

利用非破壞性近紅外光果實品質測定儀建立芒果 ‘台中1號’綠熟果乾物重之採收成熟度指標¹

陳盟松^{2*}、周錦玉³

摘要

芒果採收成熟度係決定果實品質之重要關鍵，臺灣芒果果實採收主要以外觀及生育日數為採收成熟度之判斷，加上品種特性與栽培環境差異，不易確保果實品質一致與穩定。芒果‘台中1號’具獨特風味為可綠熟果採收催熟的品種，本試驗以非破壞性近紅外光果實品質測定儀，探討不同成熟度之果實乾物重與後熟後總可溶性固形物含量之相關性，建立果實採收乾物重之量化參考指標，以掌握果實適宜採收時機。結果顯示，芒果‘台中1號’綠熟果之乾物重含量與後熟果總可溶性固形物含量之關係呈現高度正相關($R^2=0.9048$)，果實於盛花後110天之乾物重含量為15.1%，後熟後果實總可溶性固形物含量為17.6°Brix，果實外觀流膠極為輕微，果重達500 g以上，催熟後果皮可順利轉色，且食用風味良好。因此，芒果‘台中1號’之綠熟果乾物重含量達15%以上，可作為果實採收成熟度之參考指標。

關鍵字：芒果‘台中1號’、近紅外光果實品質測定儀、乾物重、採收成熟度

前　　言

臺灣芒果栽培面積為16,344 ha(農業部，2024)，為重要經濟果樹之一，芒果栽培品種以‘愛文’、‘土芒果’、‘金煌’為大宗，主要產區位於臺南市，屏東縣及高雄市，其他栽培品種如‘凱特’、‘玉文’、‘金蜜’、‘烏香’、‘海頓’等。‘愛文’與‘土芒果’為黃熟果採收，可藉由果皮轉紅、轉黃及果梗端下凹辨識，但多數栽培品種如‘金煌’果實自然黃熟時，果肉易發生生理劣變，故以綠熟果採收進行催熟為宜(邱，2020；張等人，2013；劉等人，1993)。

¹ 農業部臺中區農業改良場研究報告第1109號。

² 農業部臺中區農業改良場副研究員。

³ 農業部臺中區農業改良場計畫助理。

*通訊作者：陳盟松，Email: chenms@tcdares.gov.tw

芒果‘台中 1 號’為農業部臺中區農業改良場(簡稱本場)與中興大學共同育成，由芒果‘金煌’實生後代選育而得，黃熟果果皮橙黃帶紅，果肉細緻，纖維量少，果實風味獨特具濃郁之椰奶香氣，為可綠熟果進行催熟的品種(陳等人，2017)。2014 年取得植物品種權，2016 年完成品種非專屬授權，惟在推廣種植過程中，農民反應果皮容易有流膠污損現象，且不易掌握其採收成熟度之栽培管理困擾。

芒果果皮流膠好發於果實中大果期，在果皮皮孔處崩裂流出透明乳汁，輕微時皮孔褐化如同雀斑，嚴重時造成大片黑色斑塊並黏著於紙袋上，稱為「流膠病變」(張，2016)，此與芒果果實組織因物理傷害或採摘時果蒂離層產生的乳汁溢流「sapburn」而導致的果皮傷害並不相同(張，2016；Amin *et al.*, 2008)。造成芒果皮孔開裂之生理因素很多，包括品種、水氣通過皮孔的總量、膜體之破壞及酚類化合物累積等機制及變化(Jomngam *et al.*, 2016)。然而，芒果確切流膠病變發生原因尚未清楚。有研究指出芒果‘愛文’果實發育在後期肥大時，環境高溫或噴施外在營養物質會刺激果皮皮孔增長、崩裂而促進流膠發生(張，2016)。芒果‘台中 1 號’果實越接近成熟期，果皮皮孔變得明顯且容易產生流膠而影響果實外觀。因此，栽培管理及果實採收時間皆為穩定芒果果實品質的重要因素。

芒果果實發育自開花授粉到採收所需天數因品種而異，部分品種以樹上黃熟(在檻紅)作為採收標準，果實風味佳且可馬上食用，但採收與銷售作業需在短時間內同時進行，若果品要有較長的銷售期或長程貯運，則必須考慮果品抵達消費端時，是否還能保持良好外觀與品質。此外，有些品種於成熟期採收時容易發生生理劣變，故需提早於綠熟果進行採收，以確保果實品質穩定。因此，芒果採收成熟度的判定是果實食用品質、採後貯運及櫥架壽命之重要指標(張等人，2013；黃，1979)。

芒果為更年性水果(climacteric fruit)，果實發育成熟時累積大量碳水化合物合成為澱粉，後熟階段澱粉會轉換成糖類，果肉開始變軟變甜，前人研究指出果實乾物重(dry matter, DM)和後熟後果實品質有高度相關性，採收時果實乾物重含量越高，則後熟後之總可溶性固形物含量也越高，果實乾物重含量是一項衡量芒果果實成熟度的量化指標(Felix, 2019；Nassur *et al.*, 2013；Walsh & Anderson, 2016)。

