

東海大學食品科學研究所
Graduate Institute of Food Science
TUNGHAI UNIVERSITY

食品科技組碩士論文
Master Thesis of Food Technology Section

指導教授：蘇正德 博士
蔡正宗 博士

Advisor : Jeng-De Su, Ph. D.

Tsun-Chung Tsai, Ph. D.

諾麗果控溫發酵與諾麗葉茶理化及儲藏安定性之研究
Investigation of temperature-controlled fermentation of noni
fruit and study on physical-chemical properties and storage
stability of noni-leaf tea

研究生：徐佳伶 撰
Graduate Student : Jia-Ling Syu

中華民國一百年十二月
December, 2011

誌謝

即將告別東海食科系研究所生涯，回想起這兩年半的研究生活，內心充滿著感謝。首先，感謝恩師 郭俊欽教授、 蔡正宗教授以及 蘇正德教授於在學期間，言教身教的指導著我們立學處事的精神與態度，並於研究上悉心的予以指導與協助，恩師浩蕩，永銘於心，特以卷首，以表謝忱。此外，感謝 郭師母與 蔡師母於生活中給予關懷與照顧，讓學生在求學期間倍感溫馨與感動，在此致上萬分感謝。

文稿初成，承蒙 蔡正宗博士、蘇正德博士、江文德博士及張毅偉博士撥冗校閱及詳加斧正，並於學生口試時提供寶貴意見，使本論文更加嚴謹及完善，在此深表最誠摯的敬意與謝意。本研究承蒙珍果生技股份有限公司提供實驗材料，使學生得以順利完成論文，在此致上由衷感謝。

感謝所內老師們在課業的指導與鼓勵，並感謝王姐與系上助教的幫忙與照顧；感謝育玫、曉捷、敬義、麗娟、慧吟、佳宜、美燕、琪雅、永翰、昱成、柏村、善存、青蓉、百秀等學長姐於實驗與生活上的指導與照顧；感謝同窗好友如裕、巧馨、怡慧、瀟菽、曜寬、天成、冠閔相互支持與打氣；感謝芳伊、哲暉、彥蘋、燕燕、大盯、惠旻、胡小新、昭緯、瑋翔、小白、透抽、怡吩、小萱、小紅莓、小歐、敏純等許多活潑的學弟妹為我的研究生活帶來許多歡樂；感謝高中朋友毓珊、書秀、怡勤為我打氣加油與分擔煩惱；感謝宜汶、慧依、思蓓、雅婷、怡嬪、函君、曉清、Abby、Tinny、Shirley、Suke、Bowie 等室友給我精神上的支持與陪伴。

最要感謝的是我親愛的父母親、弟弟、爺爺奶奶以及疼愛我的兄弟

姐妹們，由其是我的爸爸媽媽，由於你們全力的支持、無悔的付出以及無限的愛與關懷，當我永遠的支柱與靠山，讓我能無後顧之憂地順利完成我的學業，真的辛苦你們了，超級愛你們的。最後也很感謝我們家的新成員承中，謝謝你這些年以來的陪伴與付出，當我難過或是遇到挫折時，能適時給予我力量與正面思考，讓我能你的避風港裡休息再出發，也謝謝承中家人秀春阿姨和承瑜把我當家人一樣對待並給予關心。

在此獻上我真摯的感謝，將此論文獻給我最愛的家人，願家人與我一同分享我的喜悅與成長。

徐佳伶 謹致於
東海大學食品科學研究所
食品儀器分析實驗室
中華民國一百年十二月

摘要

本研究以果實和葉子分兩部份：果實部分，是進行控溫發酵以探討其最佳製程。將諾麗果於 30°C、35°C、40°C 控溫下，分別發酵 0、1、2、3、4 週，觀察其功能性成分含量和生理活性之變化。結果顯示，發酵諾麗果汁於不同溫度發酵初期（一至二週）較有差異，其中適當的提高發酵溫度至 30°C，發酵第二週其生汁率短期內增加最快，且保有較高類黃酮、芸香素、東莨菪素及總酚化合物含量，而在 40°C 發酵下則具有較高之抗氧化能力。

茶是很實用的飲料，諾麗葉中含有多種抗氧化成分，適合調製諾麗葉茶，本研究探討諾麗葉最適沸水萃取條件並分析抗氧化物質以利產品的開發。新鮮之大、小諾麗葉經凍乾、揉搓兩種處理下，得到凍乾小諾麗葉（Freeze-dry small noni-leaf tea）、小諾麗葉揉茶（Rolling small noni-leaf tea）、大諾麗葉揉茶（Rolling big noni-leaf tea）三種樣品，經沸煮 15、30、45、60 分鐘來探討其最適沸水萃取時間及功能性物質含量、生理活性之變化，並進行喜好性官能品評，綜合以上以功能性物質含量變化和品評結果受青睞的諾麗葉茶結果，後續進行儲藏性試驗，探討諾麗葉茶於室溫下避光、室溫下不避光以及 4°C 下儲藏其安定性，並將小諾麗葉揉茶進行 HPLC 分離，減壓濃縮、凍乾並利用酸水解，初步定性兩種主要黃酮醇化合物，再利用 HPLC/MS/MS 鑑

定其化學物質之結構。結果顯示，以 60 分鐘沸煮之小諾麗葉揉茶中 Rutin 含量為大諾麗葉揉茶的 3.1 倍、凍乾小諾麗葉的 1.4 倍，且其類黃酮含量和抗氧化能力也比大諾麗葉揉茶和凍乾小諾麗葉來的高；以 60 分鐘萃取之三種諾麗茶官能品評結果仍以小諾麗葉揉茶品評結果受青睞。而其儲藏性分析中，以 4°C 下儲藏諾麗葉茶其功能性物質含量比不上室溫組別但較穩定，其次為室溫下不避光，而室溫下不避光的安定性最差。最後進一步利用 HPLC/MS/MS 鑑定，PEAK 4 及 PEAK 6 鑑定結果，可得知兩者分子量分別為 727.6 及 593.2，初步判定可能為 Kaempferol - (Glc + Rha + Xyl) 及 Kaempferol - (Glc + Rha)。

Abstract

This research divides into two parts : temperature-controlled fermentations of noni fruits and noni leaf tea. Noni fruit fermented at 30°C , 35°C and 40°C , for 0, 1, 2, 3, 4 weeks to investigate its yield and change in functional quality and physiological activity. Fermentation at 30 °C for two weeks gave better juice yield than others at initial fermentation period, better flavonoids, rutin, scopoletin and total phenolic compounds content whereas the fermentation at 40 °C showed higher antioxidant capacity.

Tea is a popular beverage. Noni leaf was found rich in flavonids. To find the optimal conditions for functional compounds extraction and analysis of the main flavonid compounds is conducive to product development. Three samples of freeze-dry small noni-leaf tea, rolling small noni-leaf tea and rolling big noni-leaf tea were prepared by boiling in water for 15、30、45 and 60 minutes. In general, rutin content of rolling small noni-leaf tea is 3.1 times that of rolling big noni-leaf tea, 1.4 times that of freeze-dry small noni-leaf tea. Rolling small noni-leaf tea exhibited best in functional component content, physiological activity. And its flavonoid content and antioxidant capacity is relatively high. Therefore, the three noni-leaf boiling in water for 60 minutes was choiced for sensory evaluation. Favor of rolling small noni leaf tea was found more popular.

Rolling small noni-leaf tea boiled in water for 60 minutes was prepared and stored at 4°C, room temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL) for one month. Rolling small noni-leaf tea stored at 4 °C

exhibited better stability in quality than samples at room temperature in dark, and samples under light.

Major flavonoid other than rutin was isolated by HPLC and identified with HPLC / MS / MS. Molecular weight of PEAK 4 and PEAK 6 was found to be 727.6 and 593.2, and chemical structure tentative concluded to be Kaempferol -(Glc + Rha + Xyl) and Kaempferol -(Glc + Rha) respectively.

目錄

	頁次
中文摘要.....	I
Abstract.....	III
目錄.....	V
圖索引.....	VIII
表索引.....	XI
附錄索引.....	XII
壹、前言.....	1
貳、文獻回顧.....	3
一、諾麗簡介.....	3
(一) 名稱.....	3
(二) 產地分佈.....	3
(三) 植物外觀.....	4
二、諾麗的化學成份.....	5
三、諾麗的主要功能性成份.....	18
(一) 酚類化合物.....	18
(二) 類黃酮.....	18
(三) 鞣質.....	19
(四) 芸香素.....	26
(五) 東莨菪素.....	26
四、諾麗之生理功效.....	27
(一) 抗氧化性.....	27
(二) 抑制微生物.....	29
(三) 抗病毒.....	30

(四) 抗發炎.....	37
(五) 止痛、鎮定.....	37
(六) 預防心血管疾病.....	38
(七) 預防癌症.....	39
(八) 賽洛寧.....	40
五、市面上諾麗的產品加工.....	40
(一) 傳統之諾麗果汁.....	44
(二) 非傳統之諾麗果汁.....	46
(三) 諾麗果粉.....	47
(四) 其他諾麗相關產品.....	47
六、茶的簡介.....	54
(一) 茶葉的分類.....	54
(二) 茶的製程原理.....	57
(三) 茶菁的化學成份.....	61
(四) 可溶性成份之萃取.....	69
(五) 官能品評-識茶.....	71
參、材料與方法.....	77
一、實驗架構.....	77
二、實驗材料.....	81
(一) 原料.....	81
(二) 試劑與試藥.....	81
三、儀器設備.....	82
四、實驗方法.....	85
(一) 理化性質分析.....	85
(二) 功能性化合物含量分析.....	86

(三) 生理活性分析.....	88
(四) 官能品評.....	92
(五) 諾麗葉茶儲藏安定性試驗.....	92
(六) 諾麗茶中功能性化合物及其衍生物之分離與鑑定.....	93
(七) 統計分析.....	95
肆、 結果與討論.....	96
Part 1 諾麗果控溫發酵之研究.....	96
一、理化性質分析.....	96
二、功能性化合物含量.....	106
三、生理活性分析.....	114
Part 2-1 諾麗葉茶最適萃取條件之研究.....	118
一、功能性化合物含量.....	118
二、生理活性分析.....	123
三、官能品評.....	125
Part 2-2 諾麗葉茶儲藏安定性分析.....	131
一、功能性化合物含量.....	131
二、生理活性分析.....	134
Part 2-3 諾麗葉茶功能性化合物鑑定與分析.....	140
一、諾麗葉茶定性分析與全波掃描圖譜.....	140
二、諾麗葉茶中類黃酮化合物之分離純化.....	140
三、諾麗葉茶之酸水解分析.....	141
四、LC/MS/MS 鑑定.....	142
伍、 結論.....	149
陸、 參考文獻.....	152
柒、 附錄.....	164

圖索引

	頁次
圖一、屏東的諾麗果樹.....	6
圖二、諾麗的葉子.....	6
圖三、諾麗果：綠色果實和花、綠色果實和成熟白色果實.....	7
圖四、諾麗果中已知之脂肪酸糖苷、醇糖苷和環烯醚萜類化合物之化學結構式.....	15
圖五、諾麗果中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蔥醌類化合物之化學結構式.....	16
圖六、諾麗果中已知之其他次級代謝產物之化學結構式.....	17
圖七、諾麗中化合物之化學結構式.....	20
圖八、酚類之基本結構.....	23
圖九、類黃酮之基本結構.....	23
圖十、類黃酮之結構.....	24
圖十一、(a) 縮合型單寧；(b) 水解型單寧之結構.....	25
圖十二、芸香素之結構.....	31
圖十三、東莨菪素之結構.....	31
圖十四、諾麗果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出之化合物 1、2 和 3 之結構.....	32
圖十五、諾麗葉乙醇萃取物所分離之化合物化學結構.....	35
圖十六、Citrifolioside 之結構式.....	41
圖十七、Citrifolinin A 之結構式.....	41
圖十八、諾麗之賽洛寧系統.....	42
圖十九、國內直銷之諾麗果汁.....	43
圖二十、傳統諾麗果汁製程.....	45

圖二十一、非傳統諾麗果汁製程.....	46
圖二十二、諾麗果粉製程.....	49
圖二十三、各種成茶之製造流程圖.....	56
圖二十四、茶紅質之生成途徑.....	59
圖二十五、茶黃質之生成途徑.....	60
圖二十六、茶菁中各兒茶素之化學結構.....	65
圖二十七、黃酮醇類之結構式.....	66
圖二十八、不同熟成階段的諾麗果.....	98
圖二十九、(a)40°C發酵第一週;(b)40°C發酵第四週後的諾麗果.....	99
圖三十、諾麗果於發酵期間對果汁產率的影響.....	100
圖三十一、諾麗果於發酵期間對 pH 值的影響.....	100
圖三十二、諾麗果於發酵期間對可溶性固形物含量的影響.....	101
圖三十三、諾麗果於發酵期間對亮度 (L* 值) 的影響.....	103
圖三十四、諾麗果於發酵期間對 a* 值的影響.....	104
圖三十五、諾麗果於發酵期間對 b* 值的影響.....	105
圖三十六、諾麗果於發酵期間對總酚化合物的影響.....	108
圖三十七、諾麗果於發酵期間對類黃酮的影響.....	109
圖三十八、諾麗果於發酵期間對縮合單寧的影響.....	110
圖三十九、諾麗果於發酵期間對東莨菪素的影響.....	112
圖四十、諾麗果於發酵期間對芸香素含量的影響.....	113
圖四十一、諾麗果於發酵期間對 (a) DPPH 自由基清除能力;(b) BHA 當量的影響.....	116
圖四十二、諾麗果於發酵期間對 (a) ABTS· ⁺ 自由基清除能力;(b) Trolox 當量的影響.....	117
圖四十三、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中總酚化合物之影	

響.....	120
圖四十四、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中類黃酮之影響..	121
圖四十五、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中縮合單寧之影響.....	122
圖四十六、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中芸香素含量之影響.....	127
圖四十七、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中 (a) DPPH 自由基清除能力；(b) BHA 當量之影響.....	128
圖四十八、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中 (a) ABTS · ⁺ 自由基清除能力之影響；(b) Trolox 當量.....	129
圖四十九、小諾麗葉揉茶經儲藏後總酚之變化.....	132
圖五十、小諾麗葉揉茶經儲藏後類黃酮之變化.....	133
圖五十一、小諾麗葉揉茶經儲藏後縮合單寧之變化.....	136
圖五十二、小諾麗葉揉茶經儲藏後芸香素含量之變化.....	137
圖五十三、小諾麗葉揉茶儲藏時間及光照與否對 (a) DPPH 自由基清除能力之影響；(b) BHA 當量.....	138
圖五十四、小諾麗葉揉茶儲藏時間及光照與否對 (a) ABTS · ⁺ 自由基清除能力之影響；(b) Trolox 當量.....	139
圖五十五、諾麗葉茶之 HPLC 全波掃描層析圖.....	144
圖五十六、分離濃縮諾麗葉茶之半製備型高效液相層析圖.....	145
圖五十七、諾麗葉茶中五個純物質水解後與標準品之 HPLC 層析圖.....	146
圖五十八、化合物 4 之液相層析-質譜圖.....	147
圖五十九、化合物 6 之液相層析-質譜圖.....	148

表索引

頁次

表一、諾麗果實在成熟過程中其表面顏色和硬度之演變.....	8
表二、諾麗果在不同之成長階段下之可能產量.....	9
表三、諾麗果汁之物化組成.....	10
表四、成熟之諾麗果之揮發性化學成分.....	11
表五、諾麗果中已知之化學組成份.....	13
表六、化合物在植物中存在之部位.....	21
表七、諾麗傳統使用的療效.....	33
表八、諾麗果萃取物之抑菌能力.....	36
表九、諾麗果產品及功效分析.....	50
表十、諾麗果 (<i>Morinda citrifolia</i>) 專利分析.....	51
表十一、茶菁的一般組成份.....	63
表十二、茶菁中主要的多酚化合物成份及其含量.....	64
表十三、茶品質分級的檢視標準.....	73
表十四、諾麗葉茶之官能評估.....	130

附錄索引

	頁次
附錄一、沒食子酸之標準曲線圖.....	164
附錄二、槲皮酮之標準曲線圖.....	165
附錄三、兒茶素之標準曲線圖.....	165
附錄四、東莨菪素之標準曲線圖.....	166
附錄五、芸香素之標準曲線圖.....	166
附錄六、BHA 之標準曲線圖.....	167
附錄七、Trolox 之標準曲線圖.....	167
附錄八、官能品評表.....	168
附錄九、不同發酵時間的諾麗果汁之產率.....	169
附錄十、不同發酵時間的諾麗果汁之 pH 值.....	169
附錄十一、不同發酵時間的諾麗果汁之可溶性固形物.....	170
附錄十二、不同發酵時間的諾麗果汁之 L*值.....	171
附錄十三、不同發酵時間的諾麗果汁之 a*值.....	172
附錄十四、不同發酵時間的諾麗果汁之 b*值.....	173
附錄十五、不同發酵時間的諾麗果汁之總酚含量.....	174
附錄十六、不同發酵時間的諾麗果汁之類黃酮含量.....	175
附錄十七、不同發酵時間的諾麗果汁之縮合單寧含量.....	176
附錄十八、不同發酵時間的諾麗果汁之東莨菪素含量.....	177
附錄十九、不同發酵時間的諾麗果汁之芸香素含量.....	178
附錄二十、不同發酵時間的諾麗果汁之 DPPH 自由基掃除能力...179	
附錄二十一、不同發酵時間的諾麗果汁之總抗氧化能力.....	180
附錄二十二、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的總酚化合物 變化.....	181

附錄二十三、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的類黃酮變化.....	182
附錄二十四、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的縮合單寧變化.....	183
附錄二十五、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的芸香素變化.....	184
附錄二十六、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的 DPPH 自由基掃除能力變化.....	185
附錄二十七、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的 ABTS ^{·+} 自由基掃除能力變化.....	186
附錄二十八、小諾麗葉揉茶經儲存後總酚之變化.....	187
附錄二十九、小諾麗葉揉茶經儲存後類黃酮之變化.....	188
附錄三十、小諾麗葉揉茶經儲存後縮合單寧之變化.....	189
附錄三十一、小諾麗葉揉茶經儲存芸香素後之變化.....	190
附錄三十二、小諾麗葉揉茶經儲存後 DPPH 自由基掃除能力之變化.....	191
附錄三十三、小諾麗葉揉茶經儲存後總抗氧化之變化.....	192
附錄三十四、諾麗葉茶中八個種化合物之全波掃描圖譜.....	193
附錄三十五、濃縮諾麗葉茶經不同比例沖提液之半製備型高效液相層析圖.....	194
附錄三十六、化合物 4 之液相層析-質譜圖.....	195
附錄三十七、化合物 6 之液相層析-質譜圖.....	196
附錄三十八、諾麗果控溫發酵汁於不同儲藏時間之總結論.....	197
附錄三十九、諾麗葉最佳萃取條件之總結論.....	198

