

蕃茄顏色之光電選別

Electro-Optical Color Sorting for Tomatoes

國立臺灣大學農機系副教授

陳 世 銘

Suming Chen

國立臺灣大學農機系研究生

謝 廣 文

Coang-Wen Shieh

摘 要

蕃茄之成熟度可以其表面的顏色來判斷。本研究進行蕃茄表面光學反射性質之分析，並建立蕃茄顏色（紅綠）選別之品質指標。根據此品質指標已成功地設計出顏色選別室，初步的性能試驗結果相當不錯。

關鍵詞：蕃茄、顏色選別、光電技術

Abstract

The surface color of tomatoes is highly correlated to their maturity. The optical properties of the tomato surface were studied and analyzed to set up the quality index for sorting red and green tomatoes. A color sorting unit was successfully designed and developed based on this quality index. Primary tests showed that the sorting unit exhibited a very satisfactory performance.

Keywords: TOMATOES, COLOR SORTING, ELECTRO-OPTICAL TECHNOLOGY

一、前 言

臺灣目前農產品之顏色選別，除食米及花生外，大部份皆用人工（即肉眼）來進行。人工選別顏色，有工資愈來愈貴、速度不夠快等問題，但最嚴重的缺點則為選別不易有客觀的標準。光電感測為一種非破壞性的偵測技術，若與微處理機結合，則可發展出速度快、精度高、具非破壞性、且自動化的選別裝置。本研究即針對蕃茄表面之紅綠顏色與成熟度的密切關係，利用蕃茄的光反射特性，結合光電元件與微電腦，發展出自動化的蕃茄顏色選別裝置。

二、研究目的

1. 分析蕃茄表面之光學性質，歸納出紅綠顏色選別之基本設計資料，並建立品質指標。
2. 設計蕃茄顏色選別室，並試驗其性能。

三、研究方法

顏色選別之機構如圖 1 所示，基本上可分為(a)進料部，(b)選別部，(c)控制部，以及(d)分級部。本論文僅先就選別部之設計進行研究。顏色選別為整部顏色分級機之重要關鍵所在，其設計與蕃茄之種類、品質指標之選定、光源與光感應器之選擇與配

合有密切的關係。試分述於下：

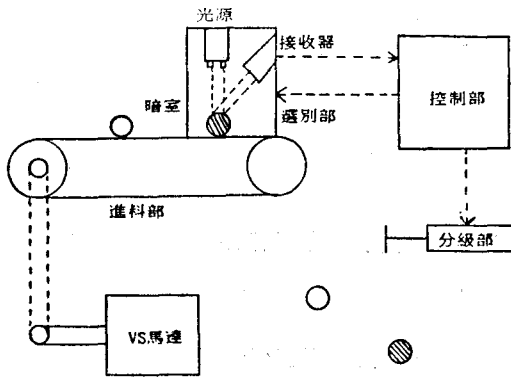


圖 1 蕃茄選別裝置示意圖

1. 蕃茄之種類

蕃茄之品種甚多，如依其用途，則可分為加工用與鮮食用兩大類。本實驗之加工用蕃茄以可果美與統一兩家公司（註）為代表，以日本電色工業株式會社製造之 ND-102DP 型色差計量測蕃茄表面顏色之 L、a、b 值，取樣時間為民國 76 年 2 月 20 日。鮮食用蕃茄則以超級市場所賣之黑柿品種為代表，以同型之色差計測其表面顏色。

2. 品質指標之選定

歸納國外文獻之資料，紅蕃茄及綠蕃茄之典型光譜反射特徵曲線如圖 2 所示。國內至目前為止尚無此類研究。國內品種之蕃茄表面反射性質必須先行測量才能建立用以分級顏色之品質指標。量測反射性質所使用之儀器為日本日立牌 3200 型分光光度計，量測之波長範圍為 250 至 800nm，實驗材料

