	0.02	0.923	ns	0.27	0.110	ns	0.52	0.001	**
Honey	n=17	0.29	0.253	ns	0.30	0.239	ns	-0.01	0.964	ns	0.15	0.568	ns	0.24	0.346	ns
Natural	n=20	0.34	0.140	ns	0.74	0.000	***	0.24	0.304	ns	0.19	0.414	ns	0.72	0.000	***

<sup>z</sup> Correlation analysis is done by Pearson method.

<sup>y</sup> ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

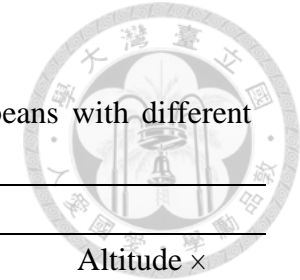


表 12. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度與海拔之相關性分析

Table 12. Correlation analysis between chlorogenic acid concentration and cultivation altitude of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CQA						diCQA					
		Altitude × 3-CQA		Altitude × 4-CQA		Altitude × 5-CQA		Altitude × 3,4-diCQA		Altitude × 3,5-diCQA		Altitude × 4,5-diCQA	
		r <sup>z</sup>	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
All	n=121	-0.34	0.000 ***	-0.27	0.003 **	0.42	0.000 ***	-0.34	0.000 ***	0.14	0.124 ns	-0.17	0.062 ns
Wash	n=84	-0.38	0.000 ***	-0.33	0.002 **	0.33	0.002 **	-0.39	0.000 ***	0.20	0.062 ns	-0.51	0.000 ***
Other	n=37	-0.36	0.030 *	-0.25	0.128 ns	0.63	0.000 ***	-0.37	0.023 *	0.04	0.811 ns	0.21	0.213 ns
Honey	n=17	-0.42	0.091 ns	-0.38	0.135 ns	0.56	0.019 *	-0.49	0.044 *	0.25	0.336 ns	-0.62	0.008 **
Natural	n=20	-0.57	0.008 **	-0.42	0.063 ns	0.76	0.000 ***	-0.56	0.011 *	0.26	0.269 ns	0.46	0.039 *

<sup>z</sup> Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

表 13. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比與海拔之相關性分析

Table 13. Correlation analysis between chlorogenic acid proportion and cultivation altitude of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CQA / CGA						diCQA / CGA					
		Altitude ×		Altitude ×		Altitude ×		Altitude ×		Altitude ×		Altitude ×	
		3-CQA/CGA		4-CQA/CGA		5-CQA/CGA		3,4-diCQA/CGA		3,5-diCQA/CGA		4,5-diCQA/CGA	
		r <sup>z</sup>	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
All	n=121	-0.40	0.000 ***	-0.37	0.000 ***	0.45	0.000 ***	-0.40	0.000 ***	0.07	0.430 ns	-0.26	0.004 **
Wash	n=84	-0.39	0.000 ***	-0.37	0.001 ***	0.41	0.000 ***	-0.40	0.000 ***	0.18	0.107 ns	-0.54	0.000 ***
Other	n=37	-0.46	0.004 **	-0.43	0.008 **	0.54	0.001 ***	-0.48	0.003 **	-0.09	0.602 ns	0.05	0.748 ns
Honey	n=17	-0.49	0.047 *	-0.47	0.058 ns	0.50	0.039 *	-0.56	0.020 *	0.22	0.390 ns	-0.69	0.002 **
Natural	n=20	-0.68	0.001 **	-0.65	0.002 **	0.63	0.003 **	-0.68	0.001 ***	0.01	0.981 ns	0.17	0.465 ns

z Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

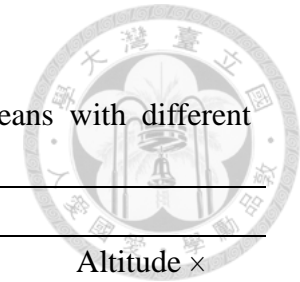




表 14. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸指標與杯測總分之相關性分析

Table 14. Correlation analysis between chlorogenic acid indexes and cupping scores of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CGA											
		Score × CQA			Score × diCQA			Score × CQA/diCQA			Score × Total CGA		
		r	<i>P</i>		r	<i>P</i>		r	<i>P</i>		r		<i>P</i>
All	n=147	0.21	0.010	*	-0.17	0.042	*	0.27	0.001	**	0.11	0.182	ns
Wash	n=99	0.12	0.248	ns	-0.17	0.098	ns	0.21	0.040	*	0.02	0.823	ns
Other	n=48	0.35	0.014	*	-0.23	0.124	ns	0.35	0.014	*	0.20	0.177	ns
Honey	n=24	0.27	0.196	ns	-0.35	0.090	ns	0.42	0.039	*	0.03	0.889	ns
Natural	n=24	0.43	0.036	*	-0.12	0.588	ns	0.34	0.109	ns	0.33	0.116	ns

z Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns,\*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

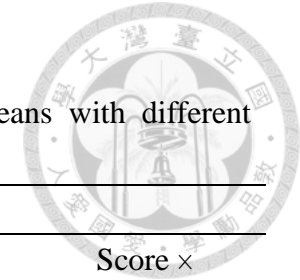


表 15. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度與杯測總分之相關性分析

Table 15. Correlation analysis between chlorogenic acid concentration and cupping scores of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CQA									diCQA								
		Score × 3-CQA			Score × 4-CQA			Score × 5-CQA			Score × 3,4-diCQA		Score × 3,5-diCQA		Score × 4,5-diCQA				
		r <sup>z</sup>	P	***	r	P	***	r	P	*	r	P	ns	r	P	ns	r	P	
All	n=147	-0.36	0.000	***	-0.34	0.000	***	0.36	0.000	***	-0.39	0.000	***	0.01	0.942	ns	-0.16	0.049	*
Wash	n=99	-0.52	0.000	***	-0.53	0.000	***	0.35	0.000	***	-0.55	0.000	***	0.08	0.425	ns	-0.35	0.001	***
Other	n=48	-0.19	0.199	ns	-0.14	0.351	ns	0.37	0.010	*	-0.26	0.076	ns	-0.09	0.542	ns	-0.16	0.289	ns
Honey	n=24	-0.18	0.396	ns	-0.18	0.396	ns	0.33	0.114	ns	-0.25	0.237	ns	-0.20	0.345	ns	-0.32	0.122	ns
Natural	n=24	-0.21	0.319	ns	-0.08	0.696	ns	0.41	0.047	*	-0.30	0.148	ns	-0.02	0.930	ns	-0.09	0.672	ns

z Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.