壹、前言

隨著文明進步與社會環境的變遷，人們的飲食觀念也從吃得飽轉變為吃得好、吃得巧，但高血壓、糖尿病、心臟病、癌症等重大死亡慢性疾病也伴隨而來，且有逐年有增加的趨勢。近年來健康意識抬頭，與其吃的好，現代人更要求吃得健康。而隨著健康觀念的增長，這樣的風氣使的國人預防或治療疾病的發生，除了積極地運動強身外，藉由日常飲食來維持健康，是最直接也是最容易的方式。

Noni (諾麗) (*Morinda citrifolia*) 為一種常綠灌木的熱帶植物，熱帶與亞熱帶地區皆能發現其蹤跡 (Yang et al., 2007a)，主要盛產於南太平洋群島。在波利尼西亞，被當地居民當作食品兼藥物長達 2000 多年，被視為能治百病的萬靈藥 (羅, 2009; Yang et al., 2007b)。諾麗的果實、根、莖、葉、花及樹皮都具有對人體有益的功能性化合物 (Yang et al., 2007; 羅, 2009; 張, 2009)。近十年已有多項對諾麗之研究，主要著重於果實與葉的機能成分與功效，大約有 200 多種植物化學成分被鑑定出 (Pawlus & Kinghorn, 2007)。研究指出，諾麗含蒽醌 (anthraquinone)、東莨菪素 (scopoletin)、芸香素 (rutin)、類黃酮 (flavonoid) 等多種酚類物質，能提供抗菌、抗癌、抗氧化、免疫調節、止痛及改善心血管疾病等功能 (Wang et al., 2002; Chan-Blanco et al., 2006)。

然而，傳統諾麗果汁之發酵時間需花費二至三個月，不僅曠日費

時，還會增加堆積成本。而文獻也指出經一個月與二個月發酵，諾麗果汁之產量分別為 57.8% 和 63.9% (Newton, 2003)。而長時間之發酵會降低果汁之有效功能性，文獻指出長時間之發酵會降低諾麗果汁之 DPPH 自由基清除能力，破壞不穩定之抗氧化物，例如：ascorbic acid (Yang et al., 2007)。而諾麗果汁中之東莨菪素與芸香素功能性化合物亦會有減少之趨勢 (Chan-Blanco et al., 2007)。

本研究以果實和葉子分兩部份，首先，諾麗果於 30°C、35°C、40°C 控溫下，分別發酵 0、1、2、3、4 週，觀察其理化性質、功能性物質含量變化和生理活性來探討部份發酵諾麗果汁之較佳發酵時間，希望適當提高發酵溫度以加速諾麗果發酵，縮短生產製程。

將凍乾小諾麗葉 (Freeze-dry small noni-leaf tea)、小諾麗葉揉茶 (Rolling small noni-leaf tea)、大諾麗葉揉茶 (Rolling big noni-leaf tea) 三種樣品經沸煮 15、30、45、60 分鐘來探討其最適之萃取時間及功能性變化，並以最佳的萃取時間萃取三種諾麗茶來進行官能品評；綜合以上以功能性物質含量高且品評結果受青睞的諾麗葉，進行後續儲藏性試驗，於室溫下避光、室溫下不避光以及 4°C 避光下儲藏四週，探討其功能性物質變化；除此之外，利用製備型 HPLC 分離純化，並進行酸水解來初步定性諾麗葉中主要兩種黃酮醇化合物，再經由 HPLC/MS/MS 鑑定其主要化學結構。由於諾麗葉的研究沒有諾麗果汁研究廣，因此本研究可以作為日後諾麗葉相關研究之參考。

貳、文獻回顧

一、 諾麗簡介

(一) 名稱

諾麗，檄樹，學名為海巴戟天 (*Morinda citrifolia* Linn.)，屬於最常見的品種，隸屬茜草科 (Rubiaceae)，其拉丁語學名的屬名“*Morinda*”是指產在印度且果實像桑椹的，種名“*critifolia*”意為像菊花的花，因為常生長於海岸，故名海巴戟天，而 noni 為其俗名 (郭，2006)，此名稱源自於夏威夷及波里尼西亞等地 (Nelson, 2001)，為目前商業上最廣泛使用的名稱 (Nelson and Elevitch, 2006)。此種植物在全世界約有八十種，而依據其栽種地方之不同則具有不同的俗名，如印度稱為桑椹，故又名印度桑椹 (Indian mulberry)、nuna 或 ach 之稱；馬來西亞則稱之 mengkudu；東南亞則稱之 nhau；加勒比海則稱之 painkiller bush；澳大利亞則稱之 cheese fruit；另外還有 ba ji tian、nono 及 nonu 等俗名 (Samoylenko et al., 2006)。台灣文獻則稱檄樹、水冬瓜、紅珠樹，其他別名還包括蘿梨、四季果、精力果、長壽果等 (陳等，2007a)。

(二) 產地分佈

諾麗為熱帶植物，產於南太平洋群島及澳大利亞，包括菲律賓、夏威夷、馬來西亞、印尼和薩摩亞群島等，現今已被栽種於許多熱帶地區，包括波里尼西亞、印度、哥倫比海、拉丁美洲、墨西哥、哥倫比亞、委

內瑞拉、哥斯大黎加、巴拿馬、佛羅里達州和西印度群島等 (Dixon et al., 1999)。亦適合生長於台灣中南部之溫溼氣候，在恆春、蘭嶼等地有原生的諾麗樹，近幾年來有越來越多的農民引進作大規模的栽種，目前在雲林、嘉義、台南、屏東等地都有諾麗的生產 (羅，2009)。

(三) 植物外觀

諾麗是一種生長於海岸線的長綠矮灌木，為直立性的常綠小喬木(圖一)，從海平面到海拔 1300 公尺的森林區域都可以發現其蹤跡 (Wang et al., 2002)。高約 3-10 公尺，葉片具短柄、對生，形狀為橢圓形、亮綠色且葉脈深 (長約 5-17 公分，寬約 10-40 公分)，如圖二所示。其花為小管狀的白花，聚集生長於花梗上。其葉柄似環狀地分布於花梗周圍，其花冠呈白綠色 (Ross, 2001)。諾麗果實為肥胖橢圓形 (長約 3-10 公分，寬約 3-6 公分)，外觀呈凸起狀，狀似手榴彈，係由許多小白花聚集轉變而成之聚合果，如圖三所示。果實具有輕微的皺紋，表面覆蓋著淡紅棕色之小葉芽，葉芽中含有種子，未成熟的果實為亮綠色，成熟後果實逐漸軟化而轉為半透明的黃色或白色，如表一所示，熟果具有令人不悅的丁酸腐臭味和皂素觸感 (Morton, 1992)。而果泥多汁具苦味，呈黃色或乳白色之凝膠狀。成熟之果實表面具有許多堅硬呈紅棕色三角狀之凹處，每個凹處皆含有四個種子 (約 3.5 mm) (Dittmar, 1993)，種子中心為中空子囊而具有浮力，在海上漂流一段時間後仍可發芽，這可能是諾麗可廣泛分布於世界各地的原因 (Potterat & Hamburger, 2007)，且四季

皆可開花結果，仲夏至秋季為其盛產期。其果實產量會隨著成長階段之不同而有所影響，如表二所示 (Nelson, 2003)。

二、 諾麗的化學成份

諾麗果汁之物化性質之組成已有研究指出，部分組成如表三所示 (Chan-Blanco et al., 2006)。諾麗果汁中含有三種必需維生素，抗壞血酸 (Vc)、硫胺素 (VB1) 和烟酰胺 (VB5)，含量分別為 0.354 mg/mL、0.0663 mg/mL 和 0.131 mg/mL，可作為維生素缺乏的營養補充劑 (李等，2006)。

從諾麗果中分離得到約五十一種揮發性化學成分，其中以辛酸 (octanoic acid)、己酸 (hexanoic acid)、3-methyl-3-buten-1-ol、東莨菪素 (scopoletin) 和癸酸 (decanoic acid) 為含量較多之成分，佔了大約 85 % 的含量，此五十一種揮發性化學成分如表四所示 (Farine et al., 1996)。

。現今，諾麗植物中已知之化學組成包含 fatty acid glycosides、alcohols glycosides、iridoid glycosides、flavonol glycosides、lignans、coumarins 和 anthraquinones 等，其化學組成份如表五所示，圖四、五和六為化學組成份之化學結構式 (Potterat and Hamburger, 2007)。

而大約有 160 種植物性化合物 (phytochemical compounds) 已被鑑定出來，其主要的微量營養素為酚類化合物、有機酸和生物鹼 (Wang and Su, 2001)。其中最重要的酚類化合物主要為蒽醌化合物 (anthraquinones)，包括 damnacanthal、桑色素酞 (morindone)、檉樹苷 (morindin)、茜



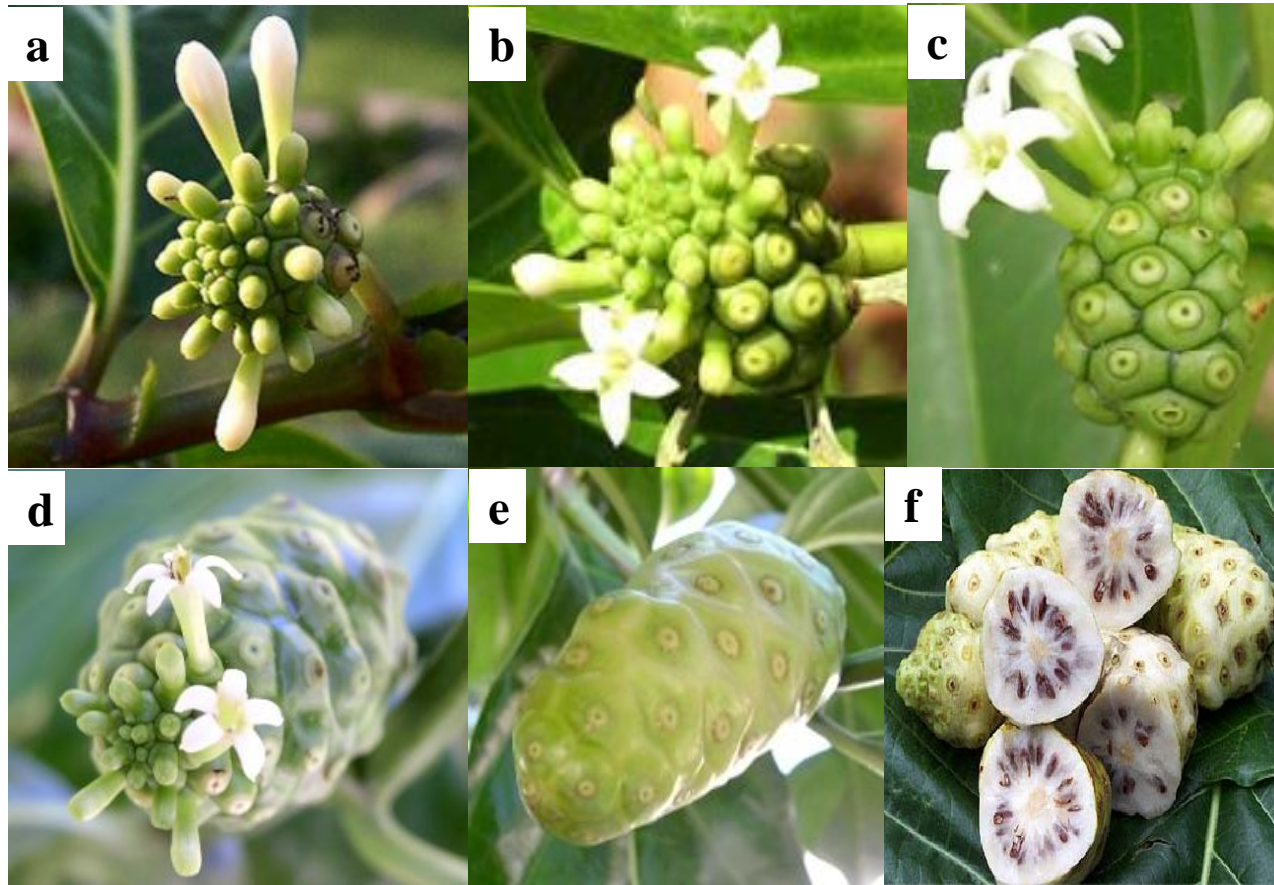
圖一、屏東的諾麗果樹。

Fig. 1. Noni tree in Pingdong.



圖二、諾麗的葉子。

Fig. 2. Noni leaves.



圖三、諾麗果：綠色果實和花^(a-d)、綠色果實^(e) 和成熟白色果實^(f)。

Fig. 3. Noni fruit: young green fruit with flowers^(a-d), green fruit^(e), and mature white fruit^(f).

表一、諾麗果實在成熟過程中其表面顏色和硬度之演變

Table 1. Evolution of noni fruit skin colour and firmness in the course of ripening

Maturity stage	Colour	Firmness
1	Dark green	Very hard
2	Green-yellow	Very hard
3	Pale yellow	Very hard
4	Pale yellow	Fairly hard
5	Translucent-grayish	Soft

(Chan-Blanco et al., 2006)

表二、諾麗果在不同成長階段下之可能產量

Table 2. Possible yields of noni fruits at various growth stages

Month	Expected fruit yield*
0-9	Seedlings grown in nursery, no fruit production
9	Transplant into field, no fruit production
12-24 (year 1)	2 lbs fruit per plant per month (i.e., 24 lbs per plant per year 1)
24-36 (year 2)	4 lbs fruit per plant per month (i.e., 48 lbs per plant per year 2)
36-48 (year 3)	8 lbs fruit per plant per month (i.e., 96 lbs per plant per year 3)
48-60 (year 4)	15 lbs fruit per plant per month (i.e., 180 lbs per plant per year 4)
60-72 (year 5)	20 lbs fruit per plant per month (i.e., 240 lbs per plant per year 5)

*Realistic estimates based on excellent farm management practices and growing conditions. Actual yields may vary.

(Nelson, 2003)

表三、諾麗果汁之物化組成

Table 3. Physico-chemical composition of noni juice

Characteristics	Chunhieng (2003) ^a	Shovic and Whistler (2001) ^a	European Commission (2002) ^b
pH-value	3.72	-	3.4-3.6
Dry matter	9.8 ± 0.4 %	-	10-11 %
Total soluble solids	8	-	-
Protein content	2.5 %	0.4 g/100 g	0.2-0.5 %
Lipid	0.15 %	0.30 g/100 g	0.1-0.2 %
Glucose	11.9 ± 0.2 g/L	-	3.0-4.0 g/100 g
Fructose	8.2 ± 0.2 g/L	-	3.0-4.0 g/100 g
Potassium	39 00 mg/L	188 mg/100 g	30-150 mg/100 g
Sodium	214 mg/L	21 mg/100 g	15-40 mg/100 g
Magnesium	14 mg/L	14.5 mg/100 g	3-12 mg/100 g
Calcium	28 mg/L	41.7 mg/100 g	20-25 mg/100 g
Vitamin C	-	155 mg/100 g	3-25 mg/100 g

^a Noni fruit.

^b Tahitian Noni™ Juice (Commercial noni juice that contain 89 % noni juice and 11 % common grape and blueberry juice concentrates) .

- Mean no determination.

(Chan-Blanco et al., 2006)

表四、成熟之諾麗果之揮發性化學成分

Table 4. Identified volatile compounds from ripe noni fruits

Compounds	MW	Identification*	%	ppm
Acids				
Acetic	60	a,b,c	0.04	0.02
2-Methyl propanoic	88	a,b	0.11	0.05
Butanoic	88	a,b,c	0.71	0.31
2-Methylbutanoic	102	a,b	0.54	0.23
Hexanoic	116	a,b,c	19.24	8.26
3-Methylthiopropoic	120	a,b	0.41	0.18
Benzoic	122	a,b,c	0.19	0.08
Heptanoic	130	a,b,c	0.09	0.04
Octanoic	144	a,b,c	58	24.98
Hexanedioic	146	a,b	0.08	0.03
Nonanoic	158	a,b	0.03	0.01
Decanoic	172	a,b,c	1.54	0.66
Undecanoic	186	a,b,c	0.03	0.02
Lauric	200	a,b,c	0.16	0.07
Myristic	228	a,b,c	0.14	0.06
Palmitic	256	a,b,c	0.49	0.21
Linoleic	280	a,b,c	0.05	0.02
Elaidic	282	a,b,c	0.29	0.12
Oleic	282	a,b,c	0.06	0.03
(Z,Z,Z)-8,11,14-Eicosatrienoic	306	a,b	0.68	0.3
Total			82.88	35.68
Alcohols				
1-Butanol	72	a,b,c	0.07	0.03
3-Methyl-3-buten-1-ol	86	a,b	4.13	1.78
3-Methyl-2-buten-1-ol	86	a,b	0.3	0.13
1-Hexanol	102	a,b,c	0.11	0.05
Benzyl alcohol	108	a,b,c	0.05	0.02
Eugenol	164	a,b	0.03	0.01
(Z,Z) -2,5-Undecadien-1-ol	168	a,b	0.41	0.18
Total			5.1	2.2
Ketones				
3-Hydroxy-2-butanone	88	a,b,c	0.06	0.03
2-Heptanone	114	a,b,c	0.35	0.15

表四、成熟之諾麗果之揮發性化學成分（續）

Table 4. Identified volatile compounds from ripe noni fruits (continued)

Compounds	MW	Identification*	%	ppm
Total			0.41	0.18
Esters				
Methyl hexanoate	130	a,b,c	0.37	0.16
Methyl 3-methylthio-propanoate	134	a,b	0.03	0.01
Ethyl hexanoate	144	a,b,c	0.12	0.05
Methyl octanoate	158	a,b,c	0.85	0.37
Ethyl octanoate	172	a,b,c	0.45	0.19
Methyl decanoate	186	a,b,c	0.57	0.25
Ethyl decanoate	200	a,b,c	0.19	0.08
Methyl palmitate	270	a,b,c	0.04	0.02
Ethyl palmitate	284	a,b,c	0.03	0.02
Methyl elaidate	296	a,b,c	0.05	0.02
Methyl oleate	296	a,b,c	0.03	0.01
Total			2.76	1.18
Lactones				
(E) -6-Dodeceno- γ -lactone	196	a,b	0.09	0.04
(Z) -6-Dodeceno- γ -lactone	196	a,b	0.09	0.04
Total			0.18	0.08
Miscellaneous compounds				
Hexanamide	115	a,b	0.03	0.01
Limonene	136	a,b,c	0.39	0.17
(Ethylthiomethyl) benzene	152	a,b	0.07	0.03
Unknown 1	166	b	1.48	0.64
Unknown 2	168	b	0.56	0.25
Unknown 3	184	b	0.57	0.25
Scopoletin	192	a,b	1.97	0.85
Vomifoliol	206	a,b	0.95	0.4
Unknown 4	212	b	1.65	0.71
Total			7.67	3.31

* Chemical identifications were based on EI mass spectra (a); CI mass spectra (b); and/or comparisons of their R_s with those of synthetic compounds (c) .