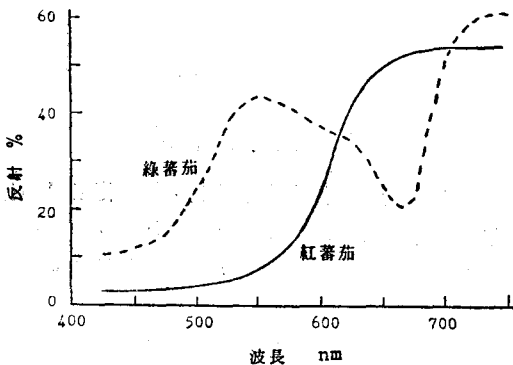


圖 2 光譜反射特徵曲線

註：提到統一及可果美兩家公司之名稱僅為說明實驗材料之來源，並無忽略其他蕃茄加工公司之意。

為超級市場購得之紅色、淺綠色及暗綠色三種鮮食用蕃茄。品質指標則由分析上述所得資料與遵循以下三原則而選定，細節部份將於下一節中討論。

- (a) 應與待測物被評估的品質有良好的關連性。
- (b) 應不受待測物本身其他物理性質之影響。
- (c) 應不受測量系統之影響。

3. 光源與光感應器之選擇

分光光度計所使用之光感應器為光電倍增管 (Photomultiplier)，其靈敏度較好，但價格甚貴。量測過程則在積分球之配合下進行，且分光設備甚是昂貴。針對將來應用推廣之考慮，本研究選用之光感應器有二型：Sharp 牌 PD-150 型之光二極體以及光電晶體。光源則採用 500W 之自然光燈泡，以紅色 (635 nm) 與綠色 (525nm) 之玻璃紙做為濾鏡。實驗數據則以色差計之標準白板做為比較之基準。

四、結果與討論

1. 蕃茄顏色

以色差計測得之加工用及鮮食用蕃茄之顏色數據列於表 1~3，L 值代表灰度，L=100 為純白，L=0 為純黑。a 代表紅綠之變化，正值表紅色之色度，負值表綠色之色度。b 值表黃藍之變化，正值表黃色之色度，負值表藍色之色度。由表 1~3 中知道加工用一級紅色蕃茄與鮮食用紅色蕃茄之 L、a 與 b 之數值相當接近，亦即彼此顏色非常類似。綠色蕃茄之 a 值皆為負值，符合原先之預期，然而由於綠色程度之差異使 L、a 與 b 之數值並不相同。如果選別之目的為挑選出紅色（成熟）之蕃茄，則加工與鮮食用蕃茄可用同一品質指標，因此純就分級紅綠蕃茄而言，加工與鮮食用蕃茄並無不同。若欲分類成更多等級，則須再進一步考慮品質指標之設定。

2. 品質指標

以日立牌 3200 型分光光度計測量鮮食用蕃茄之表面反射性質，其光譜反射特徵曲線如圖 3 所示。由圖 2 與圖 3 之資料顯示，在光波波長 550nm 至 680 nm 這段光譜曲域，紅色蕃茄與綠色蕃茄之光譜反射特徵曲線之斜率正好相反，即紅色蕃茄之斜率由 550 nm 至 680 nm 為漸增，而暗綠及淺綠色蕃茄為漸減。即紅蕃茄之斜率為正，而綠蕃茄為負。此為極明顯之差異，作為顏色選別之品質指標則再恰當不過。若以標準白板之反射率為 100%，

表1. 加工用蕃茄之顏色 (統一公司)

蕃 茄 \ 顏 色	L		a		b	
	平 均 值	標 準 差	平 均 值	標 準 差	平 均 值	標 準 差
紅 (一級)	29.77	1.32	14.14	2.70	11.32	0.96
紅 (二級)	33.63	2.18	5.62	3.09	13.42	1.75
半 紅	37.00	3.23	2.56	2.60	13.71	2.10
綠	36.68	0.92	- 3.33	2.24	13.65	1.51
蒂	34.99	5.88	0.36	3.17	10.13	3.04
表 面 損 傷	35.79	3.70	4.19	3.46	14.35	2.48

註：此數據僅表示於 76-2-20 全部原料中之部份樣本，並不代表該公司之品管標準。

表2. 加工用蕃茄之顏色 (可果美公司)

蕃 茄 \ 顏 色	L		a		b	
	平 均 值	標 準 差	平 均 值	標 準 差	平 均 值	標 準 差
紅 (一級)	29.94	1.21	14.87	1.60	11.29	1.43
紅 (二級)	32.66	1.22	7.45	3.21	13.16	1.30
蒂	27.98	5.33	- 0.02	3.58	8.00	2.06
表 面 損 傷	36.00	2.18	3.69	2.51	14.12	2.81
表 面 病 蟲 害	26.70	9.13	1.21	3.13	6.02	3.36