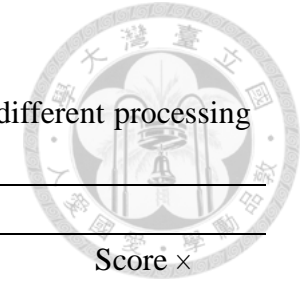


表 16. 不同處理法之臺灣咖啡生豆綠原酸濃度佔比與杯測總分之相關性分析

Table 16. Correlation analysis between chlorogenic acid proportion and cupping scores of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	CQA / CGA									diCQA / CGA								
		Score × 3-CQA/CGA			Score × 4-CQA/CGA			Score × 5-CQA/CGA			Score × 3,4-diCQA/CGA		Score × 3,5-diCQA/CGA		Score × 4,5-diCQA/CGA				
		r <sup>z</sup>	P		r	P		r	P		r	P		r	P		r	P	
All	n=147	-0.38	0.000	***	-0.37	0.000	***	0.53	0.000	***	-0.41	0.000	***	-0.03	0.762	ns	-0.22	0.008	**
Wash	n=99	-0.49	0.000	***	-0.50	0.000	***	0.59	0.000	***	-0.53	0.000	***	0.09	0.390	ns	-0.36	0.000	***
Other	n=48	-0.20	0.164	ns	-0.18	0.221	ns	0.42	0.003	**	-0.27	0.064	ns	-0.14	0.332	ns	-0.22	0.139	ns
Honey	n=24	-0.18	0.411	ns	-0.18	0.406	ns	0.45	0.026	*	-0.24	0.249	ns	-0.22	0.304	ns	-0.33	0.121	ns
Natural	n=24	-0.25	0.248	ns	-0.19	0.369	ns	0.39	0.062	ns	-0.32	0.124	ns	-0.15	0.486	ns	-0.23	0.270	ns

z Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns, \*, \*\*, \*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$ , respectively.



表 17. 臺灣咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析

Table 17. Forward stepwise regression analysis of cupping scores to chlorogenic acid concentration of Taiwan coffee green beans.

n=142	Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	Accumulated R <sup>2</sup>	Delta R <sup>2</sup>	Contribution %	P
	Constant	82.3790					
1st variable	3,4-diCQA	-1.3040	-0.499	0.228	0.228	68.9%	<0.001
2nd variable	5-CQA	0.0966	0.283	0.281	0.053	16.0%	<0.001
3rd variable	3,5-diCQA	-0.1760	-0.254	0.331	0.050	15.1%	0.002
Total				0.331	0.331	100%	<0.001

z. Score=  $82.379 - 1.304 * 3,4\text{-diCQA} + 0.0966 * 5\text{-CQA} - 0.176 * 3,5\text{-diCQA}$  (mg · g<sup>-1</sup> dw)

y Regression diagnostics: 5 data points had been removed as Studentized deleted residual over 2

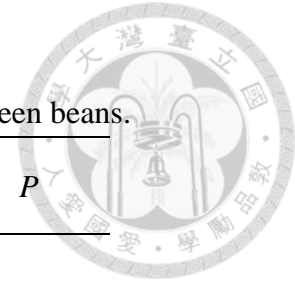


表 18. 臺灣水洗咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析

Table 18. Forward stepwise regression analysis of cupping scores to chlorogenic acid concentration of Taiwan wash coffee green beans.

	Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	Accumulated R <sup>2</sup>	Delta R <sup>2</sup>	Contribution %	P
	Constant	86.4950					
1st variable	3,4-diCQA	-1.8010	-0.663	0.330	0.330	90.9%	<0.001
2nd variable	3,5-diCQA	-0.1480	-0.204	0.363	0.033	9.1%	0.029
Total				0.363	0.363	100%	<0.001

z. Score=  $86.495 - 1.801 * 3,4\text{-diCQA} - 0.148 * 3,5\text{-diCQA}$  (mg · g<sup>-1</sup> dw)

y Regression diagnostics: 3 data points had been removed as studentized deleted residual over 2

x n=96





表 19. 臺灣蜜處理與日曬咖啡杯測總分與生豆綠原酸濃度之正向逐步迴歸分析

Table 19. Forward stepwise regression analysis of cupping scores to chlorogenic acid concentration of Taiwan honey and natural coffee green beans.

	Variable	Coefficient	Standardized Coefficient	Accumulated R <sup>2</sup>	Delta R <sup>2</sup>	Contribution %	P
	Constant	74.910					
1st variable	5-CQA	0.176	0.492	0.242	0.242	100%	<0.001
Total				0.242	0.242	100%	<0.001

z. Score= 74.91+0.176\*5-CQA (mg·g<sup>-1</sup> dw)

y Regression diagnostics: 3 data points had been removed as studentized deleted residual over 2

x n=45

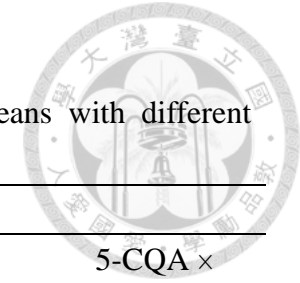


表 20. 不同處理法之臺灣咖啡生豆 5-CQA 濃度與杯測分數項目之相關性分析

Table 20. Correlation analysis between 5-CQA concentration and cupping attribute scores of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

		Cupping attribute scores													
		5-CQA × Fragrance		5-CQA × Flavor		5-CQA × Aftertaste		5-CQA × Acidity		5-CQA × Body		5-CQA × Balance		5-CQA × Overall	
Processing	Replication	r <sup>z</sup>	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
All	n=147	0.44	0.000 ***	0.37	0.000 ***	0.34	0.000 ***	0.29	0.000 ***	0.29	0.000 ***	0.27	0.001 ***	0.31	0.000 ***
Wash	n=99	0.43	0.000 ***	0.35	0.000 ***	0.35	0.000 ***	0.31	0.002 **	0.24	0.017 *	0.28	0.005 **	0.31	0.002 **
Other	n=48	0.35	0.015 *	0.40	0.005 **	0.36	0.013 *	0.30	0.037 *	0.31	0.035 *	0.30	0.035 *	0.35	0.014 *
Honey	n=24	0.52	0.009 **	0.39	0.060 ns	0.34	0.100 ns	0.14	0.507 ns	0.25	0.245 ns	0.25	0.239 ns	0.25	0.238 ns
Natural	n=24	0.29	0.171 ns	0.42	0.039 *	0.37	0.073 ns	0.44	0.031 *	0.36	0.087 ns	0.35	0.094 ns	0.43	0.035 *

z Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns,\*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

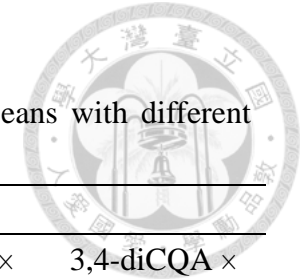


表 21. 不同處理法之臺灣咖啡生豆 3,4-diCQA 濃度與杯測分數項目之相關性分析

Table 21. Correlation analysis between 3,4-diCQA concentration and cupping attribute scores of Taiwan coffee green beans with different processing methods.

Processing	Replication	Cupping attribute scores													
		3,4-diCQA × Fragrance		3,4-diCQA × Flavor		3,4-diCQA × Aftertaste		3,4-diCQA × Acidity		3,4-diCQA × Body		3,4-diCQA × Balance		3,4-diCQA × Overall	
		r <sup>z</sup>	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
All	n=147	-0.30	0.000 ***	-0.39	0.000 ***	-0.39	0.000 ***	-0.34	0.000 ***	-0.30	0.000 ***	-0.39	0.000 ***	-0.39	0.000 ***
Wash	n=99	-0.54	0.000 ***	-0.58	0.000 ***	-0.53	0.000 ***	-0.48	0.000 ***	-0.46	0.000 ***	-0.51	0.000 ***	-0.50	0.000 ***
Other	n=48	-0.16	0.266 ns	-0.25	0.088 ns	-0.25	0.081 ns	-0.20	0.175 ns	-0.24	0.107 ns	-0.27	0.066 ns	-0.30	0.037 *
Honey	n=24	-0.33	0.120 ns	-0.27	0.209 ns	-0.24	0.251 ns	-0.09	0.669 ns	-0.20	0.349 ns	-0.25	0.235 ns	-0.24	0.261 ns
Natural	n=24	-0.19	0.366 ns	-0.29	0.166 ns	-0.29	0.174 ns	-0.31	0.135 ns	-0.28	0.192 ns	-0.28	0.178 ns	-0.35	0.095 ns

<sup>z</sup> Correlation analysis is done by Pearson method.

y ns,\*,\*\*,\*\*\* Nonsignificant or significant at  $P \leq 0.05$ , 0.01, and 0.001, respectively.