(Farine et al., 1996)

表五、諾麗果中已知之化學組成份

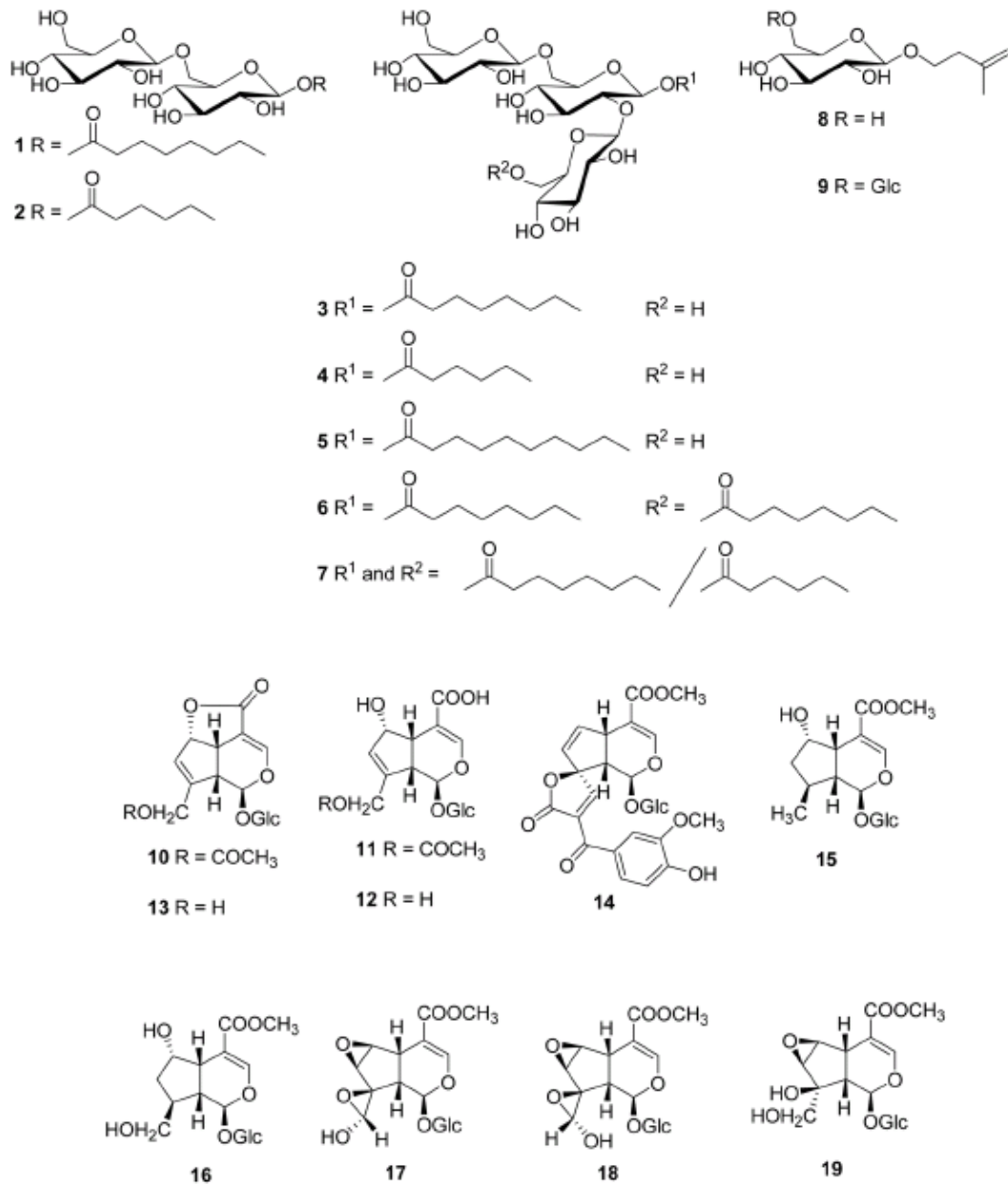
Table 5. Chemical composition from noni fruit

Compound	References
Fatty acid glycoside (1-7) Alcohols glycoside (8-9)	Wang et al. (1999), Wang et al. (2000), Samoylenko et al. (2006), Dalsgaard (2006)
<i>Iridoid glycoside (10-19)</i>	
<i>Main</i>	
Asperuloside (10)	Levand and Larson (1979)
Asperulosidic acid (11)	Kamiya et al.
Deacetylasperulosidic acid (12)	(2005)
<i>Minor</i>	
Deacetylasperuloside (13)	Sang et al. (2002),
Dehydromethoxygaertneroside (14)	Kamiya et al.
Epi-dihydrocornin (15)	(2005), Su et al.
6 α -Hydroxyadoxoside (16)	(2005)
Citrifolinin B epimers a (17)	
Citrifolinin B epimers b (18)	
6b,7 β -Epoxy-8-epi-splendoside (19)	
<i>Flavonol glycosides</i>	
Rutin (20)	Sang et al. (2002),
Narcissoside (21)	Su et al. (2005)
Nicotifloroside (22)	
<i>Lignans</i>	
3,3'-Bisdemethylpinoresinol (23)	Kamiya et al.
Americanol A (24)	(2004)
Americanin A (25)	
Americanoic acid A (26)	
Morindolin (27)	
Isoprincepin (28)	
Balanophonin (29)	Pawlus et al. (2005)

表五、諾麗果中已知之化學組成份 (續)

Table 5. Chemical composition from noni fruit (continued)

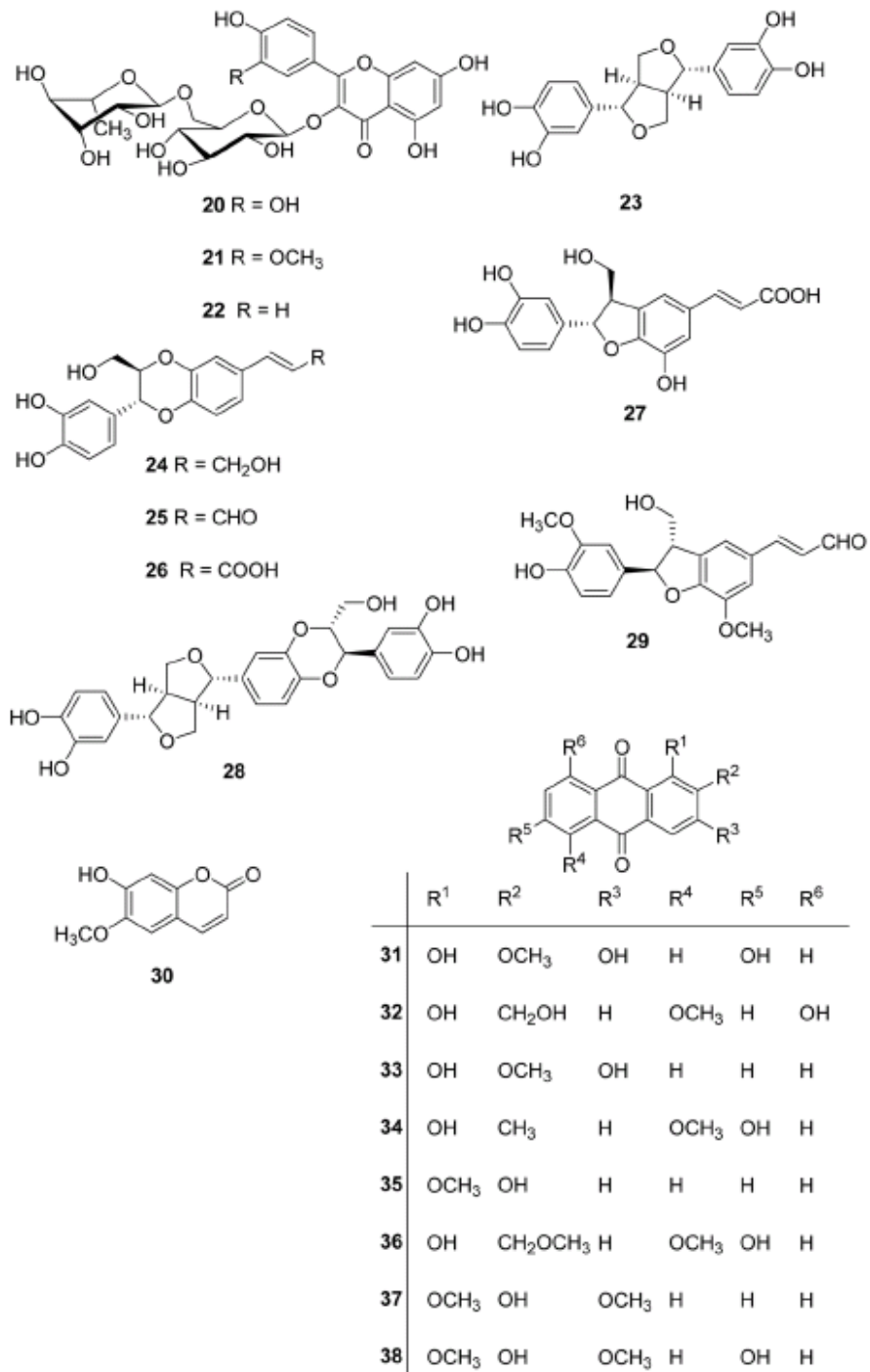
Compound	References
<i>Coumarin</i>	
Scopoletin (30)	Pawlus et al. (2005)
1-Hydroxyanthraquinones (31-38)	Kamiya et al. (2005), Pawlus et al. (2005)
2-Methoxy-1,3,6-trihydroxyanthraquinone (31)	
1,8-Dihydroxy-2-hydroxymethyl-5-methoxyanthraquinone (32)	
1,3-Dihydroxy-2-methoxyanthraquinone (33)	
1,6-Dihydroxy-5-methoxy-2-methylanthraquinone (34)	
2-Hydroxy-1-methoxyanthraquinone (35)	
5,15-Dimethylmorindol (36)	
Anthragallol-1,3-dimethylether (37)	
6-Hydroxy-anthragallol-1,3-dimethylether (38)	
<i>Miscellaneous compounds</i>	
β -Sitosterol (39)	Su et al. (2005), Pawlus et al. (2005)
3-O-Glucoside (40)	
Ursolic acid (41)	Sang et al. (2002)
19-Hydroxyursolic acid (42)	
Cytidine (43)	Sang et al. (2002), Su et al. (2005)
Borreriagenin (44)	Su et al. (2005)
Epiborreriagenin (45)	Samoylenko et al.
Iridoid derivative (46)	Sang et al. (2002)
Succinic acid diesters (47-49)	Samoylenko et al.
4-Hydroxy-3-methoxycinnamaldehyde (50)	Pawlus et al. (2005)
β -Hydroxypropiovanillone (51)	
Vanillin (52)	



圖四、諾麗果中已知之脂肪酸糖苷、醇糖苷和環烯醚萜類化合物之化學結構式。

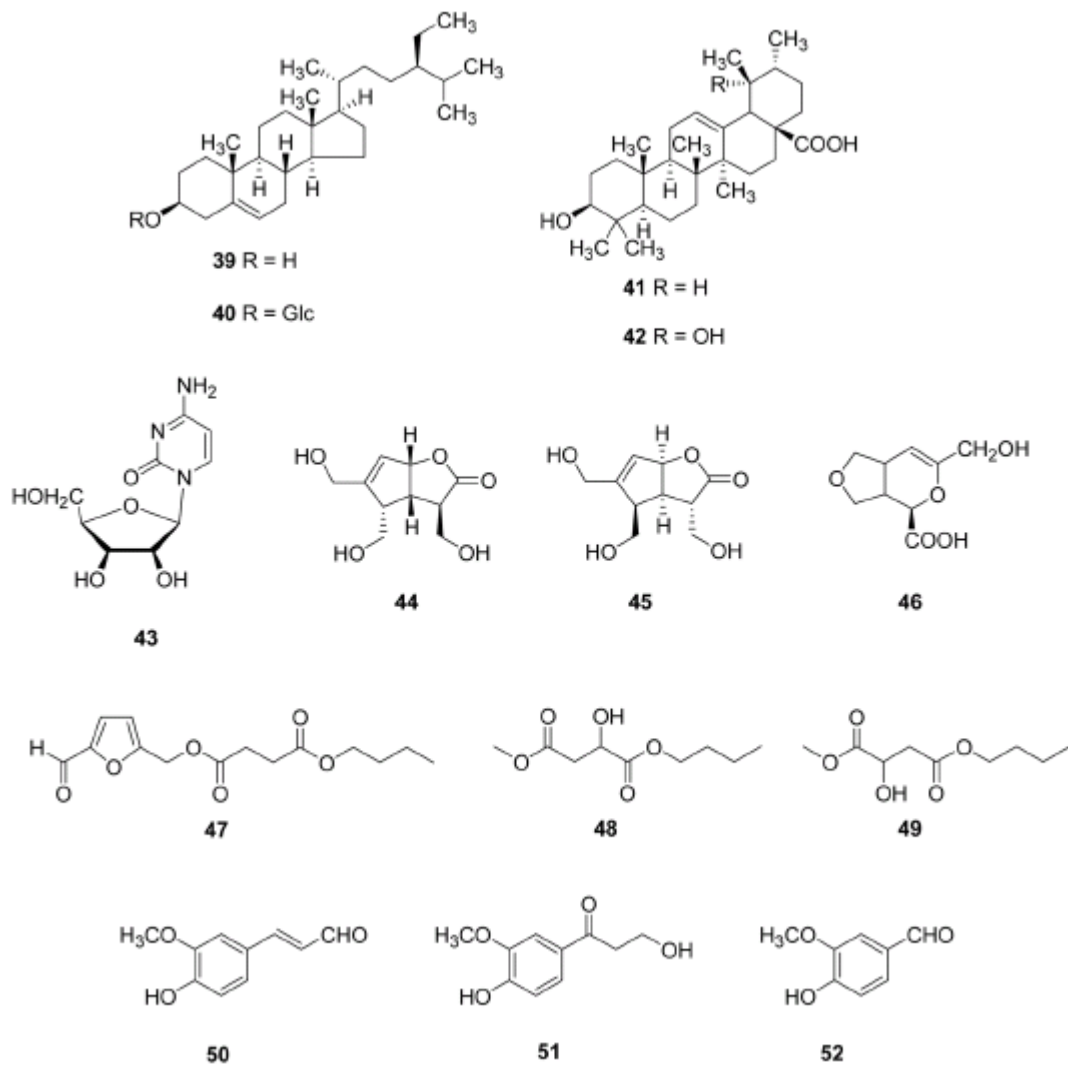
Fig. 4. Chemical structure of fatty acid and alcohol glycosides and iridoids found in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)



圖五、諾麗果中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蒽醌類化合物之化學結構式。

Fig. 5. Chemical structure of flavonoids, lignans, coumarins and anthraquinones found in noni fruit.



圖六、諾麗果中已知之其他次級代謝產物之化學結構式。

Fig. 6. Chemical structure of miscellaneous secondary metabolites identified in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)

草素(rubiadin)和 rubiadin-1-methyl ether 等，還有桃葉珊瑚苷(aucubin)、車葉草(asperuloside)和東莨菪素(scopoletin)(Wang and Su, 2001; Wang et al., 2002)，此化合物之化學結構式如圖七所示；而主要的有機酸為己酸(caproic acid)和辛酸(caprylic acid)(Dittmar, 1993)；而主要的生物鹼則為賽洛寧(xeronine)(Dittmar, 1993; Heinicke, 1985)。根據植物部位的不同，其化學組成份會有所差異，各部位之化學組成如表六所示(Chan-Blanco et al., 2006)。

三、 諾麗的主要功能性成分

(一) 酚類化合物(phenol)

酚類化合物是植物中廣泛存在的成分，種類超過 8000 種，其酚型構造上帶有數個羥基，此羥基與體內的抗氧化有關，主要包括酚酸(phenolic acids)、類黃酮(flavonoids)及鞣質(tannins)等，圖八為酚類之基本結構。許多文獻指出酚類化合物的含量與抗氧化能力有高度的正相關，不但可以抑制油脂自氧化，也具有清除自由基之抗氧化能力(Duh et al., 1999)。

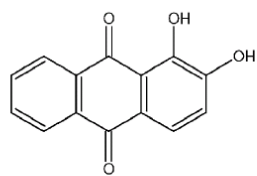
(二) 類黃酮(flavonoid)

類黃酮是由三個環狀結構的 diphenyl propane (C6-C3-C6) 型式所構成，屬於多酚類化合物的一種，廣泛存在於植物組織中，尤其是葉、花、果實和種子等，圖九為類黃酮之基本結構。

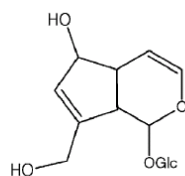
依其結構差異性可分為黃酮 (flavones)、黃酮醇 (flavonols)、黃烷酮 (flavanones)、黃烷醇 (flavanols)、異黃酮 (isoflavones)、黃烷酮醇 (flavanonols) 及花青素配質 (anthocyanidins) 等七大類，如圖十所示 (Pietta, 2000)。且研究指出類黃酮含有廣泛的生理活性，包括抗氧化、抗細菌、抗病毒、抗發炎、抗過敏、血管舒張、螯合金屬離子、抑制脂質過氧化等功能 (Cook et al., 1996; Pietta, 2000)。

(三) 鞣質 (單寧, tannins)

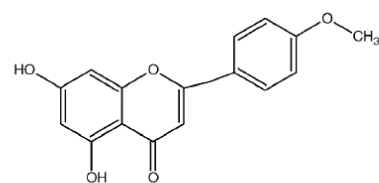
單寧為一種複雜的酚類化合物，用於將獸皮鞣化成皮革，故又稱為鞣質。單寧為單體多酚聚集而成的低聚體或高聚體，且大部分的單寧為類黃酮化合物轉化而成。單寧除具有酚類化合物之特性外，還能使蛋白質、生物鹼、明膠沉澱。單寧廣泛存在於植物中或植物來源的食物內，尤其在橡樹等樹皮中可發現高含量的單寧。根據圖十一，其結構，單寧可被分為水解型單寧 (hydrolysable tannins) 和縮合型單寧 (condensed tannins)。水解型單寧分子量約為 500-2800 Da，加水易分解為多元醇和酚酸類物質，而依分解後產生的酚酸不同，可再區分為產生沒石子酸 (gallic acid) 的 gallotannin 以及產生鞣花酸 (ellagic acid) 的 ellagitannin。縮合型單寧分子量約為 2000-4000Da，其結構主要以 flavan-3-ol 為中心，而以碳-碳鍵與 flavanol 次單位結合，經酸水解會產生花青素配醣基 (anthocyanidin)，故又稱為原花青素配醣基 (proanthocyanidin)。研究指出單寧具有良好的抗氧化能力及捕捉自由基，也有抗癌、抗突變、預



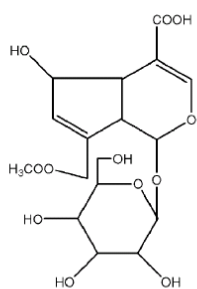
alizarin



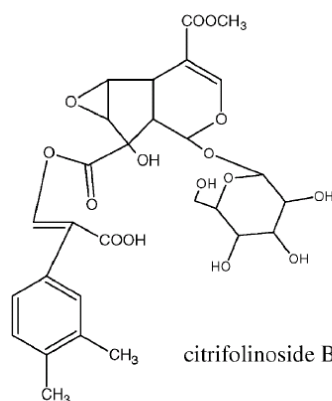
aucubin



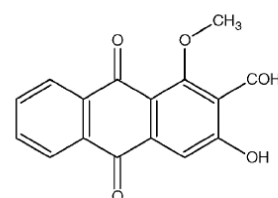
aracetin



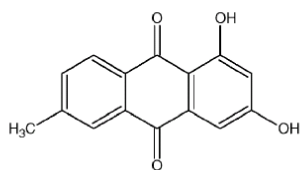
asperulosidic acid



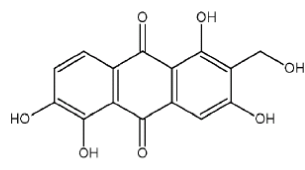
citrifolinoside B



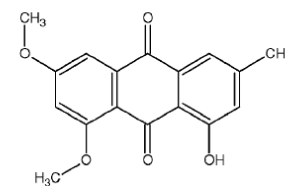
damnacanthal



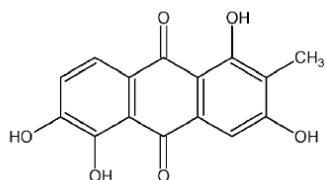
1,3-dihydroxy-6-methyl anthraquinone



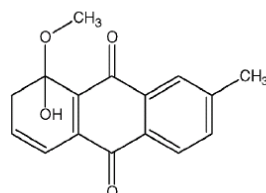
5,6-dihydroxylucidin



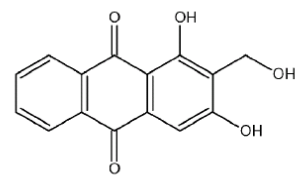
2-methyl-4-hydroxy-5,7-dimethoxyanthraquinone



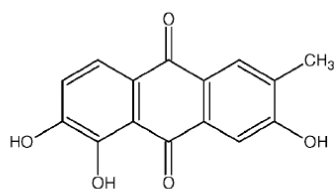
3-hydroxymorindone



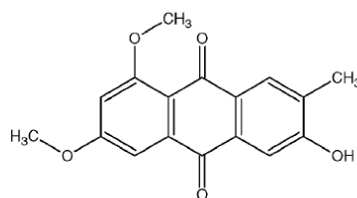
8-hydroxy-8-methoxy-2-methyl-anthraquinone



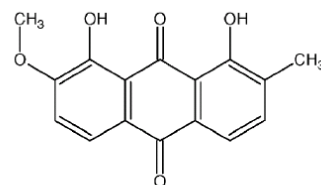
lucidin



2-methyl-3,5,6-trihydroxyanthraquinone



morenone 1



morenone 2

圖七、諾麗中化合物之化學結構式。

Fig. 7. Chemical structures of compounds from noni.