註：此數據僅表示於 76-2-20 全部原料中之部份樣本，並不代表該公司之品管標準。

表3. 鮮食用蕃茄之顏色

蕃 茄 \ 顏 色	L	a	b
紅	28.2	12.1	10.0
淺 綠	37	- 8.8	15.6
暗 綠	30	- 8.8	10.5

無反射時之反射率為 0%，R680表在波長 680nm 之反射率，R550 為在波長 550nm 之反射率，則選定品質指標 (Quality Index) QI 為

$$(QI)_1 = R680 - R550 \dots\dots\dots [1]$$

圖 3 之數據，以 $(QI)_1$ 表示，列於表 4。由表 4 之結果顯示，當蕃茄顏色為紅色時 QI 之值為正，綠色時為負，而依綠色之程度不同，QI 值亦有差異。因此利用式 1 中之品質指標 QI 之正負可用來

分級蕃茄之紅色或綠色。

3. 顏色選別室之設計

選別室基本上由光源及光感應器所組成。本研究分別以光二極體及光電晶體兩種光感應器進行設計。光二極體須配合放大電路，如圖 4 所示。光電晶體之接收電路如圖 5 所示，其中利用電阻將光電流轉換為電壓。光源以紅色與綠色濾鏡為分光之設計，而發射出紅光與綠光。因為如此所產生之光波長並非恰為 680 與 550nm，加以光感應器及量測環境與條件並不與分光光度計一致，因此 QI 須有所調整。針對選別室，其 QI 定義如下：

$$(QI)_2 = R_r/R_{r0} - R_g/R_{g0} \dots\dots\dots$$

- 其中 R_r = 蕃茄對紅光之反射電壓
- R_{r0} = 標準白板對紅光之反射電壓
- R_g = 蕃茄對綠光之反射電壓
- R_{g0} = 標準白板對綠光之反射電壓