傳統使用破壞性果實品質分析耗費時間長，需要實驗分析設備且無法保持樣本完整性。近年非破壞性近紅外光譜應用於果實乾物重測定技術發展快速，並有簡易攜帶型儀器開發供使用(Saranwong *et al.*, 2004)。研究顯示芒果‘Kensington Pride’的乾物重與總可溶性固形物含量具高度正相關性，無需將芒果留在樹上直至完全成熟再進行採摘，提前收穫可有效的延長運輸和儲藏時間。因此，雖然芒果‘Kensington Pride’在完全成熟時乾

物重可達22%，但理想的提前收穫時間是芒果乾物重達到14%時即可進行(Felix, 2019)。近紅外光果實品質測定儀(near-infrared spectroscopy, NIR)是一種快速、非破壞性的振動光譜技術，透過測量分子中 O-H、C-H 等化學鍵對近紅外光能量的吸收（即過頻帶和組合帶），並結合複雜的化學計量學方法進行定性和定量分析(Pasquini, 2003; Walsh *et al.*, 2000)。NIR 模型在預測芒果採收時果實乾物重具有高穩定性（相關係數大於 0.96，RMSECV < 0.6 %）(Subedi *et al.*, 2010)，可用來預測芒果綠熟果完全熟化後的總可溶性固形物含量(Subedi *et al.*, 2007)。

本試驗目的為使用非破壞性近紅外光果實品質測定方式，探討芒果‘台中 1 號’不同採收成熟度之果實乾物重與後熟後總可溶性固形物之相關性，期建立綠熟果採收成熟度乾物重之參考指標，以掌握果實採收之最適時機，提升整體果實品質穩定度。

材料與方法

一、試驗材料及方法

(一)試驗材料

2024 年於彰化縣大村鄉本場果樹試驗區進行試驗，選定 20 株 5 年生露天栽培具開花結實能力之芒果‘台中 1 號’作為本次試驗材料。

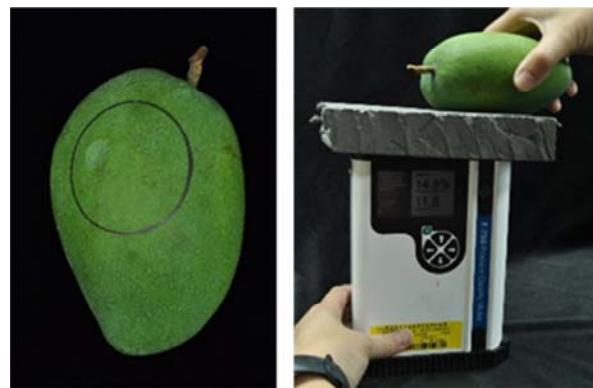
(二)調查方法

於春季芒果開花期間進行花序標定，於盛花後開始計算果實生育日數，本次調查芒果植株的花序於 2 月底至 3 月初盛開，果實分別在盛花後 80 天(D80)、90 天(D90)、100 天(D100)、110 天(D110)、120 天(D120)及 130 天(D130)分批採收，單一處理組標定綠熟果果實 20 顆，果實採收先以手持式非破壞性近紅外光果實品質測定儀(F-750)測得乾物重含量，再進行果實外觀型態調查，量測果實重量、果實長度、果實寬度及果實厚度，綠熟果以碳化鈣(CaC₂)催熟 48 小時處理後，於常溫放置 5 天等待果實後熟，進行果實品質調查分析，包括果肉硬度、總可溶性固形物及可滴定酸等。

二、調查項目及分析方法

(一)非破壞性近紅外光果實品質測定儀測量

本試驗使用手持式非破壞性近紅外光果實品質測定儀 F-750 (Produce Quality Meter, Felix Instruments, Camas, WA, USA)測量乾物重數值，芒果‘台中 1 號’果實分別於盛花後 D80、D90、D100、D110、D120 及 D130 分批採收，在每一顆果實側面欲進行掃描處，皆標記相同大小的區域，在儀器測定處上方置放海綿墊，避免測定時光線外漏而影響測定結果(圖一)。



圖一、芒果果實量測部位標示及使用 F-750 近紅外光果實品質測定儀測量方式。

Fig. 1. Designated positions on mango fruit for measurement and the method of quality assessment with the F-750 near-infrared fruit quality analyzer.

(二)果實外觀流膠觀察

不同生育日數之綠熟果果實採收時，觀察果實外觀果皮孔產生流膠程度，流膠程度判定以 0-2 分為標準，0 分表示果皮未發生流膠情形，1 分表示果皮輕微流膠，未明顯影響果實外觀品質，2 分則表示果皮中度流膠且影響果實外觀品質使其不具銷售競爭力(圖二)。



圖二、芒果‘台中 1 號’綠熟果流膠程度(A)未發生流膠、(B)輕微流膠、(C)中度流膠。

Fig. 2. Severity of resinous latex burn in mature green ‘Taichung No. 1’ mango fruit:(A) none, (B) slight, and (C) moderate.