## 圖 (Figures)

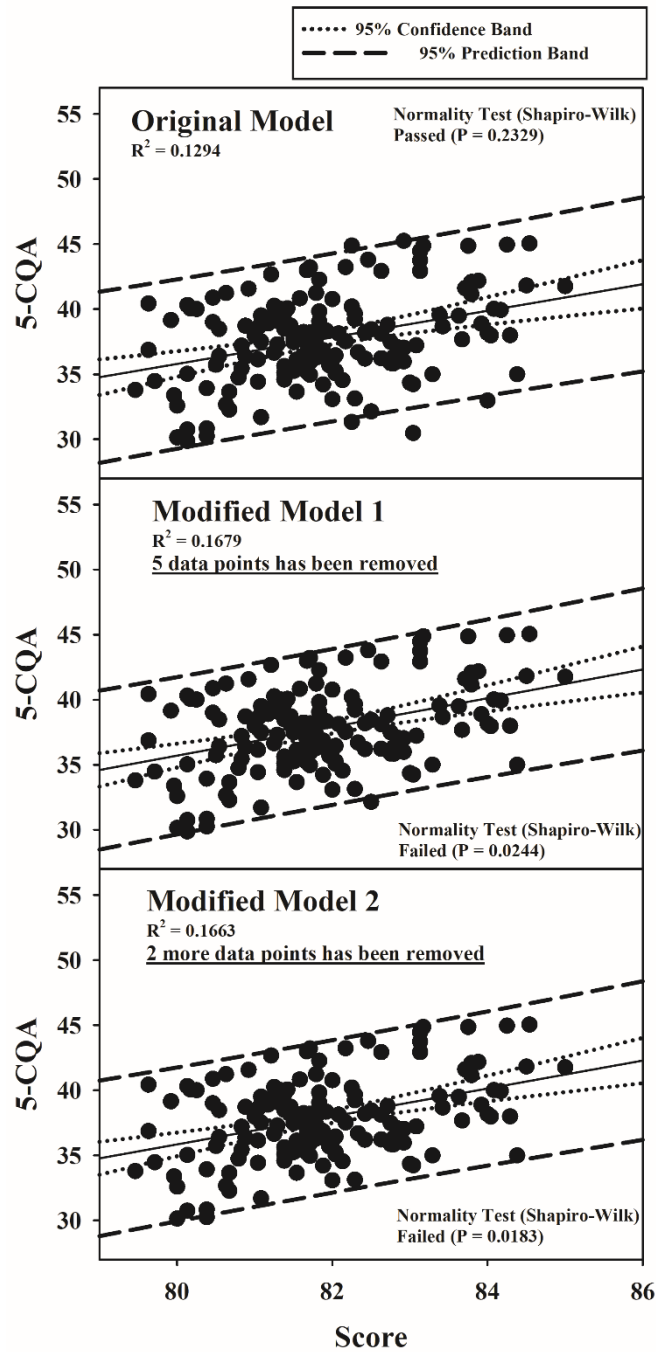


圖 1. 剔除極端值對模型決定係數與常態分布的影響

Figure 1. Effect of outlier elimination on coefficient of determination and normality of regression model.

z Outlier is eliminated as Studentized deleted residual is over 2.

y Modified model 1 and 2 were established by data set passed once and twice outlier elimination, respectively.

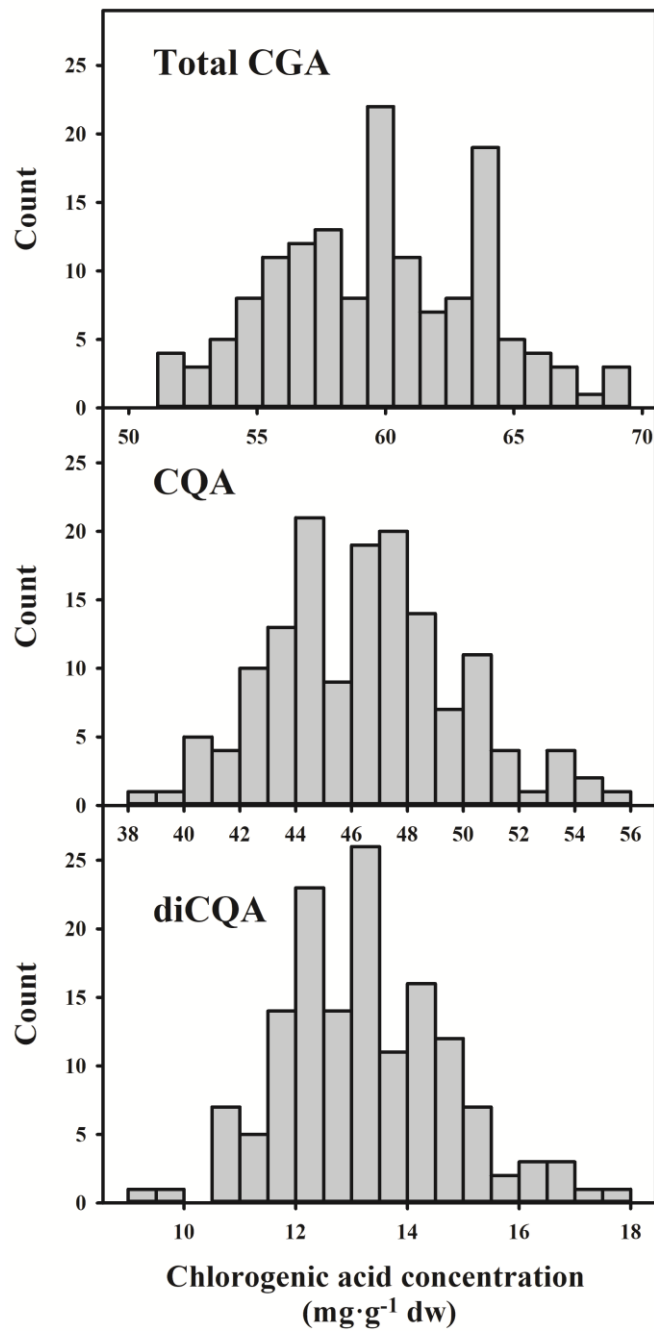


圖 2. 臺灣咖啡生豆總綠原酸、CQA 與 diCQA 濃度分布

Figure 2. Distribution of total chlorogenic acid, CQA and diCQA concentration of Taiwan coffee green beans.