表六、化合物在植物中存在之部位

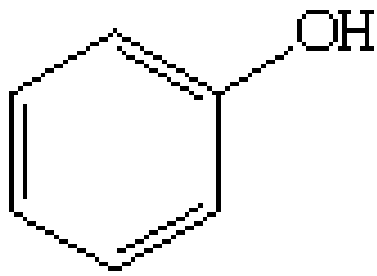
Table 6. Location of chemical compounds on the plant

Location	Chemical constituents	Reference
Flower	^a 2-Methyl-4-hydroxy-5,7-dimethoxyanthraquinone 4- <i>O</i> - β -D-glucopyranosyl- (1 \rightarrow 4) - α -L- rhamnopyranoside	Sang et al. (2002)
Flower	5,8-Dimethyl-apigenin 4'- <i>O</i> - β -D- galactopyranoside	Sang et al. (2002), Elkins (1998)
Flower	Aracetin 7- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	
Fruit	β -D-Glucopyranose pentaacetate	Sang et al. (2002), Elkins (1998)
Fruit	2,6-Di- <i>O</i> - (β -D-glucopyranosyl-1- <i>O</i> -octanoyl- β - D-glucopyranose	Dittmar (1993)
Fruit	6- <i>O</i> - (β -D-Glucopyranosyl-1- <i>O</i> -octanoyl- β -D-gl ucopyranose	Wang et al. (1999)
Fruit	Ascorbic acid	Liu et al. (2001)
Fruit	Asperulosidic acid	Morton (1992), Elkins (1998), Wang et al. (2002), McClatchey (2002)
Fruit	Asperuloside tetraacetate	Wang et al. (1999), Liu et al. (2001), Cardon (2003)
Fruit	Caproic acid Caprylic acid	Dittmar (1993) Fruit Sang et al. (2002), Dittmar (1993), Elkins (1998), Wang et al. (2002), Levand and Larson (1979)
Fruit	Ethyl caprylate	Solomon (1999), Dittmar (1993), Cardon (2003), Elkins (1998), Wang et al. (2002), Levand and Larson (1979)

表六、化合物在植物中存在之部位 (續)

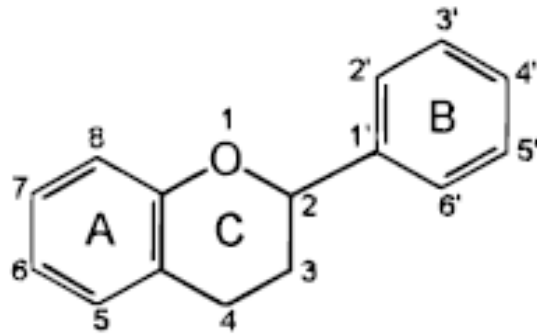
Table 6. Location of chemical compounds on the plant (continued)

Location	Chemical constituents	Reference
Fruit	Ethyl caproate	Dittmar (1993)
Fruit	Hexanoic acid	Dittmar (1993)
Fruit	Octanoic acid	Farine et al. (1996), Sang et al. (2002)
Fruit	^c Quercetin 3- <i>O</i> - α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	Farine et al. (1996), Sang et al. (2002), Cardon (2003), Wang and Su (2001)
Leaves	Alanine	Sang et al. (2002), Srivastava and Singh (1993), Cardon (2003)
Leaves	Arginine	Dittmar (1993)
Leaves	Aspartic acid	Dittmar (1993)
Leaves	β -Sitosterol	Sang et al. (2002), Chunhieng (2003), Elkins (1998), Wang et al. (2002)
Leaves	Citrifolinoside B	Sang et al. (2002)
Leaves	Cysteine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Cystine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Glutamic acid	Dittmar (1993)
Leaves	Glycine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Histidine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Isoleucine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	^c Kaempferol 3- <i>O</i> - α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside	Sang et al. (2002)
Leaves	Kaempferol 3- <i>O</i> - β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galactopyranoside	Sang et al. (2002)
Leaves	Leucine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Methionine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Phenylalanine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Proline	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Quercetin 3- <i>O</i> - β -D-glucopyranoside	Sang et al. (2002)



圖八、酚類之基本結構。

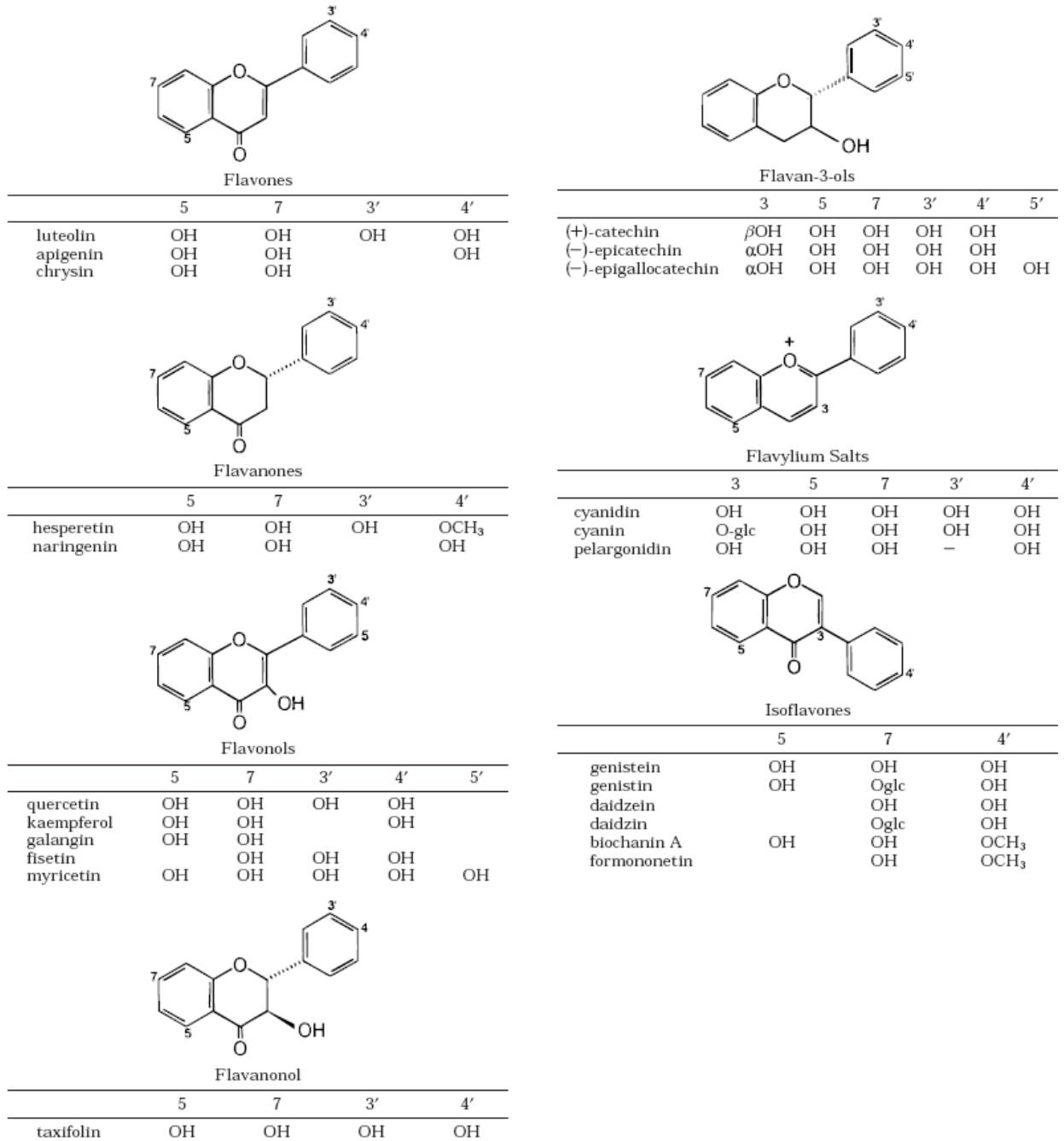
Fig. 8. Basic phenol structure.



圖九、類黃酮之基本結構。

Fig. 9. Basic flavonoid structure.

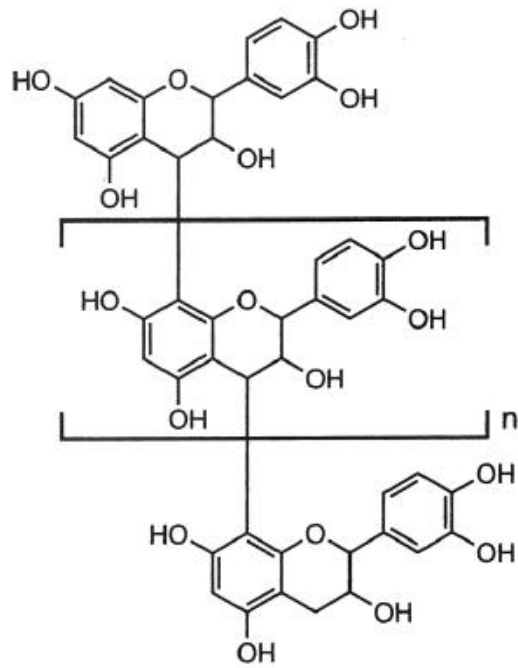
(Pietta, 2000)



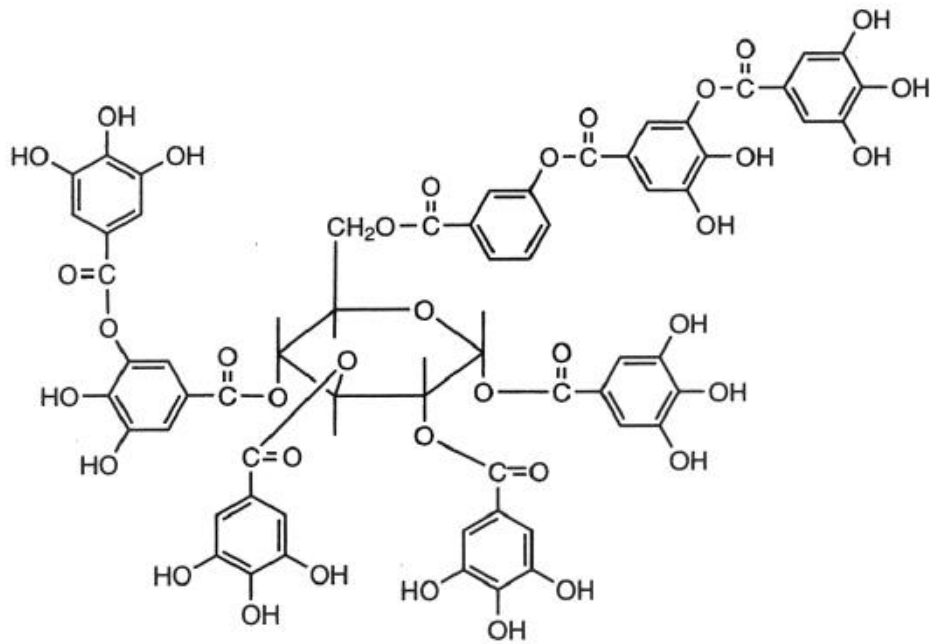
圖十、類黃酮之結構。

Fig. 10. Structures of flavonoids.

(a)



(b)



圖十一、(a) 縮合型單寧；(b) 水解型單寧之結構。

Fig. 11. Structures of (a) condensed tannin ; (b) hydrolysable tannin.

(Shahidi and Naczka, 2004)

防低密度脂蛋白氧化等功效，近年來受到廣泛的研究(Shahidi and Naczki, 2004；羅, 2009；王, 2008)。

(四) 芸香素 (rutin)

芸香素 (rutin, 3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone-3-rutinoside, C₂₇H₃₀O₁₆) 為 1973 年從橘類分離出來的新物質，當時認為它是屬於維生素的一種而稱作“維生素 P”，現在我們知道它是屬於類黃酮化合物的一種 (Nijveldt et al., 2001)。芸香素是由黃酮醇槲皮酮 (flavonol quercetin) 和芸香二糖 (disaccharide rutinose) 所組成的類黃酮配糖體 (Ribéreau-Gayon, 1968)，圖十二為其化學結構。許多植物中都有芸香素的存在，包括柑橘類 (橘子、葡萄柚、檸檬、萊姆等) 的果實及其外皮、莓果 (桑葚、小紅莓等)、蕎麥、蘆筍等，其中又以蕎麥的含量最多。香素的結構較不穩定，在很多時候易被氧化或水解，換句話說，它是一種強力的抗氧化劑 (Raffo et al., 2006)。另外，它還具有抗發炎 (Guardia et al., 2001; Selloum, 2003)、抗微生物 (Cushnie & Lamb, 2005) 及抗病毒 (Leitao et al., 2005) 等生理活性。

(五) 東莨菪素 (scopoletin)

東莨菪素 (scopoletin, 7-hydroxyl-6-methoxycoumstin, C₂₇H₃₀O₁₆) 屬香豆素 (coumarin) 的一種，為一種酚類衍生物，其化學結構如圖十三所示。和其他香豆素相同，這種植物殺菌素的產生和環境壓力有關，特別是遭受黴菌感染時，植物中的香豆素含量會急劇提升 (Zobel et al., 1991)。這種酚類物質於一般的植

物中並不常見，然而卻被發現大量存在於諾麗中，Farine (1996) 認為可能與諾麗中的豐富醛酸有關，這些成分在果實中形成交互防禦機制，以抵禦黴菌感染或蟲類攻擊。東莨菪素於臨床上有許多功能性，如：抗菌特性 (Atkinson, 1956; Dittmar, 1993; Leach et al., 1988; Locher et al., 1995)、抗發炎活性 (Kim, 2004)、止痛能力 (Huang et al., 1993)、保肝 (Sang et al., 2001; Sung et al., 1998)、預防高血壓 (Solomon, 1999)、控制體內血清素層級 (Levand & Larson, 1979) 等。

四、 諾麗之生理功效

諾麗在波里尼西亞、東南亞、澳大利亞、加勒比海等地被用作藥用植物已經有很長一段時間，諾麗之根、莖、葉、果實、種子與樹皮皆含有多種有益身體健康之植物成分，常被用於治療廣泛的疾病，經研究指出諾麗不同的部位具有不同的功效，表七為諾麗在傳統上之使用法及療效 (張, 2002)。而許多功效有些已被研究所證實，如：抗氧化 (antioxidant)、抗病毒 (antiviral)、抗細菌 (antibacterial)、抗真菌 (antifungal)、抗腫瘤 (antitumor)、降血壓 (hypotensive)、抗癌症 (anti-carcinogenic)、抗炎症 (anti-inflammatory) 和傷疤癒合 (wound-healing) 等生理功效。近百年內有大量關於其生理活性與化學性質的報告被提出，資料整理如下：

(一) 抗氧化性

Wang 等 (2002) 比較大溪地諾麗果汁、葡萄籽粉、抗壞血酸 (Vit. C) 及 pycnogenol (PYC) 的超氧陰離子自由基 (superoxide anion radical) 清除能力。超氧陰離子自由基會促使細胞與脂質氧化以產生對人體有害的影響，所以

超氧陰離子清除能力越高代表其抗氧化力也越好。其結果顯示諾麗果汁的超氧陰離子清除能力為 Vit. C 的1.4 倍、PYC 的1.4 倍，而與葡萄籽粉有相同的能力。

Liu 等 (2007) 從諾麗果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出三種化合物，為已知的 isoscapoletin、quercetin 和 aesculetin，並指出此三種化合物對氫氧根自由基和超氧陰離子具有良好之清除能力，圖十四為此三種化合物之化學結構式。

Zin 等 (2002) 研究諾麗之根、果實和葉子之抗氧化性，發現諾麗根之乙酸乙酯 (ethyl acetate) 萃取物或甲醇 (methanol) 萃取物都具有很高的抗氧化性，而諾麗果實和葉子之乙酸乙酯萃取物具有很高的抗氧化性，但其甲醇萃取物之抗氧化性較低。因此，推測諾麗根中主要之抗氧化物質為一些極性和非極性之化合物，而諾麗果實和葉子中主要之抗氧化物質則為一些非極性之化合物。

Sang 等 (2001) 從諾麗葉子之乙醇 (ethanol) 萃取物中分離純化出一種新的 iridoid glycoside 化合物，citrifolinin B (1)，以及五種已知的 flavonol glycoside 化合物，quercetin-3-O- β -D-glucopyranoside (2)、kaempferol-3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside (3)、quercetin-3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside (4)、quercetin-3-O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)]- β -D-galacopyranoside (5) 以及 kaempferol-3-O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)]- β -D-galacopyranoside (6)，並指出此六種化合物皆具有清除 DPPH 自由基之能力，其清除力分別為 7.7 %、85.8 %、4.5 %、79.9 %、81.3 % 和 28.6 % (DPPH conc. = 30 μ M)，圖十五為