(三)果實重量、果長、果寬、果厚測量

以電子天平秤量果實鮮重，讀值取至小數點後第一位，以 g 為標示單位。果長、果寬及果厚以游標尺測量，標示單位為 mm，果長量測為果梗基部至果實底部的垂直距離；果寬為果背至果腹的最長垂直距離；果厚為果實兩側最長垂直距離(與果寬方向垂直)。

(四)果形指數計算

果形指數為果長分別與果寬、果厚之商數計算，果形指數 1(shape index 1)=果長/果寬，果形指數 2(shape index 2)=果長/果厚。

(五)果肉硬度

於果實標記範圍處，削除一小塊薄薄的果皮，以桌上型硬度計 FR-5120 (Fruits Hardness Tester, Lutron Electronic Enterprise Co., Ltd, Taiwan)配備直徑 0.8 cm 圓柱狀壓棒測定，果肉垂直穿入 10 mm 所需的力量，果肉硬度單位以 kg/cm² 表示。

(六)總可溶性固形物(Total soluble solid, TSS)

待果實後熟切取標記範圍內之果肉榨汁過濾，取數滴果汁樣品，以數位型糖度計 PR-32α (ATAGO Co., Ltd., Japan)測量總可溶性固形物(total soluble solids content, TSS)含量，以°Brix 為標示單位。

(七)可滴定酸(Titratable acid, TA)

取 1 ml 果汁，加入 4 ml 蒸餾水及 1% 酚酞酒精溶液作指示劑，利用數字型滴定器 (Easy Plus Titrator, Mettler-Toledo Inc., Swiss)以 NaOH 標準液滴定至果汁樣品顏色產生粉色變化即為滴定終點，所得酸度以 100 g 果汁之蘋果酸含量，以%為標示單位。

(八)果實催熟前後外觀顏色變化

芒果不同生育日數之綠熟果果實分批採收後，經碳化鈣催熟 48 hr 後取出，再置於常溫下 5 天完成果實後熟，分別於果實催熟前、催熟後開箱取出及常溫 5 天後熟後進行拍照記錄。

三、統計分析

試驗結果數值以平均值(mean)±標準差(SD)方式呈現，以 CoStat 軟體計算利用 ANOVA 進行變方分析(analysis of variance)及最小顯著差異檢定(least significant difference test, LSD)比較各處理間之差異顯著性，並以相關係數表達其相關性。

結 果

一、非破壞性果實乾物重測定

果實在盛花後 D80、D90、D100、D110、D120 及 D130，分別以非破壞性近紅外光果實品質測定儀測量採收時及後熟後果實乾物重，結果顯示乾物重值依序為 13.2%、13.8%、13.9%、15.1%、15.9%及 16.3%，隨著生育日數增加而上升(表一)。除 D90 與 D100 兩處理間乾物重無明顯差異外，其餘各處理間的乾物重皆有顯著差異，其中以 D100 至 D110 增加幅度 1.1%最高，D110 至 D120 之增加幅度 0.9%次之。

在果實後熟後所測得平均乾物重自盛花後 D80 至 D130，依序為 14.6%、15.5%、16.1%、16.8%、17.5%及 18.3%，處理間皆具顯著差異，且每項處理之乾物重含量皆高於未催熟前之乾物重數值。

表一、芒果‘台中 1 號’不同生育日數綠熟果及其後熟果以非破壞性近紅外光果實品質測定儀量測之乾物重

Table 1. Dry matter content of mature green and ripened ‘Taichung No. 1’ mango fruit at different days after full bloom (DAFB) measured by near-infrared non-destructive quality analyzer

Days after full bloom	Dry matter at harvest (%)	Dry matter at ripening(%)
D80	13.2 ± 0.6 e ^z	14.6 ± 0.8 f
D90	13.8 ± 0.7 d	15.5 ± 0.6 e
D100	13.9 ± 0.5 d	16.1 ± 0.5 d
D110	15.1 ± 0.7 c	16.8 ± 0.8 c
D120	15.9 ± 0.7 b	17.5 ± 0.8 b
D130	16.3 ± 0.5 a	18.3 ± 0.6 a

^zMeans within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P≤0.05.

二、果實外觀流膠情形

綠熟果依果皮外觀流膠程度進行判定，0 分表示未有流膠，1 分表示輕微流膠，2 分表示中度流膠且影響果實外觀品質(圖二)。調查結果顯示，盛花後 D80、D90、D100、D110、D120 及 D130 採收的綠熟果，果皮流膠程度分別為 0.00、0.15、0.45、0.80、0.95 及 1.30，果皮流膠程度隨著生育日數增加而提高。D80 及 D90 之綠熟果果皮流膠程度不明顯，當果實生育期達 D110，果皮有輕微流膠，D120 果實輕微流膠比率增加，而生育期達 D130 時，許多果實已出現嚴重流膠，且影響果實外觀(表二)。

表二、芒果‘台中1號’不同生育日數綠熟果之表皮流膠發生情形

Table 2. Peel resinous latex burn occurrence in mature green ‘Taichung No. 1’ mango at different days after full bloom (DAFB)

Days after full bloom	Resinous latex burnt from lenticels (0-2)	
D80	0.00	± 0.00 e ^z
D90	0.15	± 0.37 de
D100	0.45	± 0.51 cd
D110	0.80	± 0.83 bc
D120	0.95	± 0.83 ab
D130	1.30	± 0.80 a

^zMeans within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P≤0.05.