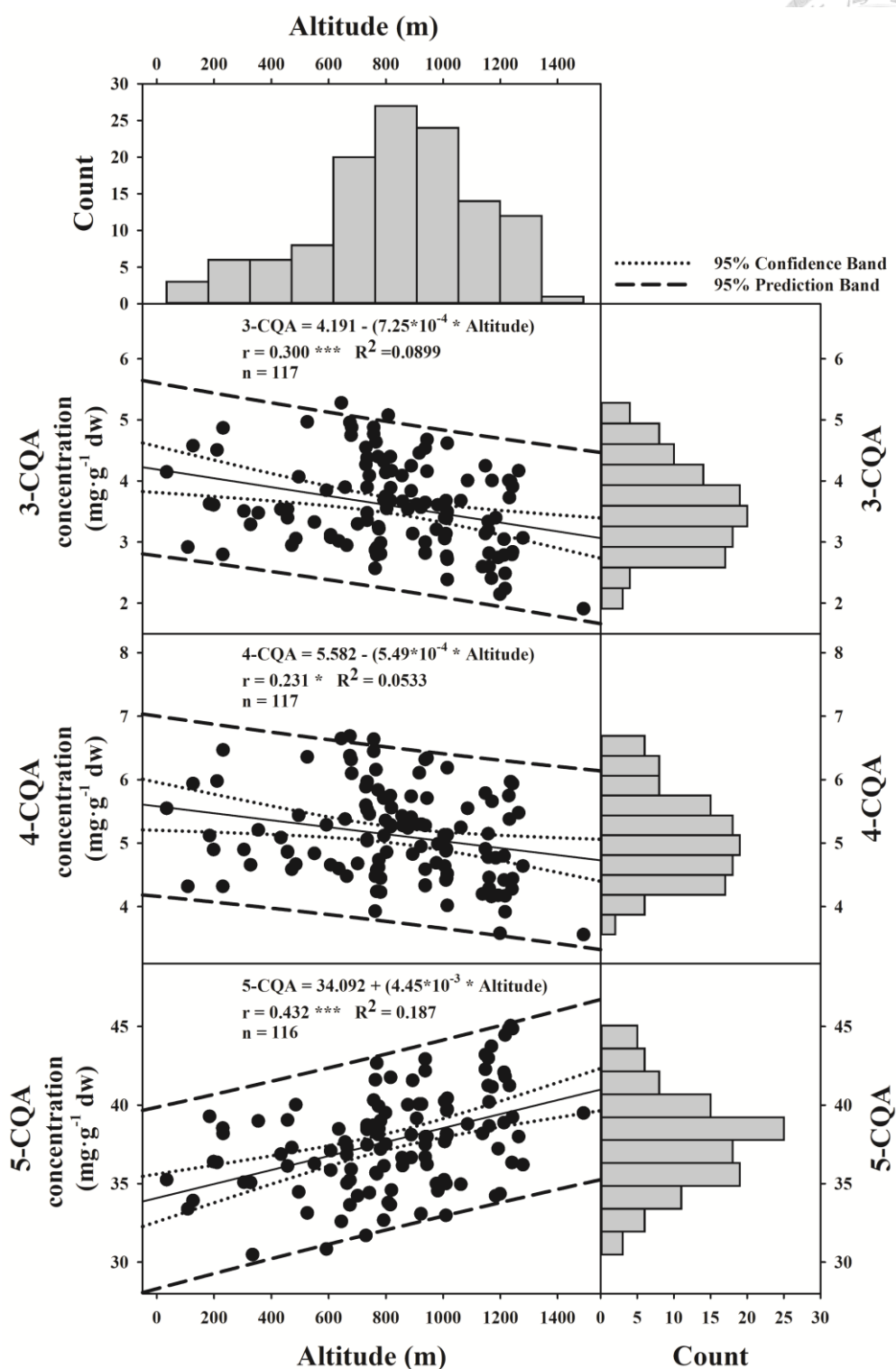


圖 3. 臺灣咖啡生豆 CQA 濃度與栽培海拔之相關性與資料分布

Figure 3. Correlation analysis between CQA concentration and cultivation altitude and its distribution of Taiwan coffee green beans.

z Regression Diagnostics: data points had been removed as Studentized deleted residual over 2.

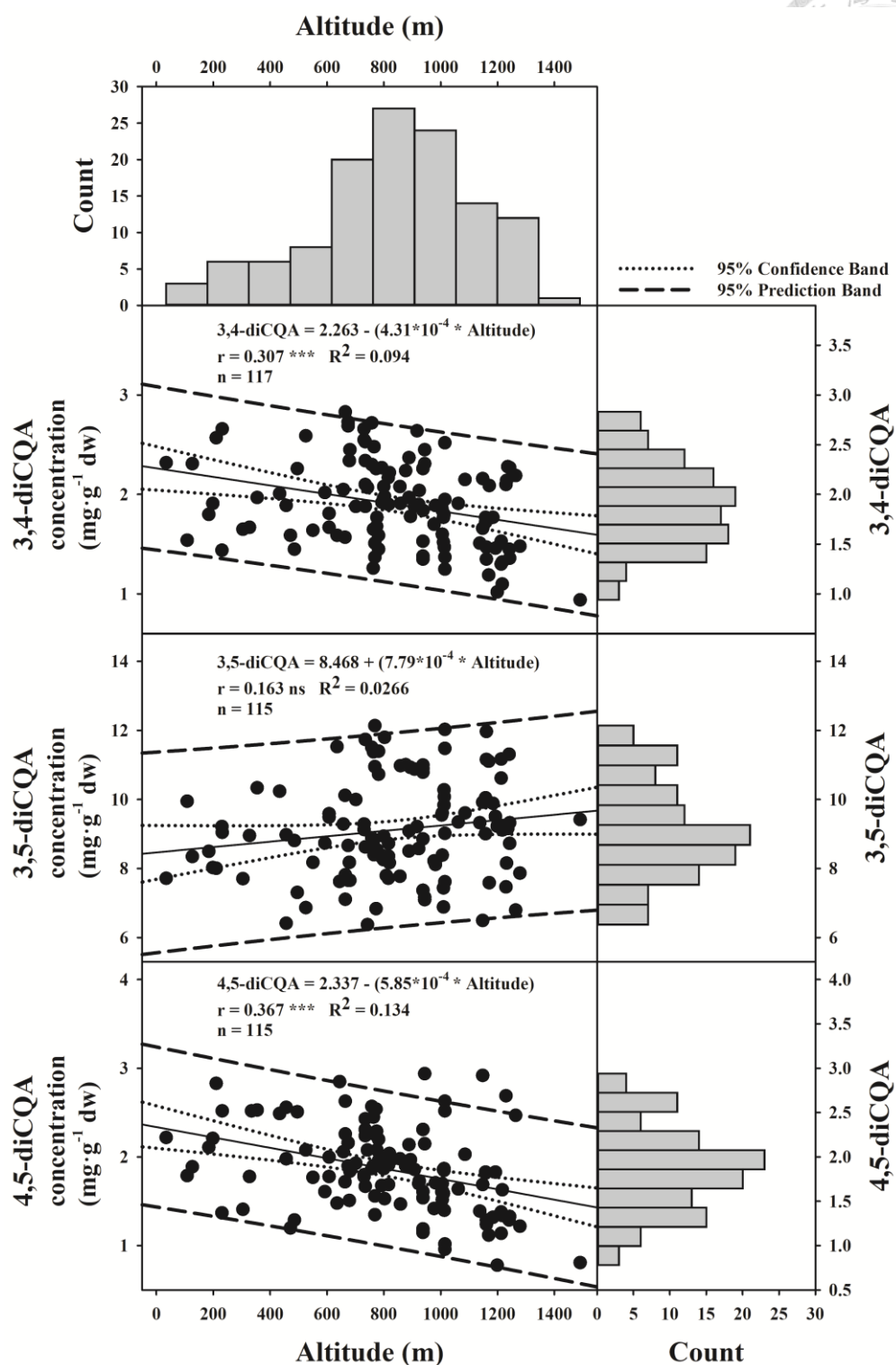


圖 4. 臺灣咖啡生豆 diCQA 濃度與栽培海拔之相關性與資料分布

Figure 4. Correlation analysis between diCQA concentration and cultivation altitude and its distribution of Taiwan coffee green beans.

z Regression Diagnostics: data points had been removed as Studentized deleted residual over 2.