此六種化合物之化學結構式。

(二) 抑制微生物

而研究報告指出諾麗果汁組成成分中之香豆素類的scopoletin 具有抑制大腸桿菌在腸胃中生長，可以有效抑制大腸桿菌 O157 (NCTC 12900) 之生長 (Duncan et al., 1998)。

諾麗果實中所含之acubin、L-asperuloside 及alizarin 與其根中所含之anthraquinone 皆被證明具有抗菌性，如傳染性細菌：*Pseudomonas aeruginosa*、*Proteus morgaii*、*Staphylococcus aureus*、*Bacillus subtilis*、*Escherichia coli*、*Salmonella* 及*Shigella* 的活性。也因為諾麗含有這些物質，所以才會被用於治療皮膚感染、感冒、發燒及其他細菌造成的健康問題 (Wang et al., 2002)。

Jayaraman 等 (2008) 研究諾麗果之甲醇、乙酸乙酯和正己烷萃取物之抗菌能力，指出甲醇萃取物之抗菌能力最佳，可以有效抑制所有測試菌之生長，而以正己烷萃取物之抑菌效果最差，如表八所示。

而諾麗葉子之甲醇粗萃取物已被證實具有抑菌效果，能有效抑制 *S. aureus* (ATCC 25923) (Gram positive, G+) 之生長，其最小抑制濃度 (minimum inhibition concentrations, MIC's) 為 1000 µg/disc，而其抑菌環大小為 7.3 mm ± 0.1，而 30 µg 之 vancomycin 抗生素之抑菌環大小為 16 mm (Zaidan et al., 2005)。且諾麗果中之 rutin 化合物亦證實具有抗細菌的作用 (Calabro et al., 2005)。

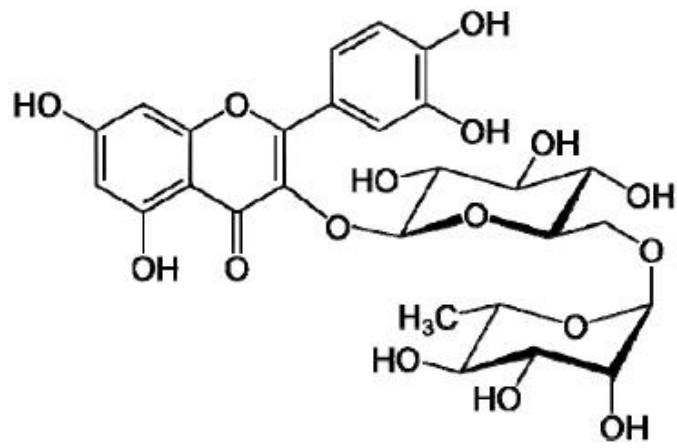
亦有研究指出諾麗葉之萃取物在試管實驗中可殺死 89% 之結核桿菌，而 Rifampin (主要的抗結核病藥物) 在相同濃度下則可以達到 97% 之抑制效果，

即兩者的效果相近，即證實了諾麗具有抗結核的功效（American Chemical Society, 2000）。

諾麗嫩葉萃取的酒精萃取物可以使人類腸內寄生的線蟲 *Ascaris Lumbricoides* 在一天內死亡。另外有植物學家透過 Morton 的報告指出，諾麗於菲律賓及夏威夷已被用來當作有效殺蟲劑（Raj, 1975）。

（三）抗病毒

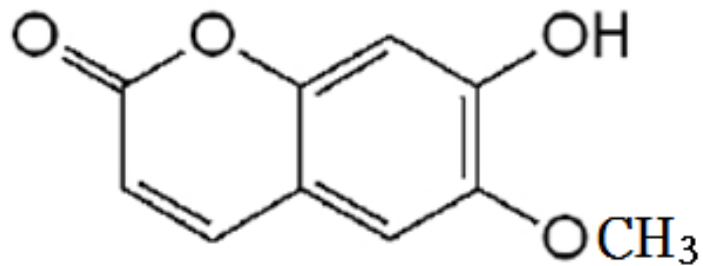
Umezawa 等（1992）從諾麗之根部分離出 Damnacanthal（1-methoxy-2-formyl-3-hydroxyanthraquinone）化合物，發現其可有效抑制 HIV 病毒對 MT-4 細胞株造成的細胞病變（cytopathic effect），且不會抑制細胞之生長，即對愛滋病病毒有抑制之效果。亦有研究證實諾麗果中之 rutin 化合物亦具有抗病毒之作用。（Calabro et al., 2005）



圖十二、芸香素之結構。

Figure 12. Structure of rutin.

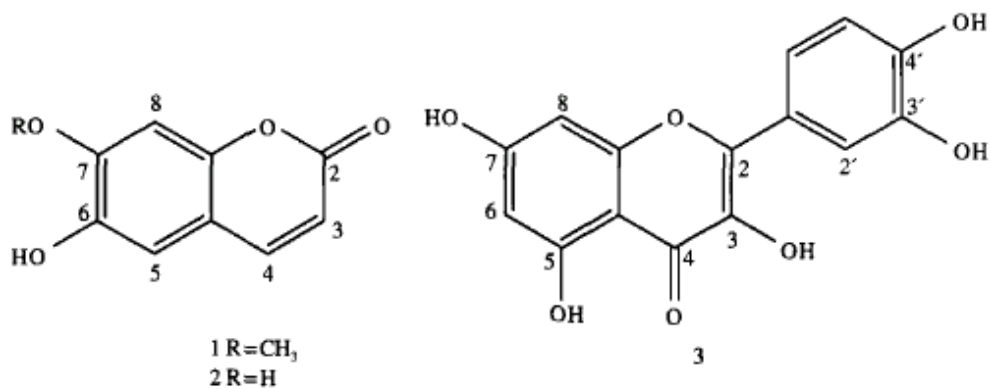
(<http://en.wikipedia.org/wiki/Rutin>)



圖十三、東莨菪素之結構。

Figure 13. Structure of scopoletin.

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Scopoletin>)



圖十四、諾麗果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出之化合物 1、2 和 3 之結構。1：Isoscoletin；2：Aesculetin；3：Quercetin。

Fig. 14. Chemical structures of compounds 1, 2 and 3 isolated from EtOAc extract of Xisha noni fruit juice.

(Liu et al., 2007)

表七、諾麗傳統使用的療效

Table 7. Traditional uses of noni for diseases

部位	傳統用法	適應症
果實	<ol style="list-style-type: none"> 1. 採取黃色成熟果實，日曬後陰藏五至七日，採收果實汁液。 2. 直接榨取新鮮果汁。 3. 取尚青綠的果實做為烹調菜食。 4. 果實曬乾磨成粉末。 	<p>腸胃潰瘍，腹瀉，便秘，消化不良，感冒，高血壓，低血壓，心臟疾病，腎臟病，動脈硬化，哮喘，咳嗽，過敏症，糖尿病，痛風，寄生蟲，關節炎，頭痛，痠痛症，婦女經期症候群，攝護腺腫大，口角炎，牙周病，眼疾，腫瘤，癌症，骨折，扭傷，燙傷，創傷，皮膚病，失眠，性機能失調，憂鬱症，老化。</p>
葉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 直接採取新鮮葉子咀嚼。 2. 將葉子打成汁漱口。 	<p>喉痛，喉炎，牙齦炎，牙周病，感冒發燒，頭痛，痛風，風濕性關節炎，皮膚病，骨折，</p>

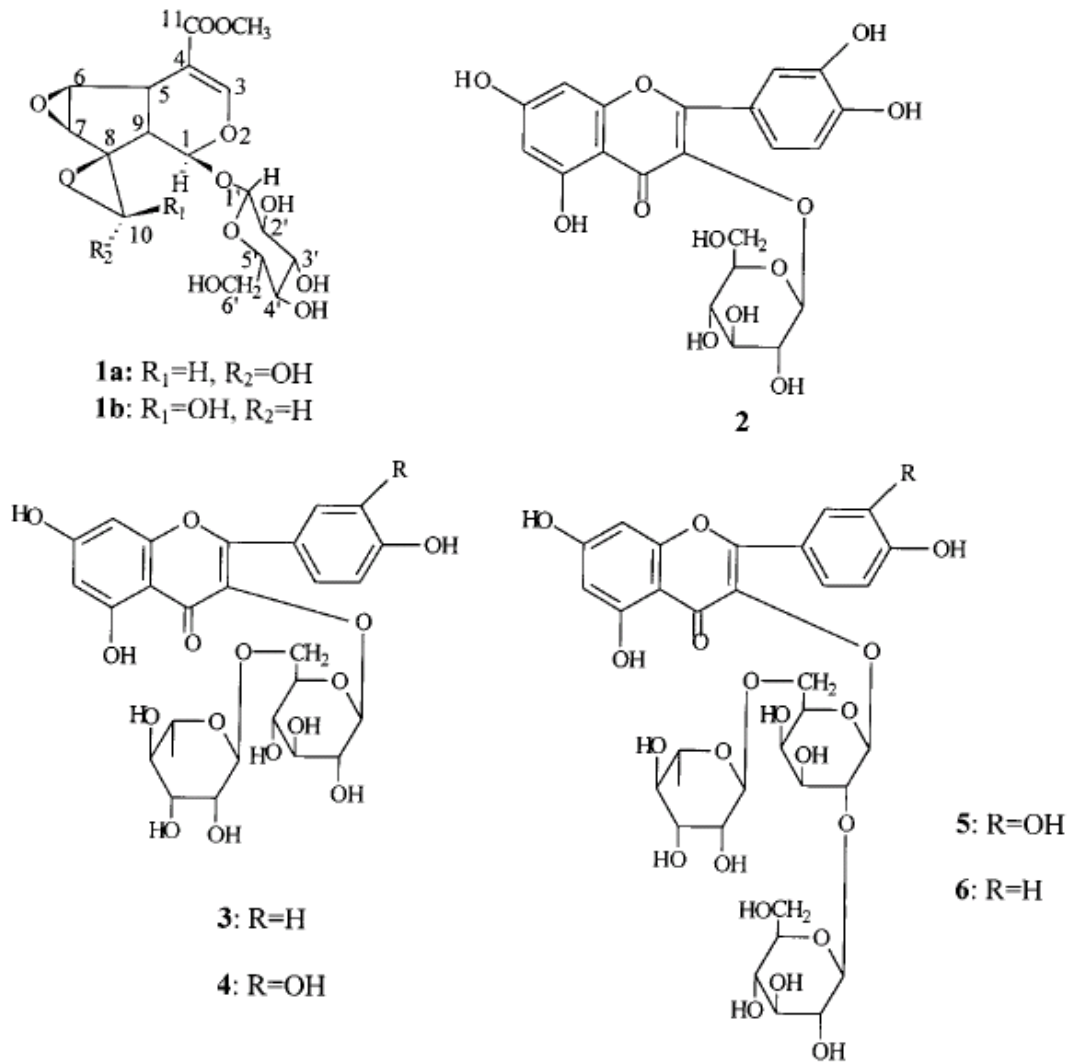
(王，2008)

表七、諾麗傳統使用的療效（續）

Table 7. Traditional uses of noni for diseases (continued)

部位	傳統用法	適應症
樹皮	1. 磨粉加水服食。 2. 熬汁服用。	腸胃疾病，咳嗽，氣喘，口角炎，尿道炎，婦女經痛，經期不順，食慾不振。
根	榨取汁液。	做染料用。
	加水煎熬成汁服用。	寄生蟲及細菌感染，尿道炎喉痛，咳嗽，黃疸，牙痛，胃痛，婦女產後傷口痛，毛髮枯黃，視力衰退。
莖	加水煎熬成汁服用或曬乾磨粉服用。	攝護腺腫大。
花	加水煎熬成汁服用或曬乾磨粉服用。	腎臟病，糖尿病，胃腸潰瘍，婦女產後痛，咳嗽，喉痛，眼疾，皮膚黑斑。
種子	磨碎，榨取汁液塗敷。	刀傷，創傷，安定神經，蚊蟲等咬傷，止痛，細菌感染，性機能失調。

(王，2008)



圖十五、諾麗葉乙醇萃取物所分離之化合物其化學結構式。

Fig. 15. Chemical structures of compounds isolated from ethanol extract of noni leaves.

(Sang et al., 2001a)

表八、諾麗果萃取物之抑菌能力

Table 8. Antibacterial activity of fruit extracts of *Morinda citrifolia* against gram positive and gram negative bacteria

Microorganism	Methanol extract (in mm)	Ethyl acetate extract (in mm)	Hexane extract (in mm)
<i>Bacillus subtilis</i> ⁽¹⁾	10.0 ± 1.0	6.3 ± 0.6	-
<i>Staphylococcus aureus</i> ⁽¹⁾	11.3 ± 0.6	6.7 ± 0.6	-
<i>Lactobacillus lactis</i> ⁽¹⁾	10.0 ± 0.0	5.7 ± 0.6	6.3 ± 0.6
<i>Streptococcus thermophilus</i> ⁽¹⁾	11.3 ± 0.6	6.0 ± 1.0	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ⁽²⁾	10.3 ± 0.6	-	-
<i>Salmonella typhi</i> ⁽²⁾	10.3 ± 0.6	6.0 ± 0.0	-
<i>Escherichia coli</i> ⁽²⁾	11.0 ± 0.0	6.3 ± 0.6	-
<i>Vibrio harveyi</i> ⁽²⁾	11.3 ± 0.6	6.3 ± 0.6	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i> ⁽²⁾	9.3 ± 0.6	-	-
<i>Shigella flexneri</i> ⁽²⁾	11.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0	-
<i>Salmonella paratyphi A</i> ⁽²⁾	26.0 ± 1.0	15.7 ± 0.6	-
<i>Aeromonas hydrophila</i> ⁽²⁾	12.3 ± 0.6	11.3 ± 0.6	-
<i>Vibrio cholerae</i> ⁽²⁾	7.7 ± 0.6	10.7 ± 0.6	-
<i>Chromobacterium violaceum</i> ⁽²⁾	12.3 ± 0.6	12.0 ± 1.0	-
<i>Enterobacter faecalis</i> ⁽²⁾	13.0 ± 1.0	14.7 ± 0.6	-

Note: There was no inhibition found in control.

(Jayaraman et al., 2008)

(四) 抗發炎

McKoy 等人 (2002) 利用前發炎物質—血管舒張素 (bradykinin) 引起局部急性發炎反應，來觀察諾麗果水萃物的抗發炎活性，結果顯示口服 200 mg 的諾麗果水萃物便可抑制大鼠的爪水腫。Li 等人 (2003) 的實驗結果指出，諾麗果粉較葉萃取物具更佳的 COX-1 抑制效果，而有抗凝血效果。

Yu 等 (2004) 指出諾麗果汁中主要的抗炎物質 scopoletin、quercetin 及 ursolic acid 可有效抑制細胞激素 interleukin-1 β (IL-1 β)、interleukin-6 (IL-6)、前列腺素 E2 (prostaglandin E2 ; PGE2) 和骨髓過氧化酶 (myeloperoxidase ; MPO) 等發炎相關因子的產生。Calabro 等 (2005) 亦指出諾麗果汁中的芸香素化合物也具有抗發炎的功效。

(五) 止痛、鎮定

法國研究團隊利用實驗鼠經過扭體 (writhing) 和熱板 (hotplate) 試驗來探討諾麗的止痛鎮靜效果。其實驗結果顯示諾麗根部萃取物之止痛鎮靜效果約為嗎啡 75%，卻不會造成上癮及副作用 (Younos et al., 1990)。

美國伊利諾大學醫學院與河南醫學大學合作研究諾麗之鎮痛效果。同樣利用扭體和熱板試驗來探討諾麗的鎮痛效果。在扭體試驗方面，分為 control (不餵食諾麗果汁)、餵食 5% 諾麗果汁、餵食 10% 諾麗果汁和餵食 20% 諾麗果汁等四組，餵食 10 天後進行扭體實驗。與 control

組對照，其他三組表現出明顯的鎮痛效果，並以餵食 20% 諾麗果汁這組的鎮痛效果最好。在熱板試驗方面，分為 control（不餵食諾麗果汁）、餵食 20% placebo（安慰劑）、餵食 10% 諾麗果汁和餵食 20% 諾麗果汁等四組，餵食 7 天後進行熱板實驗。結果顯示餵食 10% 和 20% 諾麗果汁兩組展現明顯的鎮痛效果，與餵食 20% placebo 組相對照，這兩組的疼痛耐受度增加了 162% 及 212%（Wang et al., 2002）。

（六）預防心血管疾病

研究指出諾麗果汁中之 scopoletin 化合物具有舒緩平滑肌，並促使血管擴張而達到降血壓之功能（Ojewole and Adesina, 1983）。亦有研究證實諾麗根之熱水萃取物可以降低被麻醉的狗之血壓（Youngken, 1958；Youngken et al., 1960）。而諾麗根之乙醇萃取物亦可有效降低被麻醉的狗之血壓（Moorthy and Reddy, 1970）。

Yamaguchi 等（2002）發現諾麗果汁可有效地抑制 ACE 之活性，且成熟之果實抑制效果（ $IC_{50} < 1 \mu\text{L}/\text{mL}$ ）大於未成熟之果實（ $IC_{50} = 22 \mu\text{L}/\text{mL}$ ）。而從動物實驗結果證實，餵食諾麗果汁能有效降低自發性高血壓大鼠（spontaneously hypertensive rats；SHR）之血壓並維持長久。從此結果指出諾麗果汁中含有能抑制 ACE 之物質，可以有效地預防和改善高血壓。Yang 等（2008）亦指出諾麗果中之 rutin 化合物已被研究證實具有降血壓之功效。

而 Loizzo 等（2007）研究亦指出六種類黃酮類化合物具有抑制 ACE

之活性，apigenin ($IC_{50} = 280 \pm 3.2 \mu M$)、luteolin ($IC_{50} = 290 \pm 2.9 \mu M$)、kaempferol-3-*O*- α -arabinopyranoside ($IC_{50} = 320 \pm 4.1 \mu M$)、kaempferol-3-*O*- β -galactopyranoside ($IC_{50} = 260 \pm 3.0 \mu M$)、quercetin-3-*O*- α -arabinopyranoside ($IC_{50} = 310 \pm 2.2 \mu M$) 和 luteolin-7-*O*- β -glucopyranoside ($IC_{50} = 280 \pm 3.4 \mu M$)。

(七) 預防癌症

UVB 輻射於人類皮膚癌之發展中扮演主要的角色，為活化腫瘤之起始者和促進者，而 AP-1 (Activator Protein-1) 之執行於腫瘤之促進中扮演關鍵的角色，故若能抑制 UVB-induced Activator Protein-1 (AP-1)，則即能有效抑制腫瘤。而研究指出從諾麗葉子之乙醇萃取物中分離出一種新的 iridoid (環烯醚萜) 類化合物，此化合物稱為 citrifolinoside，可以有效抑制 UVB-induced Activator Protein-1 (AP-1) 之活性 ($IC_{50} = 29.0 \mu M$)，即具有抗腫瘤之功效，圖十六為此化合物之化學結構式 (Sang et al., 2001b)。