三、果實重量與果實大小

果實生育日數自盛花後 D80 至 D130，整體果實重量、果長、果寬及果厚皆呈現上升趨勢，且於 D130 達最高值，數據顯示果實於盛花後 D120 到 D130 期間，果實重量與大小仍有顯著增長(表三)。

果實重量於 D80 和 D90 達 400 g 以上，於 D100 和 D110 達 500 g 以上，D120 約 580 g，D130 則達 600 g 以上。果實重量以 D90-D100(增加 73.03 g)、D110-D120(增加 62.10 g)及 D120-D130(增加 55.27 g)三組增加的幅度最大，D100-D110 則果重增加幅度平緩，僅增加 9.66 g。各階段的果重變化和果實厚度、寬度的增長有相同的趨勢。D90-D100、D110-D120 及 D120-D130 果重大幅增加，此時期的果寬及果厚也同步明顯增加。D80-D120 果長相近，沒有大幅度的增加，顯示在 D80 即達到果長生長最大值。果寬及果厚則隨生育日數而持續增加，並以果厚增加幅度較大。

四、果形指數

果形指數隨果實生育日數增加而呈現下降趨勢，即果寬與果厚成長的幅度高於果長成長的幅度，隨生長日數增加果形由長橢圓形變為橢圓形(表四)。由果形指數 2 可觀察到果實在 D80 以後果厚開始增加，由果梗端向花柱端向下俯視，果形則由扁圓形逐漸趨近為正圓形。當果厚開始增加時，其果實成熟度亦逐步提升，此趨近正圓形的外觀變化可作為果實成熟度參考指標之一。

表三、芒果‘台中 1 號’不同生育日數綠熟果之果實重量與大小

Table 3. Fruit weights and size of mature green ‘Taichung No. 1’mango at different days after full bloom (DAFB)

Days after full bloom	Weight (g)	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)
D80	401.81 ± 34.79 d ^z	126.41 ± 5.18 bc	82.26 ± 3.14 d	74.16 ± 2.76 e
D90	434.98 ± 60.16 d	123.55 ± 7.78 c	84.55 ± 4.40 d	78.05 ± 3.47 d
D100	508.01 ± 43.35 c	128.07 ± 5.43 b	89.16 ± 2.88 c	82.31 ± 2.88 c
D110	517.67 ± 61.39 c	126.31 ± 7.69 bc	89.14 ± 3.63 c	83.59 ± 2.83 c
D120	579.77 ± 71.09 b	128.12 ± 5.49 b	91.94 ± 4.50 b	86.86 ± 4.29 b
D130	635.04 ± 84.21 a	132.33 ± 7.22 a	95.05 ± 4.34 a	90.90 ± 4.38 a

^zMeans within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P≤ 0.05.

表四、芒果‘台中 1 號’不同生育日數綠熟果之果形指數

Table 4. Fruit shape index of mature green ‘Taichung No. 1’ mango harvested at different days after full bloom (DAFB)

Days after full bloom	Shape index 1 (Length / Width)		Shape index 2 (Length / Thickness)	
D80	1.54	± 0.08 a ^z	1.71	± 0.08 a
D90	1.46	± 0.07 b	1.58	± 0.09 b
D100	1.44	± 0.06 bc	1.56	± 0.05 bc
D110	1.42	± 0.06 bcd	1.51	± 0.07 cd
D120	1.40	± 0.06 cd	1.48	± 0.08 de
D130	1.39	± 0.06 d	1.46	± 0.06 e

^zMeans within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P≤ 0.05.

五、果肉硬度、總可溶性固形物及可滴定酸

由果實內部品質調查結果顯示，隨著果實生育日數增加，後熟後果肉硬度呈現下降趨勢，總可溶性固形物呈現上升趨勢，可滴定酸含量則大致呈現上升趨勢。果肉硬度以 D80 及 D90 最高，分別為 1.89 及 1.77 kg/cm²，此階段果實成熟度偏低，D100 為 1.61 kg/cm² 略為偏硬，而 D110、D120 及 D130 之果肉硬度數值相近為 1.45-1.49 kg/cm²。結果顯示，芒果‘台中 1 號’的果肉硬度低於 1.49 kg/cm² 才有較佳的食用品質表現(表五)。

總可溶性固形物含量於不同生育日數之各處理間皆有顯著性差異，D80 及 D90 的總可溶性固形物低於 15°Brix，尚未能展現芒果‘台中 1 號’的糖度及風味水平，而果實於 D110 時，總可溶性固形物達到 17.6°Brix，已具備此品種應有的風味及口感。D120 及 D130 之總可溶性固形物分別為 19.8 及 21.0°Brix，達到芒果‘台中 1 號’之高糖度特性。