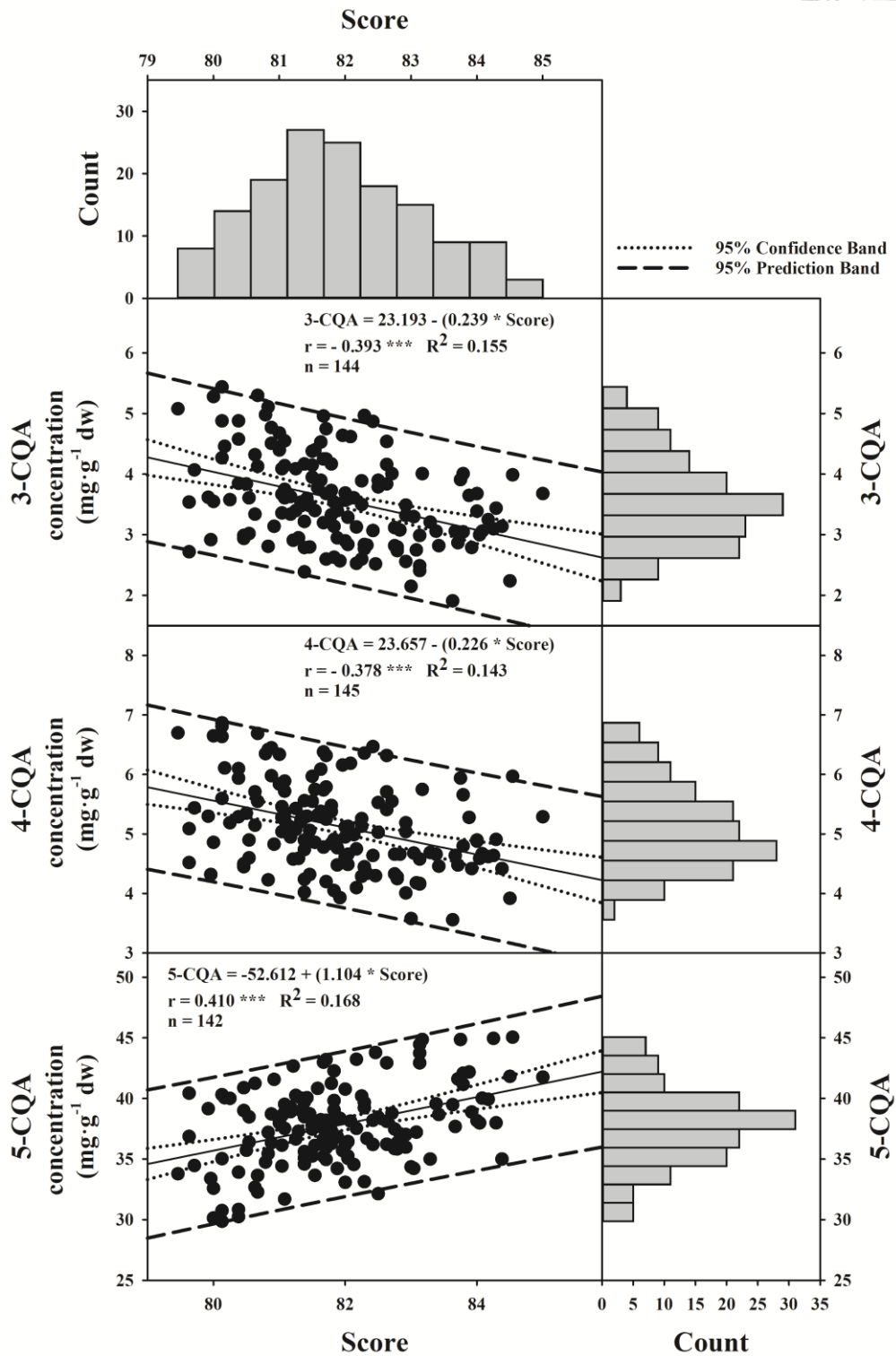


圖 5. 臺灣咖啡生豆 CQA 濃度與杯測總分之相關性與資料分布

Figure 5. Correlation analysis between CQA concentration and cupping scores and its distribution of Taiwan coffee green beans.

z Regression Diagnostics: data points had been removed as Studentized deleted residual over 2.