Sang 等 (2001c) 從諾麗葉子中分離出一種新的 iridoid 類化合物，稱為 citrifolinin A，亦證實於細胞培養中，此化合物具有抑制 UVB-induced Activator Protein-1 (AP-1) 之活性 ($IC_{50} = 69.6 \mu M$)，即具有抗腫瘤之功效，圖十七為此化合物之化學結構式。

Jayaraman 等 (2008) 研究諾麗果之甲醇、乙酸乙脂和正己烷萃取物對人類喉癌細胞 (human laryngeal epithiloma cells) 的抑制作用。結果顯

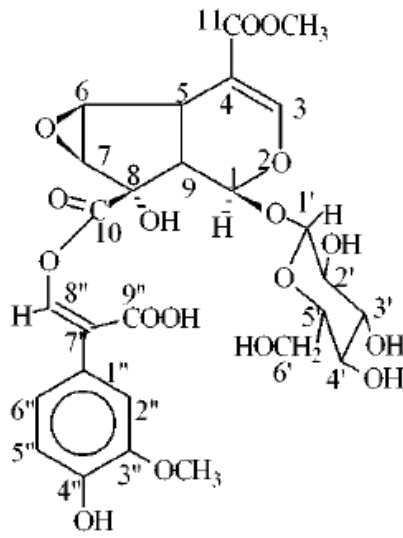
示甲醇萃取物之抑制效果最好，其次是乙酸乙脂萃取物，而正己烷萃取物則幾乎不具抑制效果。

(八) 賽洛寧

生化學家 Heinicke 博士認為諾麗中含有賽洛寧 (Xeronine) 之前驅物賽洛寧原 (proxeronine) 和賽洛寧轉化酶 (proxeronase)。攝入人體內後可藉由賽洛寧轉化酶將賽洛寧原生成賽洛寧，再被細胞吸收利用以產生對人體有益的功效 (圖十八)。賽洛寧為一生物鹼，Heinicke 博士認為賽洛寧具有修飾蛋白質結構的能力，當酵素、受體、訊息傳遞因子等蛋白質因變異而造成構形異常，導致其功能無法正常運作，此時賽洛寧就可使其蛋白質正常化，幫助人體功能正常運作。但賽洛寧有可能在人體內被製造出後隨即被利用掉，所以目前仍未在人體中發現此化合物。目前為止，賽洛寧的化學特性和測定方法都尚未公開，且除了 Heinicke 博士和 Solomon 博士外，並無其他人證實賽洛寧原和賽洛寧的存在 (Wang et al., 2002; Chan-Blanco et al., 2006)

五、市面上諾麗的產品加工

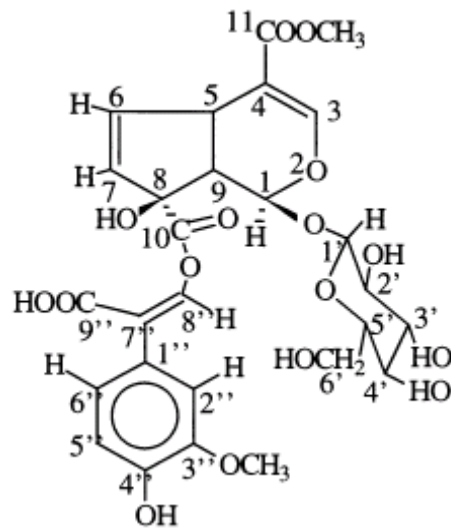
早在兩千多年前諾麗就已被波里尼西亞當地居民當作食品兼藥物，除了諾麗的根可以當作染料，其莖、葉、花、果實及樹皮都具有對人體有益的功能性化合物 (Yang et al., 2007; 羅, 2009; 張, 2009)。目前市面上諾麗產品總類繁多，其中以果汁產品為最大宗 (圖十九)。近幾年來



圖十六、Citrifolinoside 之結構式。

Fig. 16. Structure of citrifolinoside compound.

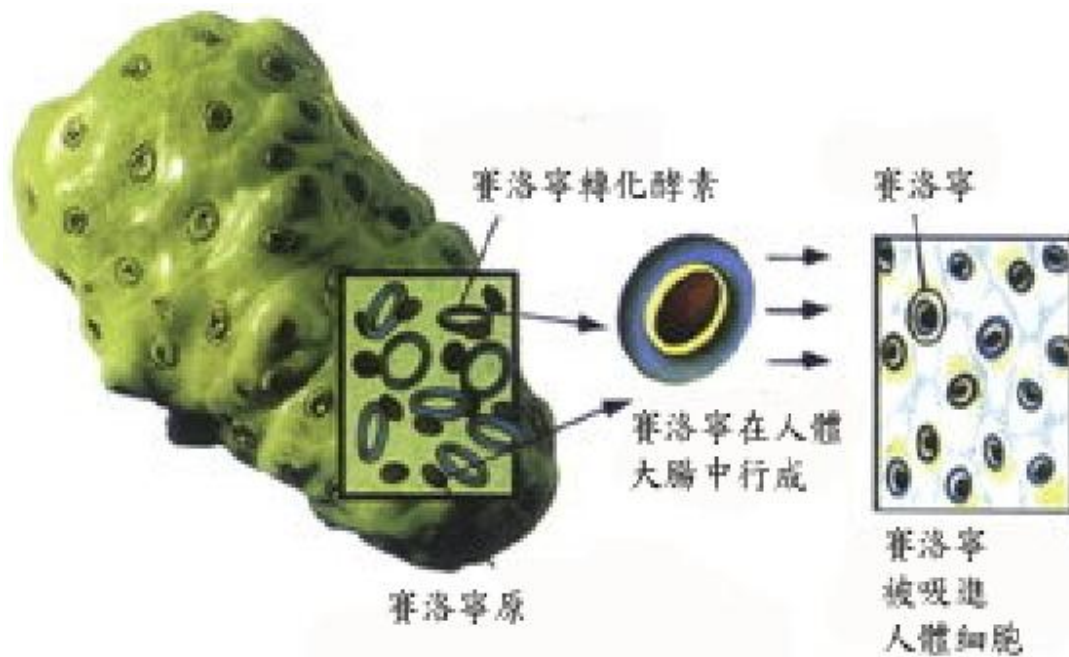
(Sang et al., 2001 b)



圖十七、Citrifolinin A 之結構式。

Fig. 17. Structure of citrifolinin A compound.

(Sang et al, 2001c)



圖十八、諾麗之賽洛寧系統。

Fig. 18. Xeronine system from noni fruit.

(<http://www.sample.nonijade.com/index-2.htm>)



圖十九、國內直銷之諾麗果汁。由右至左依序為：1. 菲律賓；2. 琉球；3.大溪地；4. 南太平洋；5. 美國公司（未登記正確地點）；6.澳洲；7. 印尼。

Fig.19. Many brands of noni juice from different origins have been imported and delivered to consumers directly. In order from right to left: 1. Philippine; 2. Ryukyu; 3. Tahitian; 4. South Pacific; 5. American company (without registering the correct place) ; 6. Australia; 7. Indonesia.

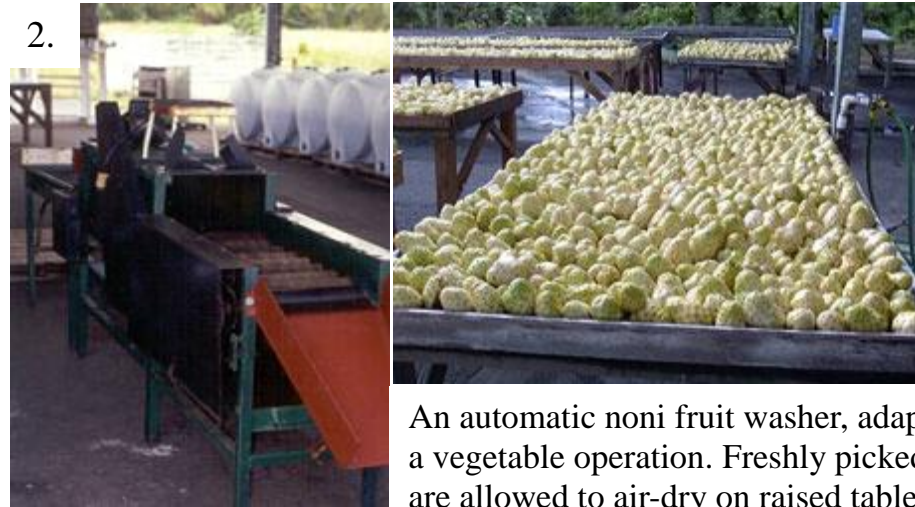
諾麗在國際上如美國、歐洲、日本等地，備受關注，諾麗果汁甚至被歐盟認定為新興食品 (Chan-Blanco et al., 2006)。在台灣，也已引進諾麗果樹種植，並經農委會加以推廣，種植於中南部地區，果農自產自銷，甚至與廠商加以整合，在網路上與購物平台上相關產品的販售日益增加，其知名度越來越高，也漸漸受到國內消費者的關注。目前市面上諾麗的加工製品繁多，如發酵果汁、鮮榨汁、果粉、膠囊、錠劑及果茶等，其中以果汁為最為暢銷，保健功效也宣稱最佳。以下就以目前最常見的幾種諾麗產品來做介紹：

(一) 傳統之諾麗果汁

傳統之諾麗果汁就是經過發酵的諾麗果汁，在發酵過程中多種酵素作用，促使成熟果實進行自消化分解 (autolysis)，進而增強有效成分之生物活性，在民間亦認為發酵產品其生理功效要比新鮮果汁來的佳 (楊，2005)。傳統製法是將諾麗果放置容器內，並置於室外發酵數月，隨著發酵時間果汁自然滲出，然後將其收集成罐 (Yang et al., 2007)。隨著時代演進，傳統諾麗果汁之製程也有所改善，其製程如圖二十所示。將新鮮的諾麗果實採收後直接送到工廠，將其不良果 (被動物吃過或微生物感染等) 去除後，以人工或利用機械化的傳送帶清洗設備清洗表面的污垢灰塵，然後置於架上自然風乾，再將果實放入發酵桶內密封進行發酵，發酵桶需以玻璃、不鏽鋼或食用級的塑膠桶為宜。發酵時間為 2~8 週不等 (Nelson and Elevitch, 2006)。在發酵過程中，諾麗果汁會漸漸地從果泥中滲出，其色澤從黃褐色變成深褐色，隨發酵的時間越長，果汁的酸



Ripe noni fruits arrive at a juicing facility



An automatic noni fruit washer, adapted for use with noni from a vegetable operation. Freshly picked noni fruits after washing are allowed to air-dry on raised tables before they are processed for juice.



A juice collection and fermentation vessel, approximately full of noni fruits and juice. Juice will be drained through the spigot after 2 months and bottled.



The final noni juice product is decanted, filtered and bottled.

圖二十、傳統諾麗果汁製程。

Fig. 20. Production procedure for traditional noni juice.

度越高、糖度越低，收集其自然流出的汁液或是以壓榨過濾方式取得發酵的果汁，殘餘之果渣可丟棄或乾燥進一步做成其他諾麗相關產品。

(二) 非傳統之諾麗果汁

相對於傳統的諾麗果汁，非傳統之諾麗果汁即為未發酵的諾麗果汁，不經發酵的諾麗果汁保有較多的水果甜味，而發酵之諾麗果汁其苦味和酸味則相對較重，非傳統諾麗果汁製程如圖二十一。其製程類似發酵諾麗果汁，差別在於採收後的成熟諾麗果實經過清洗風乾，然後立即進行榨汁步驟。在榨汁後為了避免發酵，諾麗果汁需進行冷藏、冷凍或巴斯德滅菌（pasteurization）（羅，2009）。非傳統諾麗果汁因為未經過發酵過程所以其酸度較低、糖度較高，而色澤較傳統發酵諾麗果汁來的亮（Nelson and Elevitch, 2006）。



1
A hydraulic fruit press for making fresh-squeezed noni juice. Ripe fruits are loaded into the press through the top door. Juice is pressed from the pulp and bottled immediately.



2
Fresh-squeezed noni juice has a golden amber color and has significantly less sediment than fermented noni juice collected by the traditional method.

圖二十一、非傳統諾麗果汁製程。

Fig. 21. Production procedure for non-traditional noni juice.

(http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit_juices.asp)

(三) 諾麗果粉

除了諾麗果汁產品外最受重視的就是諾麗果粉，其製程如圖二十二。將成熟的諾麗果實清洗風乾後，等其後熟軟化後破碎或經發酵製汁後，將其種籽過篩去除並置於食品乾燥器（food dehydrators）或熱風乾燥機中去除水分，最後再將乾燥好的果泥磨成粉末即完成，可進一步製成膠囊或是錠劑等相關產品（羅，2009）。另外，也有包含種籽製成的諾麗果粉，市面上大部份的諾麗果粉產品為含種籽全果乾燥磨成粉而成的。

(四) 其他諾麗相關產品

除了上述三種主要的諾麗製品外，還有一些相關製品：

1. 綜合諾麗果汁：在諾麗果汁中加入其他果汁如葡萄汁、桑椹汁、草莓汁及百香果汁等，然後加水稀釋和加糖以提升果汁口感與風味，目前市售的商業果汁主要以此為主。
2. 諾麗果粉飲品：將諾麗果粉加水混合，再加入其他果汁或添加物製成的還原飲品。
3. 諾麗果濃泥飲品：將諾麗果泥去籽並加水稀釋，然後加入其他果汁調製成諾麗果泥飲品；
4. 諾麗果濃縮還原果汁：將諾麗果汁濃縮 3~10 倍，再以水或果汁還原成不同比例的諾麗果濃縮還原汁。
5. 諾麗茶：將諾麗葉子或果實切片後乾燥，直接加水沖泡成諾麗茶飲品。

6. 其他諾麗相關產品：還可將諾麗製成香皂、牙膏、漱口水、潤手乳及洗髮乳等，如表九整理出相關諾麗的產品及功效，且由表十列舉各國的專利分析，可知諾麗產品技術的發展和應用層面非常廣泛，這也說明諾麗的經濟價值相當高，具有開發利用的價值（羅，2009；洪，2008）。



Noni seeds and pulp before they are pureed and separated.



The puree (pulp and fluids) is separated manually from the seeds.



The noni fruit puree is spread onto fruit dehydration rings using a rubber spatula. The dehydration rings are stacked. A thin layer of crusty noni puree is produced, the noni “wafers”.



Dehydrated noni fruit puree (wafers) has an amber color, and is thin and flaky. This material is then ground into a powder and



The final product, encapsulated and dehydrated noni fruit powder.

圖二十二、諾麗果粉製程。

Fig. 22. Production procedure for noni powder.

(http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/powders_products.asp)

表九、諾麗果產品及功效分析

Table 9. Noni product and effect analysis

產 品	萃取部位	功 效
精華液	果實、葉子	健康食品
牙膏、漱口水	果實	抑制牙齒細菌的滋生，保持口腔洞穴的衛生及清潔
抗氧化產品	碳燒過果實	可預防及治療老化及生命型態有關的疾病
天然藥物配方	葉子	治療糖尿病(特別是 type II)及其相關徵狀
組成物	葉子	抑制活體組織的去乙酰基醇素或腫瘤壞死因子轉化酶，治療或預防亨廷頓舞蹈病及類風濕性關節炎
膠囊	果實	治療過敏及高血壓
膳食纖維	果實	營養產品
餅干或點心食品	果實	支撐動物體內平衡系統，回應刺激及放鬆需求
保養化妝品	果實	保持皮膚健全及光滑
健康飲料	果實	預防及治療癌症及肥胖等疾病
天然藥物配方	槲黃素為活性成份	治療哺乳類之結腸癌，特別在抑制、預防及破壞早期的癌細胞生長
天然藥物配方	果實、葉子	抑制、調節及處理蕈類及細菌之生長
天然藥物配方	果實	預防及治療骨關節炎疼痛
組成物	果實、葉子	治療念珠菌陰道症
茶類健康飲料	葉子、根部	檸檬香茅葉子可去除諾麗葉的不好聞味道，茉莉葉子可免除口中黏黏的感覺
萃取液	葉子、樹皮及根部	治療耳鳴
農業肥料	果實、葉子、樹幹、根及種子	對蔬菜(根莖類、葉菜類等)及水果、穀類等作物有促進生長作用，也可做為土壤調整、昆蟲害控制劑等，適合於有機栽培
功能性食料	葉子	改善便秘
飲用水	果實	去除腋臭、口臭等不舒適味道
功能性食材	果實	血管緊張素轉換酶抑制劑，治療高血壓很有用
精油	種子	用於按摩、化妝品及蠟燭等用途

表十、諾麗果 (Morinda citrifolia) 專利分析

Table 10. Patent analysis for Morinda citrifolia

專利號碼	公告日期	專 利 摘 要
US7264829	2007-09-04	從諾麗葉片獲得葉片萃取物的組成物及方法。此組成物精華液是組合諾麗植物的果汁及葉片萃取物而成，諾麗葉搗碎、乾燥後用酒精萃取。
JP2007091600A2	2007-04-12	口內產品如：牙膏、漱口水等抑制牙齒細菌的滋生。此產品是含有諾麗果萃取物為活性成份，可保持口腔洞穴的衛生及清潔。
JP2007055963A2	2007-03-08	用於食物/飲料產品、化妝品及醫藥用品的抗氧化物質。此物質可預防及治療老化及生命型態有關的疾病，它是含碳燒過(roasted)諾麗果之萃取物為活性成份，可改善此物質口味及極佳的抗氧化性。
US7186422	2007-03-06	用於治療糖尿病(特別是 type II)及其相關徵狀的天然藥物配方(naturaceutical formulation)，此配方至少含一種加工過的諾麗產品。諾麗產品最好是諾麗葉子的萃取物。
JP2007016015A2	2007-01-25	用於治療或預防亨廷頓舞蹈病(Huntington's disease, HD)及類風濕性關節炎(Rheumatoid arthritis)的組成物，此組成物包含預先設定量的諾麗加工產品。此組成物可抑制活體組織的去乙酰基酵素 (histone deacetylase, HDAC) 或腫瘤壞死因子轉化酶(tumor necrosis factor converting enzyme, TACE)，諾麗加工品是從諾麗葉子，用水、乙醇及蒸氣蒸餾而得的萃取物。
JP2007014208A2	2007-01-25	製備諾麗果的細粉末，可做成膠囊，用於治療過敏(allergy)及高血壓(hypertension)。過程為採收果實、熟化、均勻研磨、乾燥、磨成粉及熱殺菌。短時間熱殺菌溫度為 70 °C。
EP1206197B1	2006-10-25	獲得用於營養產品的膳食纖維(dietary fiber)之方法。從諾麗果汁過濾濕漿(wet pulp)，濕漿含纖維含量約佔重量 10-40%，再進行殺菌處理(pasteurizing)濕漿。
JP2006280382A2	2006-10-19	用諾麗(取自 Indian mulberry)配製成的動物食物產品。用於支撐動物體內平衡系統，回應刺激及放鬆需求，當做餅干或點心對健康很有用，此產品含有蛋白質、脂肪、維他命、礦物質、水及碳水化合物等。