表五、芒果‘台中 1 號’不同生育日數綠熟果後熟後之果實內部品質

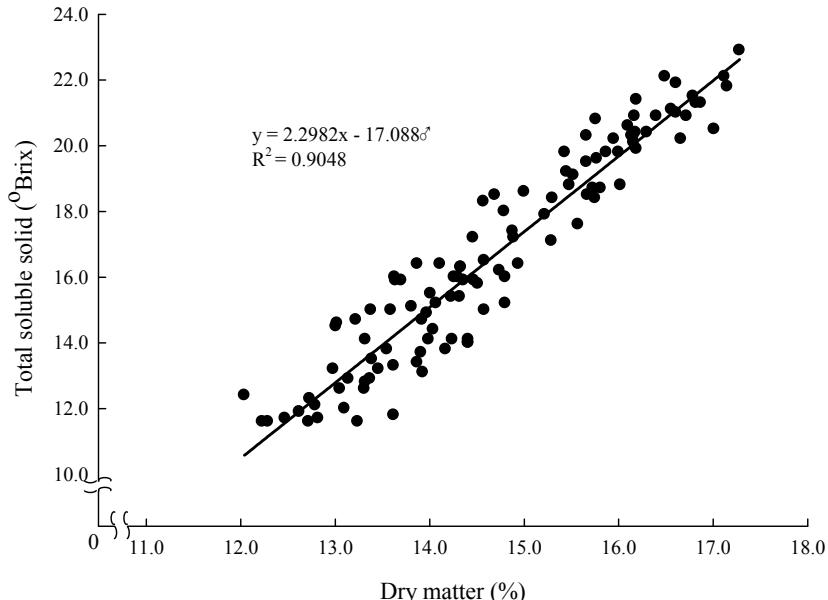
Table 5. Internal quality of mature green ‘Taichung No.1’ mango fruit after ripening at different days after full bloom (DAFB)

Days after full bloom	Pulp firmness (kg/cm ²)	Total soluble solid (°Brix)	Titratable acid (%)
D80	1.89 ± 0.56 a ^z	12.4 ± 0.8 f	0.13 ± 0.02 cd
D90	1.77 ± 0.34 ab	14.1 ± 1.1 e	0.13 ± 0.03 cd
D100	1.61 ± 0.26 bc	15.4 ± 0.7 d	0.12 ± 0.02 d
D110	1.49 ± 0.14 c	17.6 ± 1.0 c	0.14 ± 0.03 c
D120	1.48 ± 0.30 c	19.8 ± 1.0 b	0.17 ± 0.04 b
D130	1.45 ± 0.25 c	21.0 ± 0.9 a	0.24 ± 0.04 a

^zMeans within columns followed by the same letters are not significantly different by LSD test at P≤0.05.

六、果實非破壞性乾物重測定與後熟後總可溶性固形物之相關性分析

芒果‘台中 1 號’盛花後不同生育日數 D80、D90、D100、D110、D120 及 D130 之綠熟果果實，採收後以手持式非破壞性近紅外光果實品質測定儀量測乾物重。果實經碳化鈣催熟且後熟後切開果肉測定果實總可溶性固形物，彙整不同生育時期之果實分析數據，以採收乾物重(DM)與總可溶性固形物含量(TSS)數值進行線性相關性分析，結果顯示乾物重與總可溶性固形物呈現高度正相關($R^2 = 0.9048$)，隨著乾物重(DM)值上升，總可溶性固形物(TSS)值也跟著上升(圖三)。