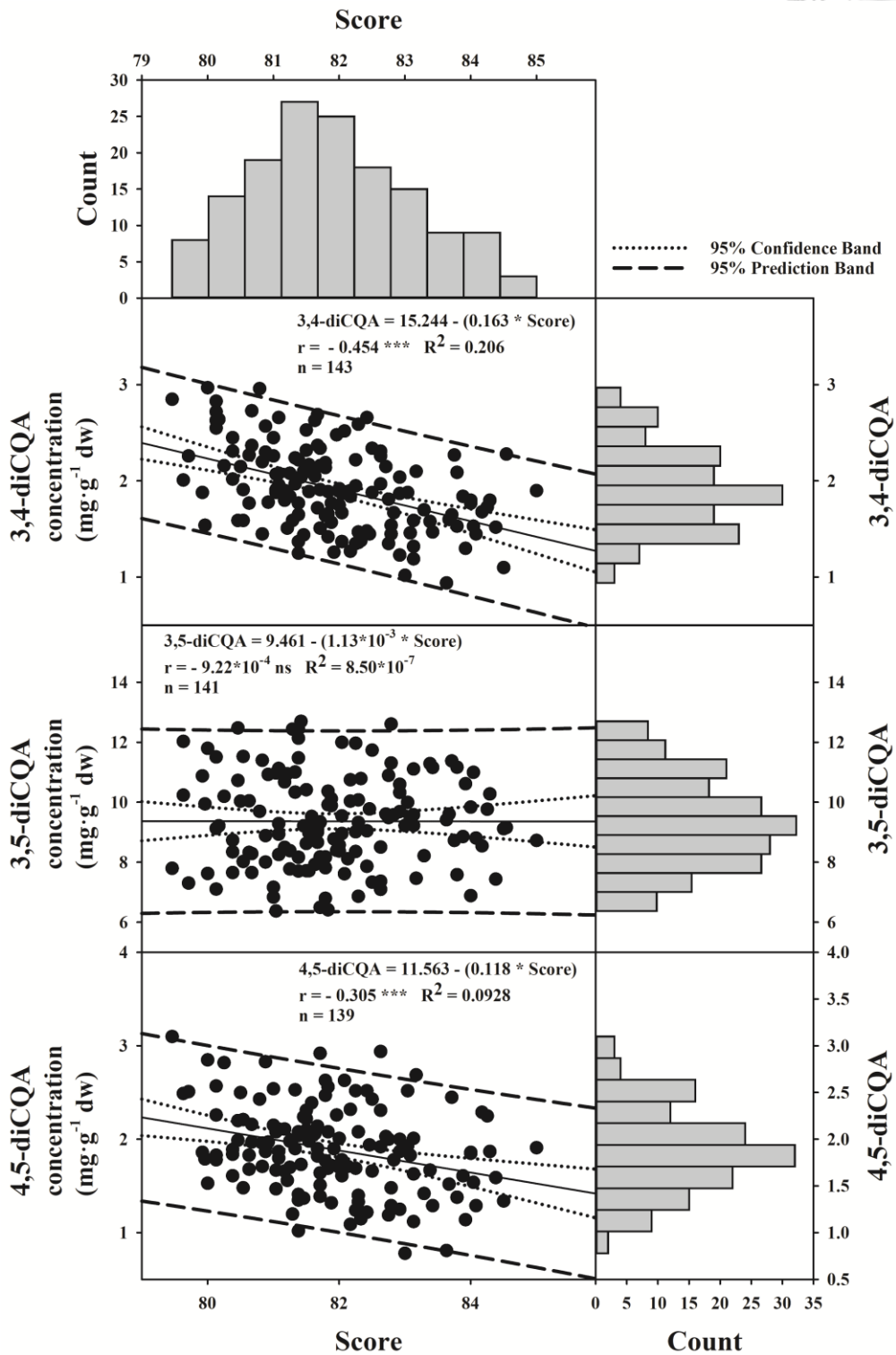


圖 6. 臺灣咖啡生豆 diCQA 濃度與杯測總分之相關性與資料分布

Figure 6. Correlation analysis between diCQA concentration and cupping scores and its distribution of Taiwan coffee green beans.

z Regression Diagnostics: data points had been removed as Studentized deleted residual over 2.

## 參考文獻 (References)



行政院農業委員會. 2018a. 縣市作物查詢. 農情報告資源網.

<[https://agr.afa.gov.tw/afa/afa\\_frame.jsp](https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp)>.

行政院農業委員會. 2018b. 每一縣市：每一鄉鎮，各產業產銷班統計查詢. 農業產銷班組織體系資料服務系統.

<<http://agrpmg.afa.gov.tw/agr-Sed/agrJsp/login.jsp>>.

官亞歆. 2017. 不同前處理臺灣咖啡豆之綠原酸含量與抗氧化能力. 國立屏東科技大學食品科學系所碩士論文. 屏東.

張淑芬. 2018. 咖啡, 賴永昌主編. 嘉義農業試驗分所 百年研究成果. p. 63-69. 行政院農業委員會農業試驗所. 台中.

張淑芬、程永雄、徐信次、朱慶國. 2006. 臺灣咖啡之介紹. 農業試驗所技術服務 67:13-16.

張楓愈. 2013. 臺灣地區咖啡之成分分析與抗氧化活性之研究, 國立屏東科技大學農園生產系所碩士論文. 屏東.

詹豐銘. 2007. 生咖啡豆在不同烘焙條件下焙炒後所調製咖啡之成分分析. 臺灣大學園藝學研究所碩士論文. 屏東.

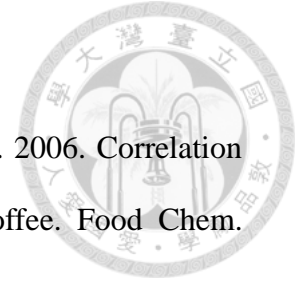
Avelino, J., B. Barboza, J.C. Araya, C. Fonseca, F. Davrieux, B. Guyot, and C. Cilas. 2005. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *J. Sci. Food Agr.* 85:1869-1876.

Bekedam, E.K., H.A. Schols, M.A.J.S. Van Boekel, and G. Smit. 2008. Incorporation of chlorogenic acids in coffee brew melanoidins. *J. Agri. Food Chem.* 56:2055-2063.

Bertrand, B., P. Vaast, E. Alpizar, H. Etienne, F. Davrieux, and P. Charmetant. 2006.



- Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of *Arabica* hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiol.* 26:1239-1248.
- Clifford, M.N. 1985. Chlorogenic acids, p. 153-202. In: C. R.J and M. R (eds.). *Coffee*. Vol. 6. Springer Netherlands, Dordrecht.
- Clifford, M.N. 2000. Chlorogenic acids and other cinnamates-nature, occurrence, dietary burden, absorption and metabolism. *J. Sci. Food Agr.* 80:1033-43.
- Coffee Quality Institute. 2018. Q Arabica Graders. Coffee Quality Institute, CA, USA. 05 Dec. 2018. <<https://database.coffeeinstitute.org/users/graders/arabica>>
- De Bruyn, F., S.J. Zhang, V. Pothakos, J. Torres, C. Lambot, A.V. Moroni, M. Callanan, W. Sybesma, S. Weckx, and L. De Vuyst. 2016. Exploring the impact of post-harvest processing on the microbiota and metabolite profiles during a case of green coffee bean production. *Appl. Environ. Microbiol.* 83:AEM.02398-16.
- De Menezes, H.C. 1994. The relationship between the state of maturity of raw coffee beans and the isomers of caffeoylquinic acid. *Food Chem.* 50:293-296.
- Duarte, G.S., A.A. Pereira, and A. Farah. 2010. Chlorogenic acids and other relevant compounds in Brazilian coffees processed by semi-dry and wet post-harvesting methods. *Food Chem.* 118:851-855.
- Farah, A. and C.M. Donangelo. 2006. Phenolic compounds in coffee. *Brazilian J. Plant Physiol.* 18:23-36.
- Farah, A., T. de Paulis, L.C. Trugo, and P.R. Martin. 2005a. Effect of roasting on the formation of chlorogenic acid lactones in coffee. *J. Agri. Food Chem.* 53:1505-1513.
- Farah, A., M.C. Monteiro, and L.C. Trugo. 2005b. Distribuição de ácidos clorogênicos nos principais defeitos do café. *Ann. IV Simpósio PNP&D Embrapa Café.*



Londrina, Paraná, Brazil.

Farah, A., M.C. Monteiro, V. Calado, A.S. Franca, and L.C. Trugo. 2006. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chem.* 98:373-380.

Franca, A.S., L.S. Oliveira, J.C.F. Mendonça, and X.A. Silva. 2005. Physical and chemical attributes of defective crude and roasted coffee beans. *Food Chem.* 90:89-94.

Guyot, B., D. Gueule, J.C. Manez, J.J. Perriot, J. Giron, and L. Villain. 1996. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés *Arabica*. *Plantations, recherche, développement* 3:272-283.