表十、諾麗果 (Morinda citrifolia) 專利分析 (續)

Table 10. Patent analysis for Morinda citrifolia (continued)

專利號碼	公告日期	專 利 摘 要
US7122211	2006-10-17	當作保養爽膚(skin toner)的組成物很有用。此成份中加入諾麗配方，對皮膚保養有明顯的功效。
JP2006174752A2	2006-07-06	含諾麗的健康飲料很有用，可以預防及治療癌症及肥胖(obesity)等疾病。此飲料含醣類(saccharides)、鹽滷(bittern)混合諾麗果汁，再用去鹽水稀釋。此去鹽水目的可明顯抑制腫瘤及與諾麗果汁配合降低高脂血症(hyperlipemia)相關的血壓問題。
US7070813	2006-07-04	天然藥物配方用於治療哺乳類之結腸(colon)癌，特別在抑制、預防及破壞早期的癌細胞生長。其配方由諾麗加工產品組成，以槲黃素(querctetin)為活性成份。
US7048952	2006-05-23	諾麗天然藥物配方用於抑制、調節及處理蕈(fungal)類及細菌之生長。從諾麗植物或其加工品中，用乙醇、甲醇及乙酸乙脂等萃取所得萃取物，對蕈類及細菌有程度上的抑制活性。
US7033624	2006-04-25	諾麗加工產品的天然藥物配方，用於預防及治療骨關節炎疼痛(osteoarthritis)。諾麗加工產品選擇自諾麗果汁和過濾果菜汁(puree juice)。
US7014873	2006-03-21	諾麗加工產品的組成物，用於治療念珠菌陰道症(candidiasis)。加工產品來自諾麗之果汁、過濾果菜汁、油脂、膳食纖維等。
JP2005211063A2	2005-08-11	諾麗茶混合物做為健康飲料很有用。此混合物主要以乾燥的諾麗葉為主，混合輔助的乾燥茉莉(jasmine)葉、番石榴(guava)葉及薑黃(turmeric)根部及檸檬香茅(lemon grass)葉。檸檬香茅葉子可去除諾麗葉的不好聞味道，茉莉葉子可免除口中黏黏的感覺。
EP1261358B1	2005-01-05	使用諾麗(取自 Indian mulberry)萃取液治療耳鳴(tinnitus)。選擇性組合其它試劑如銀杏(Ginkgo Biloba)萃取液、維他命 C、番茄紅素萃取(lycopene)及天然輔酵素(coenzyme Q10)等。諾麗萃取液來自葉子、樹皮及根部。

表十、諾麗果 (Morinda citrifolia) 專利分析 (續)

Table 10. Patent analysis for Morinda citrifolia (continued)

專利號碼	公告日期	專 利 摘 要
JP2004359593A2	2004-12-24	合乎生態系統所需的農業肥料，對蔬菜(根莖類、葉菜類等)及水果、穀類等作物有促進生長作用，也可做為土壤調整、昆蟲害控制劑等，適合於有機栽培。此農業肥料組成為萃取諾麗的果實、葉子、樹幹、根及種子等。
JP2004097175A2	2004-04-02	諾麗的根部含有健康食物，可做為健康茶的原始材料。諾麗根部乾燥、細磨後，其粉末可直接做為健康茶的材料；另外粉末用熱水、酒精萃取後的萃取液再濃縮，濃縮液可組合其它細磨的輔助成份如環糊精(dextrin)、寡糖(oligosaccharides)等，乾燥後的細粉可做為健康食品。
JP2004075601A2	2004-03-11	諾麗葉子的萃取物用於功能性食料(foodstuff)，可改善便秘(coprostasis)。
JP2003342178A2	2003-12-03	提供一種去除腋臭(hircismus)、口臭(halitosis)等不舒適味道的方法，且不會有不良的副作用。此方法為攝取含諾麗的飲用水。
JP2003055248A2	2003-02-26	以諾麗為活性成份的血管緊張素轉換酶抑製劑(angiotensin converting enzyme inhibitor, ACEI)，做為食料，治療高血壓很有用。此抑製劑是用活性碳或矽膠去除諾麗的不舒服味道，且可保持酵素抑制的活性。
US6417157	2002-07-09	用於按摩油(massage oil)、化妝品及蠟燭的精油(essential oil)。此精油成份萃取自諾麗的種子。

六、 茶的簡介

(一) 茶葉的分類

國內茶葉是指由茶樹上摘下來的嫩芽或嫩葉，俗稱茶菁，經加工烘培製成，可沖泡或加工製成茶飲來飲用。茶葉的種類繁多，分類不易，在清朝時曾建立許多不同的系統（吳，1985）如：

依產地：分為武夷茶、平水茶、祁門茶、杭州烏龍等。

依季節：分為春茶、夏茶、秋茶、冬茶。

依湯色：分為黃湯、火青等。

依香氣：分為十裏香、桂花、蘭花、香片等。

依製法：分為發酵與不發酵、萎凋與不萎凋等。

依茶樹品種：分為鐵羅漢、鐵觀音、水仙、烏龍等。

依外型：銀針、雀舌、瓜片、珍眉、毛尖等。

目前一般較為接受的分類法，是依茶葉的製程的發酵程度來區分，如圖二十三所示，而發酵程度是以茶中多酚氧化酶（polyphenoloxidases）將兒茶素（catechins）氧化的結果而定，粗分為三大類（吳，1985）：

1. 不發酵茶

最為我們熟知的是綠茶，在製造過程中並無萎凋及攪拌等過程，茶菁摘採後直接進入炒菁步驟，炒菁是把茶菁中的酵素作用完全抑制，也因此保有最多茶菁的原始成分，例如兒茶素與葉綠素，因此茶湯的色澤較綠。

(1) 蒸煮茶：將茶葉置於 100°C 之蒸氣中，是茶葉中之多酚氧化失活，進行殺菁步驟，日本的綠茶大多採此法製作，如：煎茶、玉露、番茶和抹茶等。

(2) 鍋炒茶：將大鍋加熱至 300°C 後，再放入茶葉炒數分鐘使多酚氧化失活，中國自明朝以來，製茶的方式多採此法，如：玉綠茶、清茶等。

2. 半發酵茶

製程則是較不發酵茶多了萎凋及攪拌步驟，在這過程中，茶中一部分的化學成分會因酵素作用而發生了變化，產生了特殊的香氣及滋味，沖泡出茶湯的色澤與綠茶不同，變成金黃色至琥珀色，代表產品包括文山包種茶、凍頂烏龍茶、木柵鐵觀音等。

(1) 弱發酵茶：使用柔嫩的新芽，稍稍發酵，如：包種茶。

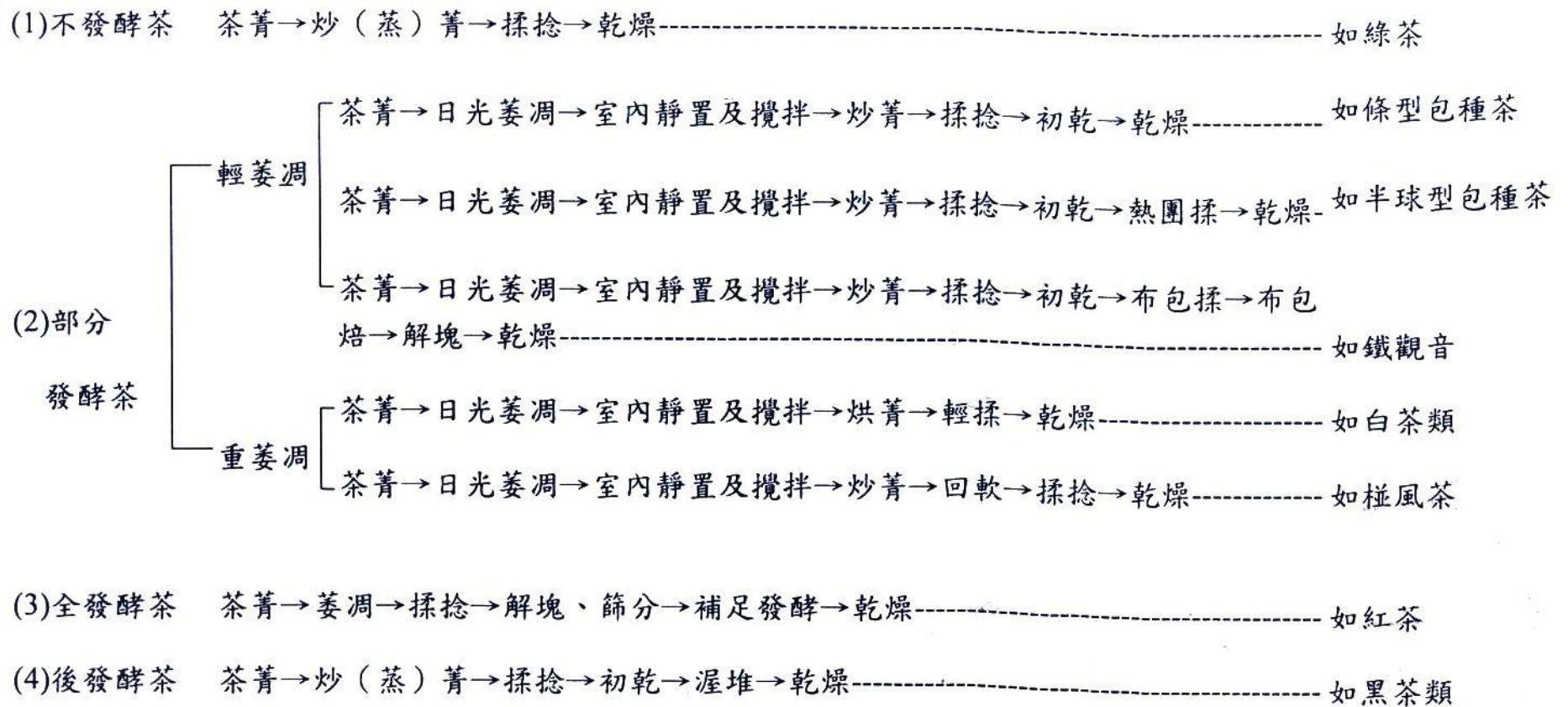
(2) 半發酵茶：於發酵半途停止其發酵，如：烏龍茶。

3. 全發酵茶

製作過程特殊之處在於其萎凋的程度最高且最完全，因而茶菁內原有的一些多酚類化合物氧化聚合生成茶黃質及茶紅質等有色物質，故茶湯色澤是深紅色，代表產品為紅茶。

(1) 完全發酵茶：茶葉經過揉捻後，讓茶葉充分發酵，如：紅茶。

(2) 後發酵茶：茶葉經過焙炒後，讓黑黴菌進行微生物發酵，近來廣受歡迎的普洱茶即屬之。



圖二十三、各種成茶之製造流程圖。

Fig 23. The flowchart of manufacturing procedures of tea.

(吳，2000)

(二) 茶的製程原理

1. 萎凋 (withering)

剛採下來的茶菁其水分含量高(約 75~88%)，細胞呈現飽和狀態，藉由萎凋將大量水分消散(又稱走水)，使得茶葉無法恢復膨脹(turgor)狀態，而變得柔軟有彈性，且以利後續的揉捻及發酵(Bokuchava and Skobeleva, 1980)，此稱為物理性萎凋(physical withering)；由於細胞水份消散，使細胞膜的通透性提高，使細胞膜內外物質相互接觸，經由酵素的催化反應而進行複雜的化學變化，形成茶葉特有的香氣、滋味和色澤等，稱為化學性萎凋(chemical withering)(Tomlins and Mashingaidze, 1997；阮，1995)。

2. 殺菁 (panning)

殺菁的主要目的是利用高溫炒菁或蒸菁的方式，來急速破壞茶菁中的多酚氧化酶(polyphenol oxidase)的活性，停止它繼續發酵及其他酵素(如 peroxidase、lipoxygenase 等)的作用，使茶葉的香氣、滋味及色澤，趨於穩定；亦可適度減少茶菁中的水分含量，並去除茶菁的青臭味及軟化組織，便於後續的揉捻製程(施，1996)。

3. 揉捻 (rolling)

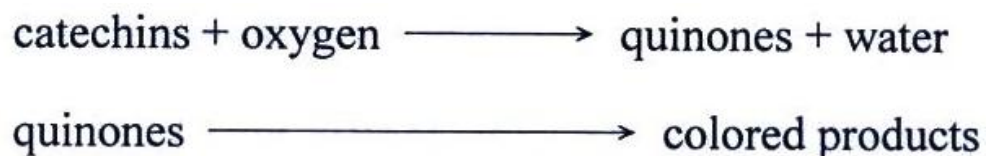
揉捻是利用外力使茶葉捲曲成形，並使茶葉內的細胞組織破壞，汁液流出附於茶葉的表面，使沖泡時可溶性成份易於溶出，

加強茶湯之香氣與滋味。(張, 1995) 此步驟非常重要, 可加速發酵的反應, 因為在茶葉的滲出液中, 含有兒茶素類 (catechins) 及兒茶酚氧化酶 (catechol oxidase), 在未破壞的細胞中, 兒茶素類及兒茶酚氧化酶是分開的, 於揉捻的過程中, 因細胞破壞而接觸, 引發了酵素反應 (洪, 2000)。揉捻的過程可以用很多不同的方法, 在印度揉捻以 30 分鐘為一次, 通常揉捻三次, 共須 1.5 小時 (Lee, 1983)。

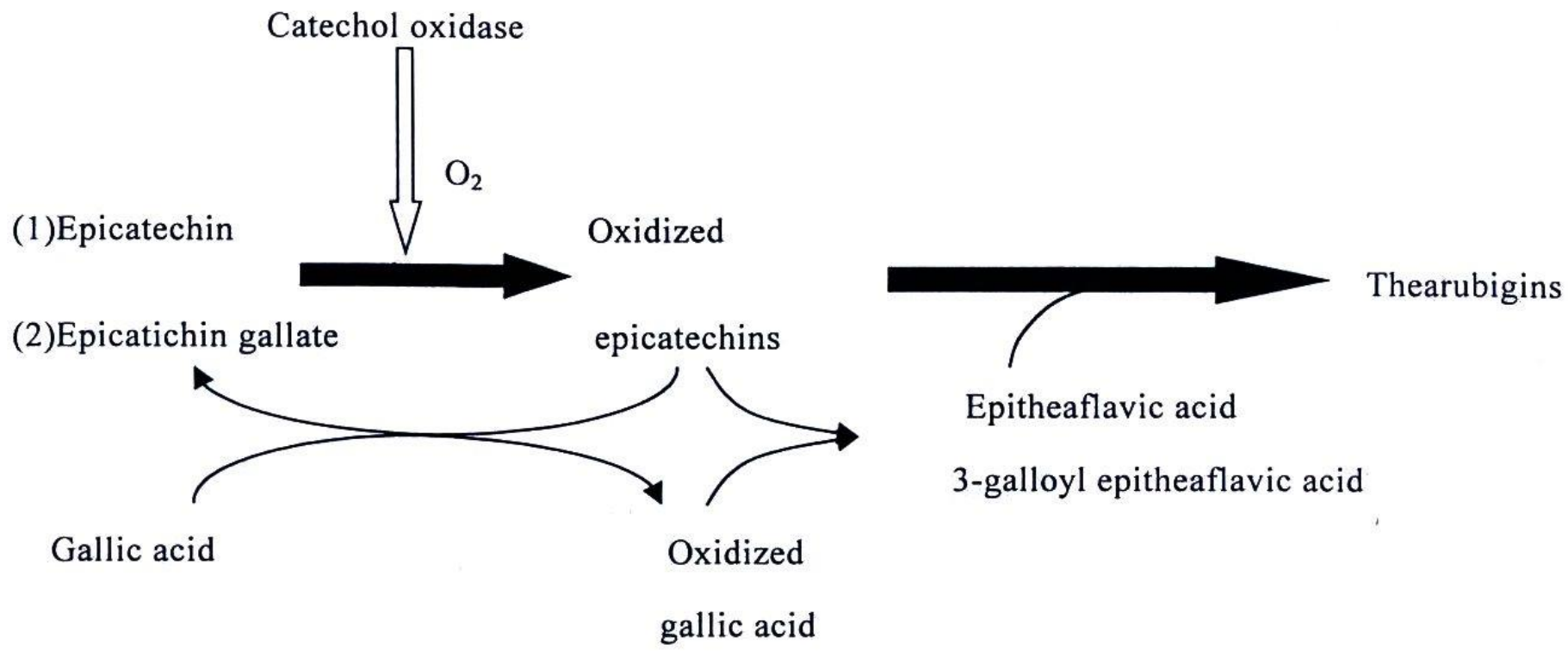
4. 發酵 (fermentation)

其輕微的發酵開始於萎凋的步驟, 較快速的發酵來自揉捻的操作, 在發酵過程中, 產生異於茶菁的口感與風味, 葉子從綠色轉變成紅銅色, 風味由青草味轉變為發酵茶的風味, 色素主要是由兒茶素類氧化生成的, 也是茶在浸泡時所產生顏色的來源 (Lee, 1983)。

Oparin (1935) 提出發酵過程中, 受傷的細胞所產生的氧化反應使大量的兒茶素類被氧化成醌類 (quinones), 使得醌類繼續氧化縮合成有色物質, 反應式如下:



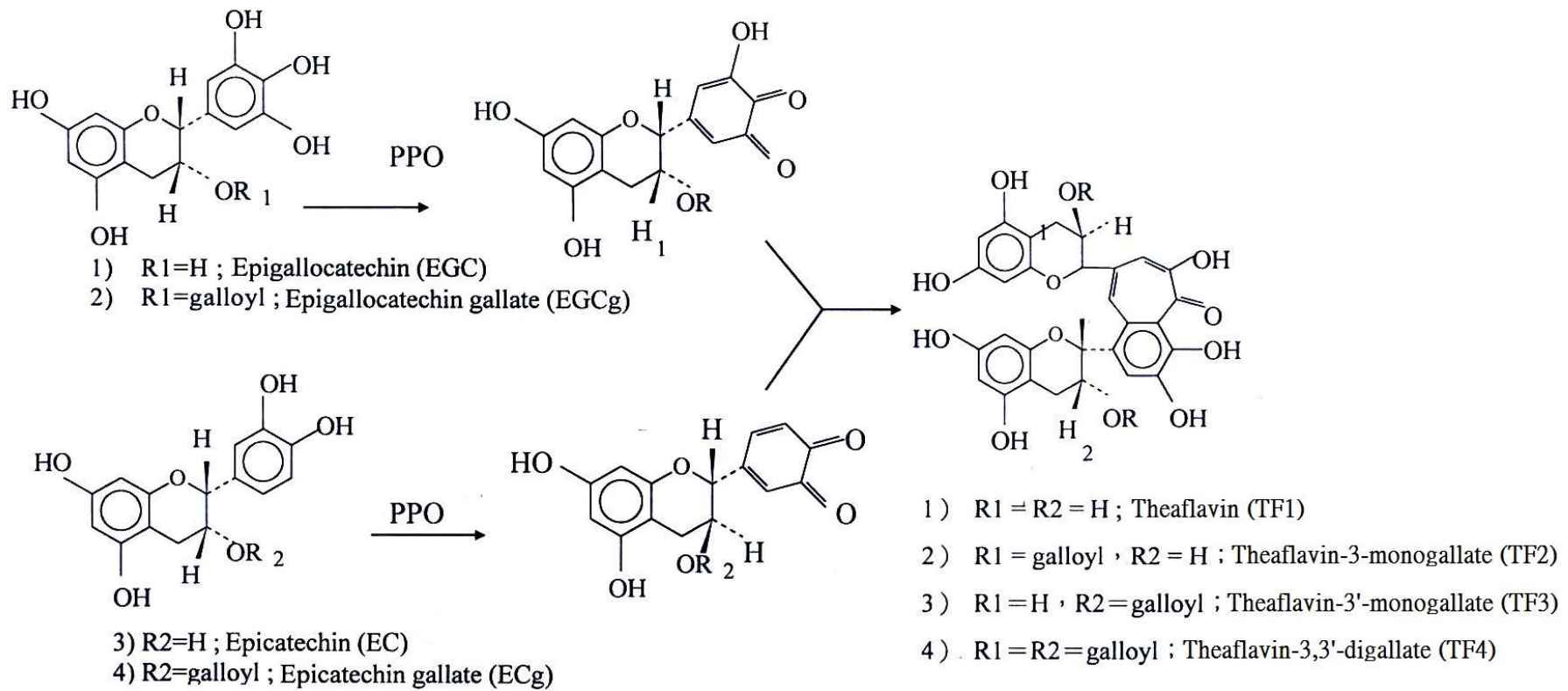
其兒茶酚類氧化所產生的有色物質, 主要分為兩大類, 茶紅質 (thearubigins) 及茶黃質 (theaflavins) (圖二十四、圖二十五)。



圖二十四、茶紅質之生成途徑。

Fig 24. Formation of thearubigins in black tea.

