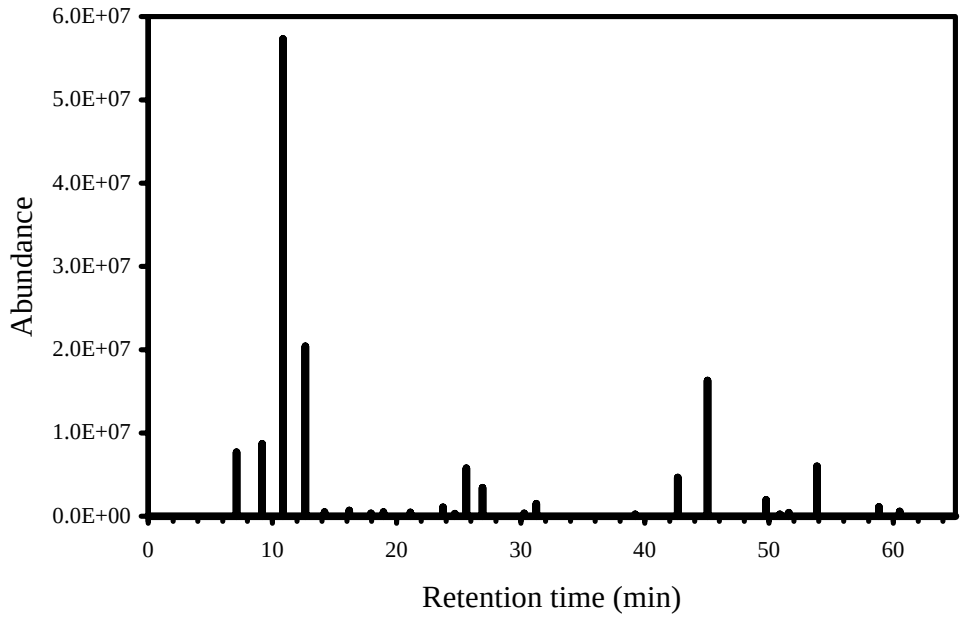
結果與討論

一、文旦果皮精油成分分析

將以超臨界二氧化碳萃取之文旦果皮的樣品以氣相層析質譜儀分析，並經系統資料庫比對後發現文旦之果皮含有超過 12 種以上的化合物（圖一），其中以檸檬精油（limonene）之相對積分面積 71.61% 爲最高，其他依序爲 7.87% 之 β-蒎烯(β-pinene)、3.57% 之苯(benzene)、2.16% 之 α-蒎烯(α-pinene)、0.92%之 oxypeucedanin、0.82% 之 naphthalene 及其他較少量之 azulene (0.31%)、2.6-octadienal (0.12%)及 cyclohexene (0.09%) 等化合物，以及遲滯時間(retention time) 發生於 45.05 分鐘與 53.85 分鐘的兩個未知化合物，其相對積分面積分別爲 5.24% 及 2.47%（表一）。根據研究指出，通常柑橘類果皮之精油中含有 95%以上的單帖烯類（monoterpenes）及半帖烯類（sesquiterpenes），而其中 90%以上爲 d-limonene（Shaw, 1979；Chen et. al., 1981；Chen et. al., 1984； Temelli et al., 1988；王等，1994；高，1994；Wang et. al., 1994），由此可見文旦精油之成分與一般柑橘類之主要成分是相似的。

柑橘類抽出之精油主要用於食品工業及化妝品上作爲添加劑或溶劑(高，1994)，如檸檬精油一般可作爲香料、增味劑及化學溶劑使用，而其不同旋光性之 d-limonene 經試驗證實其本身亦具有殺菌能力，在發酵液中 d-limonene 之濃度超過 1% 以上即能明顯的抑制微生物的生長(Barry, 1986；Chadstain et al., 1992)。α 及 β-蒎烯則可作爲合成樟腦及油漆之溶劑，苯更是一般常用的化學溶劑。這些物質皆具有一定之用途及經濟價值，因此，如能進一步加以純化，應該可以拓展文旦的應用領域。此外，文旦果皮還含有一些芳香及具藥性之物質，其具有特殊香味及殺菌等之效果（Middleton et. al., 1994；Benavente-Garcia et. al., 1997；朱，1998；晏等，2000），但這些都必須做更進一步的研究才能明瞭其功用及機制，而進一步的利用它。



圖一、文旦果皮抽出物之氣相層析質譜儀分析圖譜

Fig. 1. The GC/MS chromatogram of wentan pomelo peels extract.