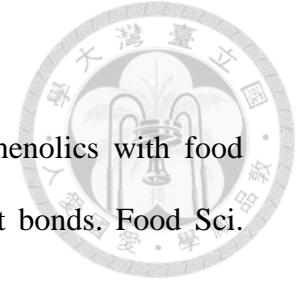
International Coffee Organization. 2018a. Total production by exporting countries. International Coffee Organization, London. 05 Dec. 2018. <[http://www.ico.org/trade\\_statistics.asp](http://www.ico.org/trade_statistics.asp)>

International Coffee Organization. 2018b. Daily coffee prices. International Coffee Organization, London. 05 Dec. 2018. <[http://www.ico.org/coffee\\_prices.asp](http://www.ico.org/coffee_prices.asp)>

Jeon, J.S., H.T. Kim, I.H. Jeong, S.R. Hong, M.S. Oh, K.H. Park, J.H. Shim, and A.M. Abd El-Aty. 2017. Determination of chlorogenic acids and caffeine in homemade brewed coffee prepared under various conditions. *J. Chromatography B* 1064:115-123.

Joët, T., A. Laffargue, F. Descroix, S. Doulebeau, B. Bertrand, A.d. Kochko, and S. Dussert. 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green *Arabica* coffee beans. *Food Chem.* 118:693-701.

Kamiyama, M., J.K. Moon, H.W. Jang, and T. Shibamoto. 2015. Role of degradation products of chlorogenic acid in the antioxidant activity of roasted coffee. *J. Agri.*



- Food Chem. 63:1996-2005.
- Kroll, J., H.M. Rawel, and S. Rohn. 2003. Reactions of plant phenolics with food proteins and enzymes under special consideration of covalent bonds. *Food Sci. Technol. Res.* 9:205-218.
- Ky, C.L., J. Louarn, S. Dussert, B. Guyot, S. Hamon, and M. Noiro. 2001. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. *Food Chem.* 75:223-230.
- Leloup, V., A. Louvrier, and R. Liardon. 1995. Degradation mechanisms of chlorogenic acids during roasting. 16th Intl. Conf. Coffee Sci. (ASIC). p. 192-198. Kyoto, Japan
- Ludwig, I.A., L. Sanchez, B. Caemmerer, L.W. Kroh, M.P. De Peña, and C. Cid. 2012. Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method. *Food Res. Intl.* 48:57-64.
- Mazzafera, P. 1999. Chemical composition of defective coffee beans. *Food Chem.* 64:547-554.
- McCarty, M.F. 2005. A chlorogenic acid-induced increase in GLP-1 production may mediate the impact of heavy coffee consumption on diabetes risk. *Medical Hypotheses* 64:848-853.
- Moon, J.K., H.S. Yoo, and T. Shibamoto. 2009. Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: correlation with coffee acidity. *J. Agri. Food Chem.* 57:5365-5369.
- Naveed, M., V. Hejazi, M. Abbas, A.A. Kamboh, G.J. Khan, M. Shumzaid, F. Ahmad, D. Babazadeh, X. FangFang, F. Modarresi-Ghazani, L. WenHua, and Z. XiaoHui. 2018. Chlorogenic acid (CGA): A pharmacological review and call for further research. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 97:67-74.

Ohiokpehai, O. 1982. Chlorogenic acid content of green coffee beans. University of Surrey, UK, PhD

Ramalakshmi, K., I.R. Kubra, and L.J.M. Rao. 2007. Physicochemical characteristics of green coffee: Comparison of graded and defective beans. *J. Food Sci* 72: S333-S337

Shin, H.S., H. Satsu, M.-J. Bae, Z. Zhao, H. Ogiwara, M. Totsuka, and M. Shimizu. 2015. Anti-inflammatory effect of chlorogenic acid on the IL-8 production in Caco-2 cells and the dextran sulphate sodium-induced colitis symptoms in C57BL/6 mice. *Food Chem.* 168:167-175.

Specialty Coffee Association of America. 2009a. SCAA protocols grading green coffee. Specialty Coffee Association of America, CA, USA. 06 Dec. 2018. <<https://www.scaa.org/PDF/resources/grading-green-coffee.pdf>>.

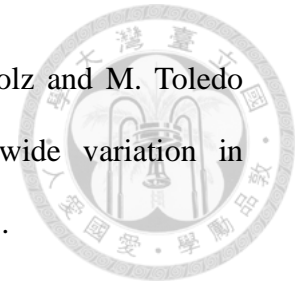
Specialty Coffee Association of America. 2009b. SCAA protocols cupping specialty coffee. Specialty Coffee Association of America, CA, USA. 06 Dec. 2018. <<https://www.scaa.org/PDF/PR%20-%20CUPPING%20PROTOCOLS%20V.21NOV2009A.pdf>>.

Steiman, S.R. 2003. Method development for green coffee analysis and its possible application for group discrimination and correlation of green coffee chemistry with cupping quality. University of Hawaii at Manoa, USA, Master degree.

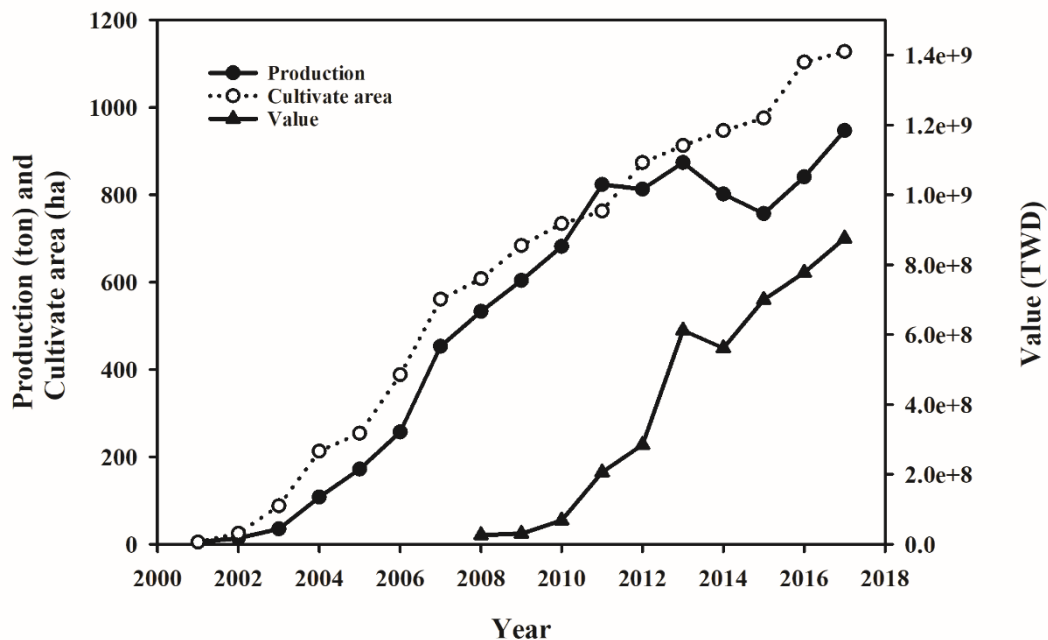
Tfouni, S.A.V., L.B. Carreiro, C.R.A. Teles, R.P.Z. Furlani, K.M.V.A.B. Cipolli, and M.C.R. Camargo. 2014. Caffeine and chlorogenic acids intake from coffee brew: Influence of roasting degree and brewing procedure. *Intl. J. Food Sci. Technol.* 49:747-752.

Trugo, L.C. and R. Macrae. 1984. A study of the effect of roasting on the chlorogenic acid composition of coffee using HPLC. *Food Chem.* 15:219-227.