圖三、芒果‘台中 1 號’綠熟果採收之非破壞性乾物重測定與後熟後總可溶性固形物之相關性。

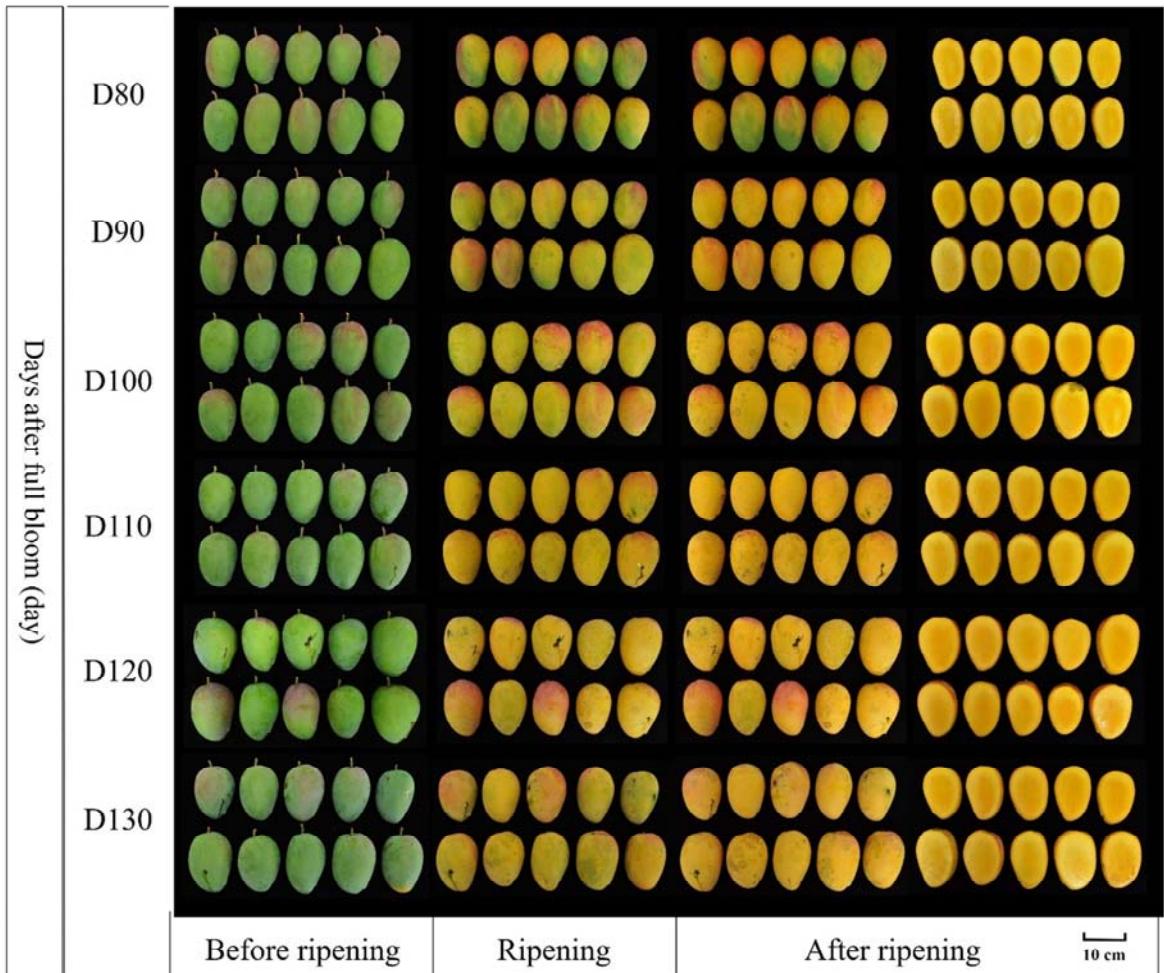
Fig. 3. Correlation between non-destructive measurement of dry matter in harvested mature green ‘Taichung No.1’ mango and total soluble solids after ripening.

七、果實催熟前後之顏色變化

不同生育日數處理組之果實於催熟前，果皮顏色皆呈綠色，主要差別在於果實大小(圖四)。另，觀察到 D130 處理組中，有少數果實底部已轉色變為橙黃色，此類果實在後熟後，靠近種核下方果肉容易出現生理劣變情形。

果實完成碳化鈣催熟處理取出時，大部分組別果皮顏色已開始轉黃和轉紅。然而，D80 處理組之果實可觀察到果梗端(上半部)明顯轉成紅黃色，但花柱端(下半部)維持綠色，呈現轉色不良的樣態。D90 處理組無上黃下綠的轉色不佳情形，果皮轉色程度優於 D80 處理組，但顏色仍偏黃綠。D100、D110、D120 及 D130 其他處理組果皮轉色情形相近，顏色為紅黃帶綠。

在果實後熟後，果皮外觀顏色除 D80 處理組果實外觀未能順利轉色外，D90、D100、D110、D120 及 D130 處理組皆能順利完成轉色。切開果肉顏色除 D80 及 D90 處理組有部分果實果肉略偏黃白色外，其他組別之果肉顏色皆為正常之橙黃色。



圖四、芒果‘台中1號’不同生育日數綠熟果催熟前後果實外觀及果肉顏色變化。

*Before ripening: 催熟前果實外觀; Ripening: 電石處理 48 小時催熟後; After ripening : 電石處理後常溫放置 5 天。

Fig. 4. Changes in fruit appearance and pulp color of mature green ‘Taichung No.1’mango at different days after full bloom (DAFB) before ripening, after 48h CaC_2 treatment (ripening), and following 5 days at ambient temperature post-treatment (after ripening).

*Before ripening: Appearance of the fruit before ripening; Ripening: 48 hours after calcium carbide treatment; After ripening: 5 days at room temperature after calcium carbide treatment.