表一、文旦果皮抽出物之氣相質譜儀分析結果

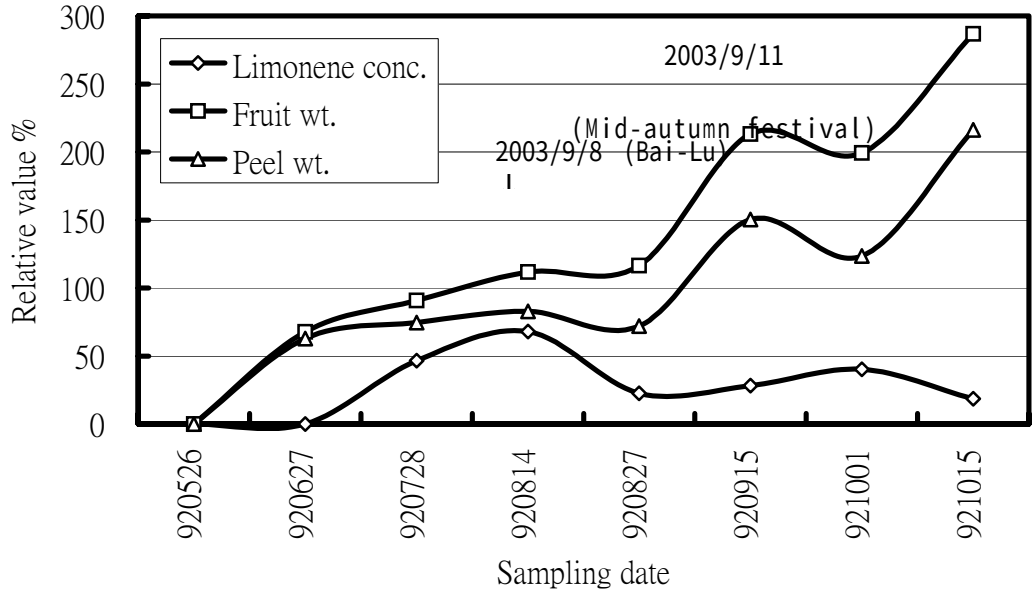
Table 1. The analyze results for peels extract of wentan pomelo by GC/MS.

Retention time (min)	Relative area (%)	Compound
7.12	2.16	α-Pinene
9.18	7.87	β-Pinene
10.86	71.61	Limonene
12.66	3.57	Benzene
18.95	0.12	2,6-Octadienal
21.11	0.09	Cyclohexene
26.92	0.82	Naphthalene
31.26	0.31	Azulene
45.05	5.24	Unknown
49.75	0.92	Oxypeucedanin
53.85	2.47	Unknown
	4.82	Other

二、不同成熟度文旦果皮精油含量之變化

圖二爲不同成熟度文旦果皮檸檬精油含量、果實重及果皮重之相對百分率比值隨採樣時間之變化圖。由圖形可以發現文旦果實及果皮隨著果實成熟度的增加而呈現穩定增加的趨勢，但是文旦果皮精油之含量卻在八月中旬達到最高峰，隨後則呈現降低之趨勢。民國 92 年的白露是 9 月 8 日，而中秋節則是 9 月 11 日，因此，由本研究之結果可以推論文旦果皮精油

之含量在八月中旬時之含量最高，因爲此時文旦果實已經完全成熟了，至於是否一定在中秋節前約一個月時最高，因本研究僅進行一年之調查，尚無法證實此項推論是否成立。另外，在圖形中顯示 10 月 1 日後文旦果皮精油之含量仍有少許增加，因民國 92 年在 9 月上旬前爲乾旱缺水狀態，一直到九月中旬才開始下雨，這是否是造成後期文旦果皮精油之含量上升的原因，則尚有待更進一步研究探討。



圖二、文旦果重、果皮重與檸檬精油含量隨採樣時間之變化圖

Fig. 2. The variations of fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo by different sampling time.

三、儲存對文旦精油變化之探討

本研究於中秋節兩週前採取成熟文旦一批，將其置於陰涼處，每隔七天進行一次調查，每次調查爲三重複，分析項目爲文旦果實重量、果皮重量、果皮及果實之相對百分率及檸檬精油之含量百分率。由表二之結果顯示除儲存第 21 天之資料差異較大外，其它的資料皆顯示文旦果實之重量及果皮重量隨著儲存時間的增加有顯著減少的趨勢，而果皮與果實相對百分率亦有相同降低的趨勢，但在第 28 天後則恢復到 14% 左右，表示在儲存初期文旦果皮水分減少的速率比文旦果肉減少的速度快，一直到約 25 天左右文旦果肉水分減少的速度才會快速增加，由於文旦果皮之水分在初期即已大量減少，因此，其相對比例就會提昇至 13% 至 14% 左右，但其差異皆未達顯著水準。至於文旦果皮檸檬精油之含量百分率隨著儲存時間的增加，初期因果皮水分蒸發，造成文旦果皮重量降低，因此，文旦果皮檸檬精油相對含量百分率呈現明顯增加的趨勢，而且這個趨勢一直維持到第 42 天。將文旦果實及果皮之重量與精油含量（10 倍濃度）之相對百分率比值對儲存時間作圖，可以發現其趨勢是相當明顯，並且呈現一種比例之關係（圖三），由相關分析之統計結果亦可證實。表三顯示檸檬精油含量百分率與