Zanin, R.C., M.P. Corso, C.S.G. Kitzberger, M.B. dos Santos Scholz and M. Toledo Benassi. 2016. Good cup quality roasted coffees show wide variation in chlorogenic acids content. *LWT-Food Sci. Technol.* 74:480-483.



## 附錄 (Appendix)



附錄 1. 近年臺灣咖啡產量、栽培面積與產值之變化

Appendix 1. Changes of production, cultivate area, and value of Taiwan coffee recent years.





## 附錄 2. 咖啡生豆樣品收件流程

### Appendix 2. The procedural of receiving green coffee samples.

收件樣本按評鑑辦法分為傳統水洗及其他處理二組，本次收件分別計 110 件與 53 件。傳統水洗定義為：咖啡果實去皮後以適量清水保持潮濕狀態，將果肉、果膠（中果皮）分解脫離內果皮後，再經清水沖洗去除果肉的方法，乾燥後的內果皮應呈現光滑乳白色或接近白色外觀。其他處理組定義為：非屬水洗之其他處理法，包括但不限日曬及蜜處理。日曬定義為：咖啡生豆不經去皮，以完整果實形態進行乾燥。去果皮日曬（廣義之蜜處理）定義為：將果實去皮後，將果肉進行部分分解後即進行乾燥，此時仍有果肉黏附在內果皮表面，外觀通常可見殘留乾燥果肉的顏色痕跡。本次收件中，日曬類 27 件及蜜處理類 26 件。


在農民自行繳交之 12 公斤生豆中，隨機取 2 公斤作本次試驗所用。使用簡易破碎型電阻式水份計及電容式水份計測量生豆含水率，測值低於 9% 或高於 13% 之樣本予以剔除。每樣品隨機取樣 350 公克咖啡生豆，以物理挑選方式，依照美國精品咖啡協會之生豆瑕疵規範標準 (Specialty Coffee Association of America, 2009a) 進行瑕疵篩選，精品咖啡不可有第一級瑕疵，二級瑕疵計點不超過 5 點，瑕疵規範簡述如下：

- A、一級瑕疵（主要瑕疵）：包含全黑豆、全酸豆（如為蜜處理豆，外表紅褐色果膠如可刮除，裡頭仍為藍綠、灰綠或黃綠則不算酸敗豆）、乾燥漿果（生豆部分或全部被外果皮所包覆）、真菌或黴菌感染、外來異物，及嚴重蟲蛀豆（生豆有三個以上被蟲蛀、穿孔的痕跡）。
- B、二級瑕疵（次要瑕疵）：包含局部黑豆、局部酸豆、帶殼豆（生豆部分或全部被豆殼包覆）、浮豆、未熟豆、萎凋豆、貝殼豆、破碎豆、果皮或果殼及輕微蟲蛀豆（生豆有被蟲蛀、穿孔的痕跡，但少於三孔）。

精品咖啡標準之樣品亦與以剔除本次收件有 16 筆樣品不符前述生豆瑕疵篩選，或有杯測風味瑕疵而被剔除，有效杯測分數數據為 147 筆。

### 附錄 3. 咖啡樣品杯測流程

#### Appendix 3. Cupping procedural for coffee samples.



杯測用咖啡生豆樣本以每爐八百公克以鼓式半熱風式 Kapok 1.0 烘焙機 (K 1.0, 凱博克實業有限公司, 高雄) 進行烘焙, 總烘焙時間為八至十二分鐘, 以磨粉呈色為 Agtron 顯色讀值 63 為目標樣本烘焙程度。咖啡熟豆研磨使用平刀式 Kalita Nice Cut 磨豆機 (Kalita Co., Ltd., Yokohama, Japan), 經校正使研磨粉粒之 70% 至 75% 可通過美國 20 號篩網刻度 (0.85 mm)。每樣本進行五重複, 杯測容器使用 240ml 容量白瓷杯測杯 (TCL 杯測專用杯), 每杯獨立秤取 13.2 公克之熟豆, 五杯獨立研磨。

杯測流程開始, 在磨粉後十五分鐘內評估乾香氣, 乾香氣結束評估, 注入 93°C 熱水後正數計時, 同時開始評估濕香氣, 在第四分鐘後以杯測湯匙輕微攪動浮在表層的咖啡粉層, 此動作稱之為破渣, 持續評估濕香氣, 在第六分鐘後以不擾動杯中已沉底粉粒狀況下, 撈除表面浮末與粉粒, 隨即停止評估濕香氣, 完成香氣欄位之評價。待至第十分鐘, 杯中溫度已約莫降至 70°C, 開始以杯測啜吸方式評估風味、餘韻、酸質、醇感、平衡感與綜評等六項評價, 直至第卅五分鐘完成給分, 並同時記錄各樣本之文字風味敘述。上述杯測作業, 皆在美國精品咖啡協會所規範之杯測準則之下進行 (Specialty Coffee Association of America, 2009b)。



Specialty Coffee Association of America Coffee Cupping Form

Name: \_\_\_\_\_

Date: \_\_\_\_\_ Location: \_\_\_\_\_

Class: \_\_\_\_\_

TABLE NO.

Quality scale:			
6.00 -	7.00 - Very	8.00 -	9.00 -
Good	Good	Excellent	Outstanding
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Station Instructor Name: \_\_\_\_\_



Sample #	Roast Level of sample	Fragrance/Aroma Score: _____	Flavor Score: _____	Acidity Score: _____	Body Score: _____	Uniformity Score: _____	Clean Cup Score: _____	Overall Score: _____	Total Score
		6 7 8 9 10 Dry Qualities: Break	6 7 8 9 10 Aftertaste Score: _____	6 7 8 9 10 Intensity High Low	6 7 8 9 10 Level Heavy Thin	6 7 8 9 10 Balance Score: _____	6 7 8 9 10 Sweetness Score: _____	6 7 8 9 10 Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notes: _____									Final Score <input type="text"/>

Sample #	Roast Level of sample	Fragrance/Aroma Score: _____	Flavor Score: _____	Acidity Score: _____	Body Score: _____	Uniformity Score: _____	Clean Cup Score: _____	Overall Score: _____	Total Score
		6 7 8 9 10 Dry Qualities: Break	6 7 8 9 10 Aftertaste Score: _____	6 7 8 9 10 Intensity High Low	6 7 8 9 10 Level Heavy Thin	6 7 8 9 10 Balance Score: _____	6 7 8 9 10 Sweetness Score: _____	6 7 8 9 10 Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notes: _____									Final Score <input type="text"/>

Sample #	Roast Level of sample	Fragrance/Aroma Score: _____	Flavor Score: _____	Acidity Score: _____	Body Score: _____	Uniformity Score: _____	Clean Cup Score: _____	Overall Score: _____	Total Score
		6 7 8 9 10 Dry Qualities: Break	6 7 8 9 10 Aftertaste Score: _____	6 7 8 9 10 Intensity High Low	6 7 8 9 10 Level Heavy Thin	6 7 8 9 10 Balance Score: _____	6 7 8 9 10 Sweetness Score: _____	6 7 8 9 10 Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notes: _____									Final Score <input type="text"/>

附錄 4. 美國精品咖啡協會杯測表

Appendix 4. Specialty coffee association of America coffee cupping form.