討 論

芒果採收成熟度係決定果實風味及品質之重要關鍵，過早採收因果實成熟度不足而無法完成後熟，導致品質與風味不佳。若要求果實達到最佳的食用品質，於樹上黃熟時才採收，則容易有果品賞味期偏短或果實出現生理劣變的風險，而不利於銷售及長期儲運。臺灣芒果栽培品種多元，品種特性與栽培環境差異大，但一般栽培者的果實採收成熟度判斷主要以果實飽滿度、外觀型態、果皮顏色變化、果實生育日數、果實比重等方式(邱，2020；Slaughter, 2009)，由於各年度芒果果實生育期間的條件，如溫度、日射量及雨量等均有所變動，由上述判斷依據進行綠熟果採收期判定，常會造成果實品質差異過大，而降低果實品質的一致性與穩定性。因此，導入客觀的非破壞性近紅外光果實品質檢測模式，可提升綠熟果採收品質的一致性與穩定性，對於後續果品催熟處理時間及儲藏期的規劃都將有所助益。

本場育成芒果‘台中 1 號’可綠熟果採收，並利用催熟方式完成果實後熟。目前綠熟果採收多以盛花後生育日數作為判斷依據，但隨氣候環境及栽培條件改變，以相同生育日數為採收指標時，有果實品質不一的表現。此外，芒果‘台中 1 號’果實於樹上越趨近成熟時，果皮皮孔越明顯，果實也容易出現流膠情況。因此，為建立芒果台中 1 號適宜的綠熟果採收模式，維持良好的果實食用風味及品質，並降低果實流膠發生機率。本試驗以非破壞性近紅外光果實品質測定儀量測果實乾物重，探討芒果‘台中 1 號’綠熟果不同採收成熟度之果實乾物重與後熟後總可溶性固形物含量之相關性，結合果實外觀及果實品質分析，期能建立芒果‘台中 1 號’綠熟果採收成熟度之量化指標。

前人研究指出芒果乾物重含量與果實後熟後的品質有高度的相關性，果實採收之乾物重含量越高，果實後熟後果肉之總可溶性固形物含量越高，果實採收時的乾物重含量比直接由外觀判斷果實採收成熟度更值得信賴，以乾物重含量作為採收指標是一項可信賴的測量方法(Felix, 2019；Nassur *et al.*, 2013；Subedi *et al.*, 2007；Walsh & Anderson, 2016)。有別於傳統破壞性果實品質分析方式，使用近紅外光光譜之非破壞性測量方法已廣為果樹產業利用(Saranwong *et al.*, 2004)。研究顯示，澳洲芒果‘Kensington Pride’、‘R2E2’、‘Calypso’和‘Honey Gold’之採收乾物重含量分別為 15%、13%、15% 及 15% 以上時，其果實品質可達到消費者接受標準(Felix, 2019)。另，巴西芒果‘Palmer’和‘Tommy Atkins’夏果最低採收乾物重含量建議為 13.7% 及 14.4%(Freitas *et al.*, 2022)。

芒果‘台中 1 號’綠熟果採收乾物重含量與總可溶性固形物含量呈現高度正相關 $R^2 = 0.9048$ ，隨著綠熟果乾物重含量上升，後熟果實總可溶性固形物含量跟著上升。果實在盛花後 D80、D90、D100、D110、D120 及 D130，以手持式非破壞性近紅外光果實品質

測定儀測得綠熟果採收乾物重含量分別為 13.2、13.8、13.9、15.1、15.9 及 16.3%，經催熟後各處理果實乾物重均有增加情形(表一)，應與綠熟果催熟過程中澱粉轉換為可溶性醣類及果實水分散失有關。此外，後熟果實的總可溶性固形物含量也隨盛花後天數呈現上升趨勢，分別為 12.4、14.1、15.4、17.6、19.8 及 21.0°Brix。綜合本次各項調查結果，果實綠熟果採收乾物重含量為 15.1%時，後熟後測得總可溶性固形物含量 17.6 °Brix，此時果實外觀流膠指數 0.8 極為輕微、果重約達 500 g 以上，果實催熟後能順利後熟且果皮轉色正常，果肉硬度 1.49 kg/cm²，且食用風味佳，並可延長賞味期。因此，綠熟果以非破壞性近紅外光果實品質測定儀測定乾物重含量達 15%以上可視為芒果‘台中 1 號’果實採收成熟度之重要參考量化指標，透過省時便利且不損耗果實之非破壞性品質分析方式，有助於芒果‘台中 1 號’綠熟果採收成熟度之判斷，掌握合宜的採收時機，提升果實品質的穩定度。

參考文獻

1. 吳雅芳、林明瑩、鄭安秀、張錦興。2013。芒果病蟲害及相關生理病害。頁26-41。
芒果健康管理技術，臺南區農業改良場技術專刊第156 號。
2. 邱國棟。2020。芒果栽培管理果實採收後處理。園藝之友，201，24-29。
3. 張錦興。2016。愛文芒果果皮流膠病變發生原因之探討。臺南區農業改良場研究彙報，68，1-14。
4. 張錦興、林棟樑、黃秀雯、吳雅芳。2013。芒果採收後處理。頁42-47。芒果健康管理技術，臺南區農業改良場技術專刊第156 號。
5. 陳盟松、劉惠菱、葉文彬、謝慶昌、張致盛。芒果新品種‘臺中 1 號’之育成。臺中區農業改良場研究彙報，135，1-9。
6. 黃恩雄。1979。芒果採收時間要恰當-熟度判斷準確。豐年，29(13)，17-19。
https://kmweb.moa.gov.tw/redirect_files.php?id=121816.
7. 農業部。2024。農業統計資料查詢-統計書刊-農業統計年報 113 年。
<https://agrstat.moa.gov.tw/sdweb/public/book/Book.aspx>.
8. 劉銘峰、黃和炎。1993。芒果果實採收後品質劣變因素之探討。台南區農業專訊，3，11-13。
9. Amin, M., Malik, A. U., Mazhar, M., Shahzad, I-D., Khalid, M. S., Ahmad, S. 2008. Mango fruit desapping in relation time of harvesting. Pak. J. Bot. 40, 1587-1593.