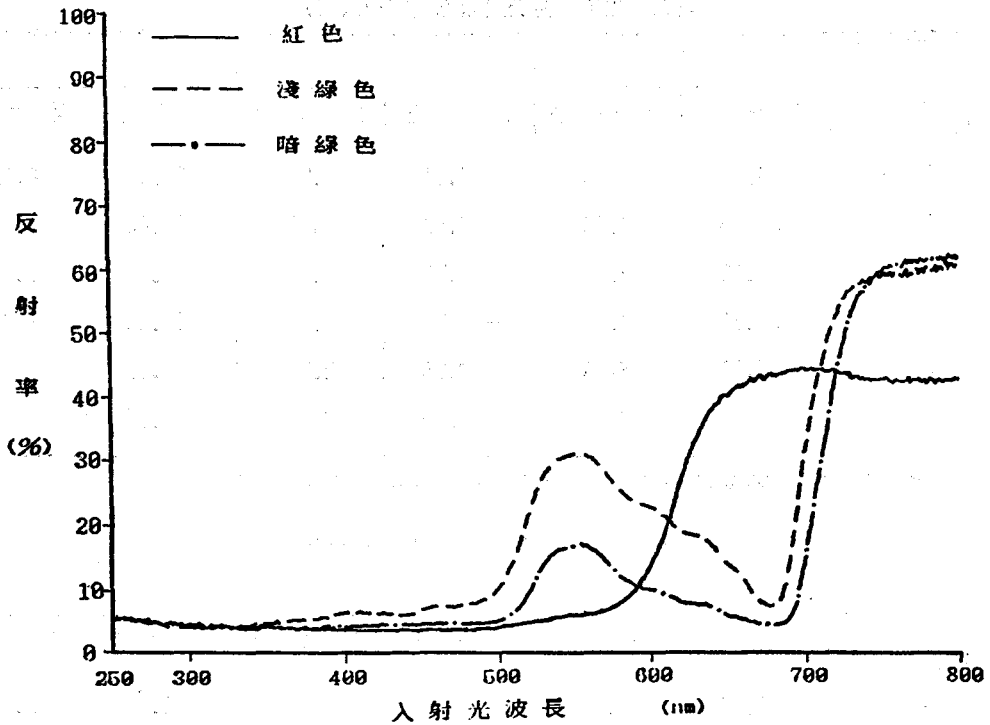


圖3 日立牌分光光度計所得之蕃茄反射曲線

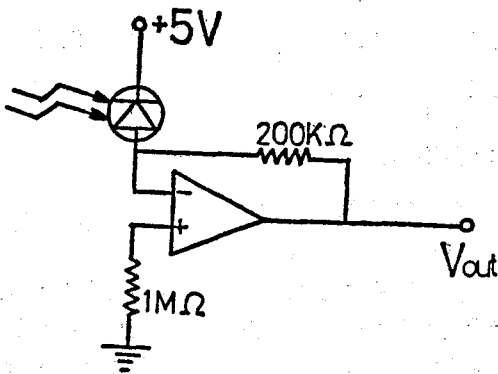


圖4 光二極體之接收電路

以與表4相同之蕃茄樣本置於選別室內，並以光二極體及光電晶所量得之 $(QI)_2$ ，列於表5及表6。其結果皆顯示紅色蕃茄之品質指標為正，而綠色蕃茄為負。此結論與分光光度計所測得之結果（表4）相符。唯表4～表6中之數據有差異，此乃不同感應器及測量環境與條件所造成。 $(QI)_1$ 為理論值，而 $(QI)_2$ 為選別室實際使用之品質指標。

4. 選別室之性能試驗

以7個鮮食用蕃茄進行選別室之性能試驗。兩組光感應器所使用之蕃茄、照射部位與狀況均相同

表4. 鮮食用蕃茄顏色分級之品質指標
(分光光度計)

蕃茄別	R680 (%)	R550 (%)	R680-R550	平均值
淺綠色	1	7.09	30.61	23.53
	2	7.18	30.72	23.55
	3	7.18	30.65	23.47
紅色	1	44.24	5.49	38.75
	2	44.38	5.48	38.90
	3	44.17	5.52	38.64
暗綠色	1	4.11	16.35	12.24
	2	4.15	16.42	12.27
	3	4.08	16.35	12.27

，其中所謂半紅者係指介於紅色與綠色之間，約為黃色。性能試驗之結果分別列於表7與表8。表7為以光二極體為感應器之性能試驗結果，結果指出 $(QI)_2$ 僅當蕃茄為紅色時為正，半紅色與綠色皆為負。表8為以光電晶體為感應器之性能試驗結果， $(QI)_2$ 則僅當蕃茄為綠色時為負，紅色及半紅色皆為正。因此如以挑選紅色蕃茄為目標，則光二極體之性能比較好，即較嚴格。反之，則以光電晶體較

表5. 鮮食用蕃茄顏色分級之品質指標 (光二極體)

蕃 茄 別	Rr (伏特)	Rro (伏特)	Rg (伏特)	Rgo (伏特)	Rr/Rro-Rg/Rgo (%) 指 標 值
淺 綠 色	0.8	2.0	0.8	1.8	- 4.44
紅 色	0.76	2.0	0.68	1.8	0.22
暗 綠 色	0.76	2.0	0.76	1.8	- 4.22

表6. 鮮食用蕃茄顏色分級之品質指標 (光電晶體)

蕃 茄 別	Rr (伏特)	Rro (伏特)	Rg (伏特)	Rgo (伏特)	Rr/Rro-Rg/Rgo (%) 指 標 值
淺 綠 色	6.8	7.45	7.3	7.45	- 6.71
紅 色	5.3	7.45	5.0	7.45	4.03
暗 綠 色	5.4	7.45	6.3	7.45	- 12.08

表7. 以光二極體為感應器之性能試驗結果

蕃 茄 編 號	顏 色	Rr	Rro	Rg	Rgo	Rr/Rro-Rg/Rgo (%) 指 標 值
		(伏特)	(伏特)	(伏特)	(伏特)	
1	紅 色	0.64	1.38	0.56	1.24	1.22
2	"	0.68	1.38	0.54	1.24	5.73
3	"	0.68	1.38	0.54	1.24	5.73
4	"	0.64	1.38	0.56	1.24	1.22
5	半 紅	0.55	1.38	0.52	1.24	- 2.08
6	"	0.60	1.38	0.56	1.24	- 1.68
7	綠 色	0.64	1.38	0.64	1.24	- 5.24