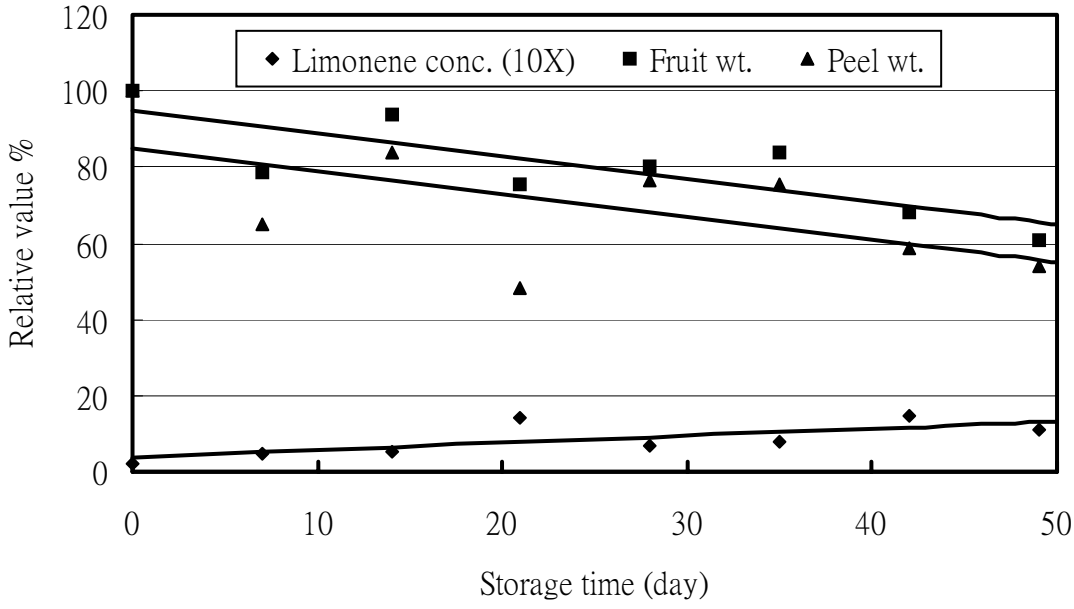
果實及果皮重量之相關係數分別高達-0.81 及-0.85，而與儲存時間之相關係數則爲 0.72，顯示檸檬精油含量百分率隨著儲存時間的增加而增加，而文旦果實及果皮重量則因隨著儲存時間的增加而減少，致使文旦果皮精油的相對含量增加。文旦果皮檸檬精油之含量百分率雖因爲儲存脫水造成其相對含量百分率的提高，但文旦果皮檸檬精油的量並沒有改變，因此，儲存並不影響文旦果皮檸檬精油的含量，不過文旦在脫水後果皮較軟，不容易加工，因此，並不利文旦果皮精油的萃取。

表二、不同儲存時間與文旦果重、果皮重、果皮與文旦果百分率及檸檬精油含量百分率比較表

Table 2. The comparisons of fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo by different storage time.

Storage time day	Fruit wt. g	Peel wt. g	Peel/Fruit %	Limonene %
0	443.97^{a*}	66.97^{a}	15.10^{a}	0.23^{d}
7	348.85^{abc}	43.36^{bcd}	12.35^{a}	0.45^{cd}
14	416.66^{ab}	56.03^{ab}	13.48^{a}	0.54^{cd}
21	308.37^{bc}	29.16^{d}	9.41^{a}	1.42^{a}
28	355.77^{abc}	51.35^{bc}	14.47^{a}	0.69^{bc}
35	371.97^{abc}	50.68^{bc}	13.59^{a}	0.81^{bc}
42	302.76^{bc}	39.25^{cd}	12.97^{a}	1.45^{a}
49	269.72^{c}	36.27^{cd}	14.00^{a}	1.09^{ab}

* : Means in the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.



圖三、文旦果重、果皮重與檸檬精油含量隨儲存時間之變化圖

Fig. 3. The variations of fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo by different

storage time.

表三、儲存時間、文旦果重、果皮重、果皮與文旦果百分率及檸檬精油含量百分率之相關係數表

Table 3. Correlation coefficients of storage time, fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo.