10. Freitas, S.T., Guimaraes, I. T., Vilvert, J. C., Amaral, M. H. P., Brecht, J. K., Marques, A. T. B. 2022. Mango dry matter content at harvest to achieve high consumer quality of different cultivars in different growing seasons. *Postharvest Biol. Technol.*, 189, 111917.
11. Felix instruments - applied food science. 2019. Using dry matter as a measure of maturity & quality in mangos.
<https://felixinstruments.com/blog/using-dry-matter-as-a-measure-of-maturity-quality-in-mangos/>.
12. Jomngam, P., Julius, I. P., Shiesh, C. C. 2016. Mechanism and physiological changes of lenticel damage in mango. *Horticulture NCHU*, 41(1), 1-13.
13. Nassur, R. C. M. R., Crisosto, G., Freitas, S. T., Boas, E. V. B. V., Lima, L. C. O., Crisosto, C. 2013. Dry matter as a quality index for Brazilian mangoes.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84767/1/Sergio-2013-2.pdf>.
14. Pasquini, C. 2003. Near Infrared Spectroscopy: Fundamentals, Practical Aspects and Analytical Applications. *J. Braz. Chem. Soc.* 14(2): 198-219.
15. Walsh, B. K., Guthrie, J. A., Burney, J. W. 2000. Application of commercially available, low-cost, miniaturised NIR spectrometers to the assessment of the sugar content of intact fruit. *Aust. J. Plant Physiol.* 27:1175-1186.
16. Saranwong, S., Sornsrivichai, J., Kawano, S. 2004. Prediction of ripe-stage eating quality of mango fruit from its harvest quality measured nondestructively by near infrared spectroscopy. *Postharvest biology and technology*, 31, 137-145.
17. Slaughter, D. C. 2009. Nondestructive maturity assessment methods for mango: a review of literature and identification of future research needs. University of California, Davis.
18. Subedi, P., Walsh, K., Purdy, P. 2010. Determination of optimum maturity stages of mangoes using fruit spectral signatures. DOI 10.17660/ActaHortic.2013.992.64/Accessed December 10, 2025
19. Subedi, P., Walsh, K.B., Owens, G. 2007. Prediction of mango eating quality at harvest using short-wave near infrared spectrometry. *Post. Bio. Tech.* 43: 326-334.
20. Walsh, K., Anderson, N. 2016. Factors that influence dry matter. Australian mangoes.
<https://www.industry.mangoes.net.au/resources/resources-library/factors-that-influence-dry-matter/#>.

Establishment of Harvest Maturity Index of Dry Matter Content of Mature Green Fruit of Mango ‘Taichung No. 1’ Using Near-infrared Spectroscopy¹

Meng-Sung Chen ^{2*} and Ching-Yu Chou ²

ABSTRACT

Mango harvest maturity is a significant key to the determination of fruit quality. Mango harvest in Taiwan mainly depends on appearance and growth days of fruit. Nevertheless, the consistency and stability of fruit quality cannot be ensured due to the differences of variety characteristics and cultivation environment. Mango ‘Taichung No. 1’ has a unique flavor and can be harvested for mature green fruit. This experiment discusses the correlation between the dry matter content at different growth days and the total soluble solids content at completing ripening by using near-infrared non-destructive fruit quality measurement. The objective of this study is to establish a quantitative index for harvest maturity so as to hold on to the best harvest time. The result shows that the mature green fruit of mango ‘Taichung No. 1’ has a highly positive correlation ($R^2=0.9048$) between the dry matter content at harvest and the total soluble solids content at completing ripening. The D110 treatment shows that the dry matter at harvest is 15.1%, and the total soluble solids content at completing ripening is 17.6°Brix. In addition, the rating of resinous latex burnt from lenticels is very slight, and the weight of fruit is above 500g. The peel color of fruit also changes smoothly, and the edible flavor is good. Therefore, the dry matter content of mature green fruit above 15% will be a reference index of the harvest maturity for mango ‘Taichung No. 1’.

Keywords: mango ‘Taichung No. 1’, near-infrared spectroscopy, dry matter, harvest maturity

¹ Contribution No. 1109 from Taichung DARES, MOA.

² Associate Researcher of Taichung DARES, MOA.

³ Project Assistant of Taichung DARES, MOA.

* Corresponding Author: Meng-Sung Chen, Email:chenms@tcdares.gov.tw