表8. 以光電晶體為感應器之性能試驗結果

蕃 茄 編 號	顏 色	Rr	Rro	Rg	Rgo	Rr/Rro-Rg/Rgo (%) 指 標 值
		(伏特)	(伏特)	(伏特)	(伏特)	
1	紅 色	6.5	7.45	5.8	7.45	9.40
2	"	7.1	7.45	6.0	7.45	14.77
3	"	7.1	7.45	6.0	7.45	14.77
4	"	6.6	7.45	5.8	7.45	10.74
5	半 紅	6.0	7.45	5.5	7.45	6.71
6	"	6.3	7.45	5.6	7.45	9.40
7	綠 色	6.8	7.45	7.0	7.45	- 2.68

恰當。事實上顏色分級之指標可以依實際需要而調整。如以光二極體為例，可選擇 $(QI)_2 > 0$ 為紅色， $-3 < (QI)_2 < 0$ 為半紅色， $(QI)_2 < -3$ 為綠色。光電晶體亦可同理作此設定。因此實驗中所使用之兩組光感應器皆能應用於多等級之顏色分級工作。事實上，光電晶體之構造為光二極體加上一個電晶體而成，基本上亦為光二極體之應用。

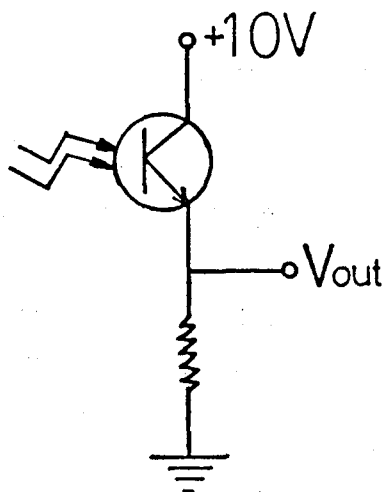


圖5 光電晶體之接收電路

五、結 論

以光電技術進行蕃茄之顏色選別，能建立客觀之分級標準，且有速度快、精度高、非破壞性偵測等優點。利用蕃茄表面之反射性能曲線在波長 550nm (綠光) 至 680 nm (紅光) 之斜率不同，已發展出適用之紅綠顏色分級指標。本研究已成功設計出顏色選別室，初步之性能試驗結果相當理想。除蕃茄外，此一研究成果亦可應用於其他的農產品與食品之分級作業。

六、檢 討 與 建 議

1. 本研究之重點在於紅綠蕃茄顏色之選別，至於不同程度之紅色或綠色則有待更進一步之研究。
2. 蕃茄表皮有可能遭受蟲害或晒傷、甚至長霉，亦是將來可研究之範疇。
3. 本研究之選別室僅注重功能之設計，尚未考慮處理速度之問題，如何配合進料機構而確保精度與速度是將來研究之另一課題。

七、誌 謝

1. 本研究承農委會76年度76農建-8.1-糧-54B計畫之經費補助，謹誌謝意。
2. 研究期間，承蒙統一公司、可果美公司之協助，特此誌謝。

八、參 考 資 料

1. 陳世銘，1987，蕃茄光電選別機之研製(-)，研究報告，國立臺灣大學農業機械工程學系，臺北。
2. 謝廣文，1987，蕃茄顏色光電選別之初步研究，研究報告，國立臺灣大學農業機械工程學系，臺北。
3. HERON, J. R. and ZACHARIAH, G.L. 1974. Automatic sorting of processing tomatoes. Tran. ASAE 17(5), 987-992.
4. Mohsenin, N.N. 1984. Electromagnetic radiation properties of foods and agricultural products. Gordon and Breach Science Publishers, New York.
5. O'BRIEN, M. and SARKAR, S. C. 1974. System for optical transmission characteristics for computerized grading tomatoes. Tran. ASAE 17(2), 193-194.
6. STEPHENSON, K.Q. 1974. Color sorting system for tomatoes. Tran. ASAE 17(6), 1185-1190.

專營土木、水利、建築等工程

義 峯 營 造 有 限 公 司

地址：宜蘭市和睦路35號 電話：(039)354150