	Storage time (day)	Fruit wt. (g)	Peel wt. (g)	Peel/Fruit (%)	Limonene (%)
Storage time (day)	1.00				
Fruit wt. (g)	-0.84 [a*]	1.00			
Peel wt. (g)	-0.55 [a*]	0.87 [a]	1.00		
Peel/Fruit (%)	0.01 [a]	0.41 [a]	0.76 [a]	1.00	
Limonene (%)	0.72 [a]	-0.81 [a]	-0.85 [a]	-0.60 [a]	1.00

* : Means in the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

四、不同地點文旦果皮精油含量分析

根據王等人 (1994) 以不同方法對橘皮精油定量之影響的研究指出，以 10 克果皮（椪柑、桶柑、柳橙、晚崙西亞橙及柚子）加 100 毫升甲醇，萃取 20 分鐘，一次萃取的萃取效果最好，不過其他不同溶劑（乙醇、丙酮、正己烷和乙酸乙酯）、不同比率、不同萃取時間及不同萃取次數之差異並不顯著，均能得到相似之萃取效果。因此，本研究以 10 克新鮮文旦果皮粉碎後加入 20 毫升 95% 的乙醇，於室溫下以 120 rpm 振盪四小時，再以 3500 g 離心 15 分鐘後過濾，再進行文旦果皮精油含量之分析。許多研究結果指出柑橘類精油中檸檬精油的含量大多佔 90% 以上（王等，1994；Wang et. al., 1994），因此，本研究以乙醇萃取文旦果皮精油，並用氣相層析分析儀對檸檬精油進行定量，以檸檬精油的含量作爲評估文旦精油含量多寡的指標。

表四爲在同一個時間於瑞穗地區七個不同果園所採取的文旦之果重、果皮重、果皮及文旦果相對百分率及檸檬精油含量百分率之調查結果。這七個果園皆爲樹齡介於 15 至 20 年、無明顯的病蟲害及營養元素缺乏症狀之管理良好的文旦園。在採樣位置上，除 B 位於瑞美村外，其它六個採樣點皆位於瑞穗之海岸山脈，其採樣範圍約在三公里左右，可謂非常集中。由資料中可以發現，其果皮重、果皮及文旦果相對百分率皆無顯著差異，但其果重及檸檬精油含量百分率則有明顯的差異。因爲採樣的距離差異很小，其氣候及土壤特性的差異不大，所以可能是栽培管理不同所造成的影響。由資料中發現精油之最高及最低含量分別爲 0.61% 及 0.14%，其差異達 4.35 倍。顯示將來如果要以文旦果皮精油爲種植目標時，必須考慮不同的栽培管理對精油產量的影響，以提高產量並降低成本。

由相關分析發現文旦皮與果實之相對百分率與檸檬精油含量百分率之相關卻係數只有 0.30（表五），顯示文旦果皮及果實之相對百分率不是造成精油含量不同的主要因素，其它果重、果皮重與檸檬精油含量百分率之相關係數則更低，顯示文旦本身之大小與檸檬精油之含

量並無直接關係，因此，最有可能是因爲果農不同的栽培管理造成文旦果皮精油含量的差異，這一點則須再作進一步的研究及探討。

表四、不同地點之文旦果重、果皮重、果皮與文旦果百分率及檸檬精油含量百分率變化表較表

Table 4. The comparisons of fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo on different sites.

Site	Fruit wt. G	Peel wt. g	Peel/Fruit %	Limonene %
A	493.00^{bc*}	67.88^{a}	13.84^{a}	0.61^{a}
B	537.15^{abc}	69.42^{a}	12.87^{a}	0.45^{b}
C	534.88^{abc}	76.09^{a}	14.43^{a}	0.32^{bc}
D	613.42^{ab}	72.32^{a}	11.87^{a}	0.44^{b}
E	542.57^{abc}	60.91^{a}	11.26^{a}	0.21^{cd}
F	469.07^{c}	64.06^{a}	13.89^{a}	0.14^{d}
G	653.57^{a}	73.11^{a}	11.37^{a}	0.16^{cd}

* : Means in the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.

表五、文旦果重、果皮重、果皮與文旦果百分率及檸檬精油含量百分率之相關係數表

Table 5. Correlation coefficients of fruit weight, peel weight, peel/fruit, and limonene of wentan pomelo.

	Fruit wt. (g)	Peel wt. (g)	Peel/Fruit (%)	Limonene (%)
Fruit wt. (g)	1.00			
Peel wt. (g)	0.51^{a*}	1.00		
Peel/Fruit (%)	-0.73^{a}	0.21^{a}	1.00	
Limonene (%)	-0.19^{a}	0.21^{a}	0.30^{a}	1.00

* : Means in the column followed by the same letters are not significantly different at 5% level.