(Berkowitz et al., 1971)



圖二十五、茶黃質之生成途徑。

Fig 25. Formation of theaflavins in black tea.

(Sanderson et al., 1972)

5. 乾燥 (drying)

乾燥主要是利用高溫停止炒菁時殘留的活性，使茶葉不再繼續發酵，也停止生化反應，並固定茶葉品質，或利用乾燥或焙火的溫度改善茶葉的香氣及滋味，去除青臭味、減少澀味，並降低茶葉的水份含量至 4% 以下，以利儲藏、運銷 (阮，1995)。有學者指出，在乾燥過程中醣類含量下降，是因為糖類參與了焦糖反應 (caramelization) 或酵素性褐變反應，而賦予茶特殊的風味。

(Bokuchava, 1958)

(三) 茶菁的化學成份

茶菁的化學成份是指茶葉中新鮮狀態的各種化學成份，是影響品質的重要因素，其成分包含多酚類化合物、碳水化合物、蛋白質與游離胺基酸、脂肪酸、有機酸、揮發性香味、色素成分、植物檢與礦物質等。茶菁的一般含量如表十一所示，其中除了無法萃出的纖維占高達 30% 外，可溶部分則以多酚化合物含量最高。

1. 多酚類化合物 (Polyphenolic compounds)

多酚類化合物是茶菁中特殊且主要的成份，稱為茶多酚、茶單寧、茶鞣質，具有苦澀味及收斂性，又因大部分都能溶於水，所以又稱為水溶性鞣質，約占可溶性固形物之 40~60% (茶菁乾重 15~30%)，對茶湯之水色滋味影響甚鉅 (吳等，1975; Sanderson, 1972)。

茶中的多酚類化合物依其結構之差異，可分為四大類，其分子式、

分子量及含量如表十二所示：

(1) 黃烷醇類 (Flavanols)

黃烷醇類又稱為兒茶素類 (catechins)，為茶菁中含量最高的多酚類化合物，約占總量的 75~80%，其主要成份有 EGC (epigallocatechin)、EC (catechin) 及酯型之 EGCg (epigallocatechin gallate) 和 ECg (epicatechin gallate)，結構如圖二十六；在成茶當中，兒茶素類是形成色、香、味的主要物質，酯型兒茶素類具有強烈的收斂性，苦澀味較重；而非酯型的兒茶素類其收斂性弱，滋味醇和；又兒茶素類的含量會隨著鮮葉嫩度的下降而減少，使茶的苦澀味降低 (區等，1988)。其氧化聚合產物茶黃素繼續氧化為茶紅素，此氧化產物使茶色紅豔，滋味濃醇，苦澀感減少；一般而言，綠茶未經發酵，兒茶酚含量多，而紅茶發酵程度大，兒茶酚較少，氧化產物多。目前已經證實，兒茶酚及其氧化聚合物具有抗突變、抑制血壓及血糖上升、抗菌、抗蛀牙、防口臭、抗氧化等生理機能性 (Kada, 1985；Matsumoto, 1993)。

(2) 黃酮醇類 (Flavonols) 及其配醣體

黃酮醇類為類黃酮素類化合物 (flavonoids) 中的一類，其構造似花青素，但熱安定較花青素佳，多以配醣體形式存在於茶菁當中，如：quercetin-3-rhamnoside、quercetin-3-glucoside、kaempferol-3-glucose、quercetin-3-rhamnoglucoside 等，易溶於水且極為安定，也是茶湯中澀味的主要因子之一，其結構如圖二十七所示，但含有

表十一、茶菁的一般組成份

Table 11. Approximate general analysis of tea flush

Component	Fresh Flush ^a (%)
Protein	15
Fiber	30
Pigments	5
Caffeine	4
Polyphenols, simple	30
Polyphenols, oxidized	0
Amino acids	4
Ash	5
Carbohydrates	7
Volatile compounds	0.01

^aValues are expressed as percentage of whole tea dry weight.

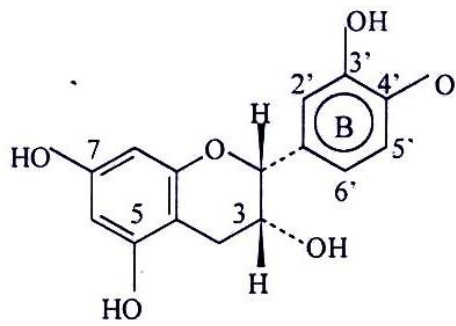
(Sanderson, 1972)

表十二、茶菁中主要的多酚化合物成份及其含量

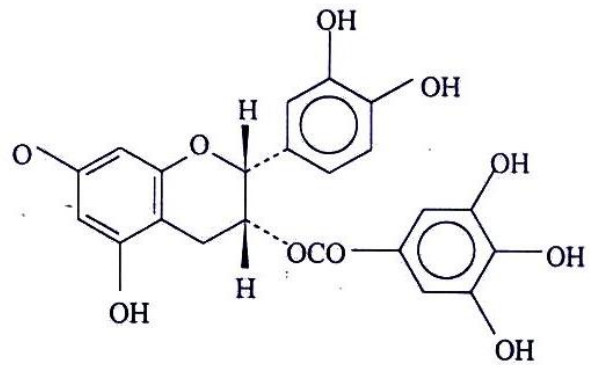
Table 12. Phenolic compounds in fresh tea flush

Polyphenol	分子式	分子量	含量(% 乾重)
Flavanols			
(-)Epicatechin (EC)	$C_{15}H_{14}O_6$	290	1- 3
(-)Epicatechin gallate (ECg)	$C_{22}H_{18}O_{10}$	442	3-6
(-)Epigallocatechin (EGC)	$C_{15}H_{14}O_7$	306	3-6
(-)Epigallocatechin gallate (EGCg)	$C_{22}H_{18}O_{11}$	458	9-13
(+)Catechin (C)	$C_{15}H_{14}O_6$	290	1-2
(+)Gallocatechin (GC)	$C_{15}H_{14}O_7$	306	-
Flavonols and glycosides			
Quercetin	$C_{15}H_{10}O_7$	302	-
Kaempferol	$C_{15}H_{10}O_6$	286	-
Quercetin 3-rhamnoglucoside	$C_{27}H_{30}O_{16}$	610	-
Kaempferol 3-rhamnoglucoside	$C_{27}H_{30}O_{15}$	594	-
Quercetin 3-rhamnodiglucoside	$C_{33}H_{40}O_{21}$	772	-
Kaempferol 3-rhamnodiglucoside	$C_{33}H_{40}O_{20}$	756	-
Leucoanthocyanins			2-3
Phenolic acids and depsides			~5
Gallic acid	$C_7H_6O_5$	170	-
Chlorogenic acids	$C_{16}H_{18}O_9$	354	-
<i>p</i> -Coumarylquinic acids	$C_{16}H_{18}O_8$	338	-
Theogallin	$C_{14}H_{15}O_{10}$	343	~1
Ellagic acid	$C_{14}H_6O_8$	302	-
Total polyphenol			25-35

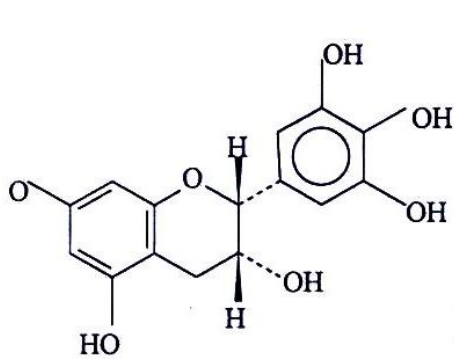
(Sanderson, 1972)



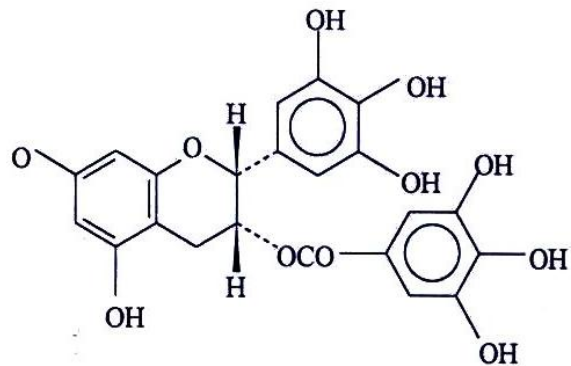
(-)-Epicatechin(EC)



(-)-Epicatechin gallate(ECg)



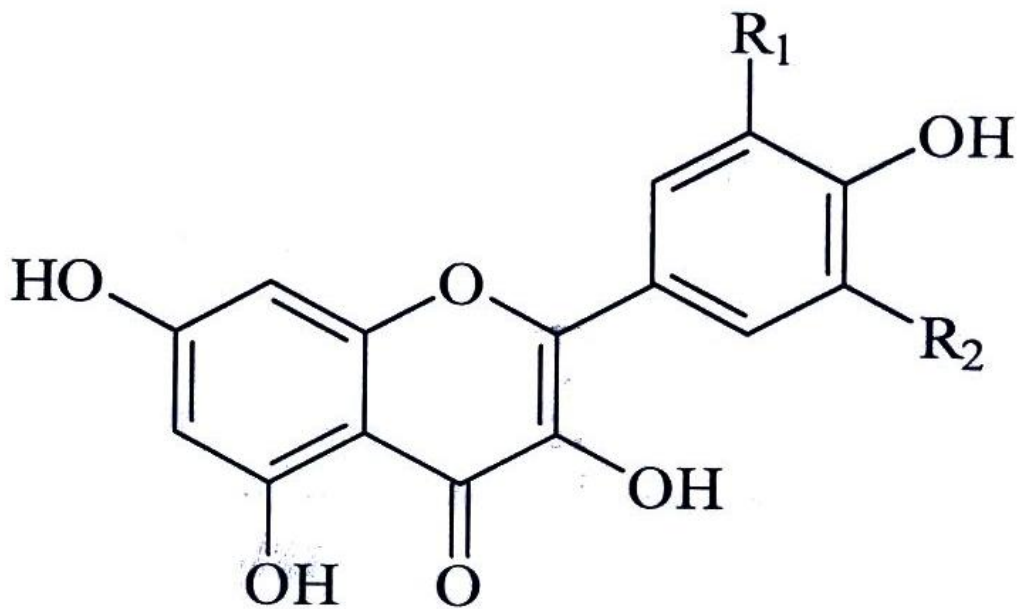
(-)-Epigallocatechin(EGC)



(-)-Epigallocatechin gallate(EGCg)

圖二十六、茶菁中各兒茶素之化學結構。

Fig 26. The structures of catechins in tea flush.



Kaempferol : $R_1=R_2=H$

Quercetin : $R_1=OH, R_2=H$

Myricetin : $R_1=R_2=OH$

圖二十七、黃酮醇類之結構式。

Fig 27. The structures of flavonols.

rhamnose 的黃酮醣配醣體為中國小葉種茶樹的特徵，在其他品種幾乎找不到這群化合物（甘，1981a）。

2. 無色花青素（Leucoanthocyanines）

無色花青素構造似花青素，本身無色，但在食品加工過程中轉變成有色物質；此成份與食品的澀味有關，是許多水果及飲料風味的來源（甘，1981a）。Roberts（1962）曾證實茶菁中含有八種以上無色花青素的成份，可由濾紙色層分析得之，其中以 leucocyanins 和 leucodelphinins 為主。無色花青素從未發現於紅茶中，可能在紅茶發酵過程中因酵素作用而氧化（甘，1981a）。

3. 酚酸類（Phenolic acids）及縮酚酸類（depsides）

於酚酸類及縮酚酸類中，以 theogallin 只存在茶菁中，且含量最高。（甘，1981b）

4. 生物鹼（Alkaloids）

植物體內有咖啡因（caffeine）、可可鹼（theabromine）及茶鹼（theaphylline）三種生物鹼。在茶菁中，咖啡因為主要的植物鹼，占乾重的 2.5~3.5%。咖啡因於茶湯中為提供苦味的成份，但於製茶過程中與多酚類結合產生複合物（caffeine tannate），此化合物帶有宜人的滋味和香氣（甘，1980）。

5. 蛋白質與游離胺基酸 (Proteins and free amino acids)

茶菁中蛋白質多為鹼性蛋白質，若與單寧 (tannin) 結合，易產生不溶性化合物，影響茶的滋味。而胺基酸中，以茶胺酸 (theanine) 的含量為主，其帶有甘味；於焙火時，胺基酸與還原糖之間產生梅納反應，使茶具有焙火香，為茶葉香氣的先驅物質 (吳，2000)。

6. 碳水化合物 (Carbohydrate)

Selvendran (1972) 等人發現茶菁成熟時，木質素 (lignin)、半纖維素 (hemicellulose) 及纖維素 (cellulose) 的含量會增加，且於製茶時，還原糖因焙火的溫度提高，與胺基酸反應而產生焙烤味。

7. 植物色素 (Plant pigments)

葉綠素 (chlorophyll) 與類胡蘿蔔素 (carotenoids) 為茶葉主要色素成份，二者為脂溶性，且為非單一化合物，而是依不同比例組合存在。於加工過程中會因酵素作用及受熱破壞而減少，因而影響茶的顏色 (Wickremasinghe, 1978)。

8. 脂質 (Lipids)

脂肪酸會隨著製茶過程之萎凋、發酵及乾燥等步驟因氧化、水解而減少，形成揮發性化合物 (Mahanta, 1985)。其中，不飽和脂肪酸於茶葉凋萎過程因氧化降解所產生的香氣物質則影響著茶葉的品質

(Tomlins and Mashingaidze, 1997.)。

9. 微量成份

灰份在茶中占乾重的 5%，其中約有 60~70%會溶於水中，而各成份中以鉀佔有率最高，達二分之一 (Wickremasinghe, 1978)。

(四) 可溶性成份之萃取

茶葉經溶劑沖泡，萃取後形成三種型態物質，分為液態可溶部分 (茶湯)、固態不可溶部分 (茶渣) 以及少量氣態揮發成份 (香氣成份等) (吳, 1981)。可溶性成份含量的多寡對茶的品質優劣影響很大，其影響可溶性成分萃取的因素包括：

1. 原料本身的影響

隨種植的品種、季節、採收部位及製程的發酵程度，都會影響可溶性成分萃取的含量。大葉種茶可溶性成份含量多，小葉種茶含量較少；越粗老的茶葉可溶性成份含量少，相對的不溶性成份含量多；而越嫩的茶葉其可溶性成分含量越多，所呈現的茶味較濃郁；而製茶過程中，可溶性成份易受發酵作用影響而遞減。

(吳, 1981)

2. 萃取條件的影響

茶中可溶性成份及主要化學成份隨萃取時間及溫度的增加而萃取率增加，但高溫 and 長時間萃取需要較高的成本外，也容易

造成茶湯的氧化（阮和黃，1988）。蔡和張（1986）在茶葉可溶性成分萃取研究中以 1：50（w/v）的茶葉濃度，萃取溫度自 70~100°C，以萃取 5~60 分鐘進行探討，結果發現不論以任何溫度萃取，萃取時間達 20 分鐘後，萃取曲線呈平滑曲線，即達該條件之最大萃取量，而可溶性固形物以 100°C 達到最高萃取量。

而萃取溶劑的極性也會影響茶葉的萃出率及萃出液的組成，茶多酚屬於類黃酮素，而醇類為類黃酮的最佳之萃取溶劑（王，1993；Shahidi et al., 1992）。林（1995）利用不同極性之單一溶劑萃取紅茶來進行口臭效果之評估，發現紅茶以水做為溶劑所得之萃出液，其除臭效果最好且萃出率與總酚類含量皆較其他處理來的高；當利用不同比例之溶劑萃取紅茶來比較，發現不論以甲醇/水或乙醇/水相混合，混合比例皆以 1:1 時，除口臭率和總酚類含量高，且較單一溶劑來的佳，表示溶劑對於不同茶中可溶性固形物之萃取影響很大。

由於茶湯萃取效率的因素非常多，主要包括萃取溫度、時間、茶葉形狀大小等（Liang and Xu, 2003）。一般來說，萃取用水溫度高，萃取茶湯的濃度就越濃，但咖啡因及多元酚等主要苦澀味成分溶出速率較大，滋味較低溫者苦澀。茶葉粒度會影響可溶性成份的萃取，粒度越小與萃取溶劑接觸面積越大，可溶性成分萃取率高，但是粒子太小，在茶湯的過濾時易堵塞，造成處理上的不便及篩檢材料的耗損增加，一般茶葉粒度 8~12mm 在飲料的

加工利用上效果最佳（林，2007）。

故要製造好的茶飲料，必須依不同的茶品特色而有不同的萃取溫度與時間，須搭配不同的萃茶設備，以萃出最佳的茶湯迅速投產，在依適當的比例調合成好風味的茶湯（林，2007）。

（五）官能品評-識茶

1975 年美國食品科技學會（Institute of Food Technologists, IFT）對於感官品評的定義為「以科學的方法藉著人的視、嗅、嚐、觸及聽等五種感覺，來測量與分析食品或其他人使用的物品之性質之一門學科」。感官品評是以科學的方法，使人能夠成為客觀的檢測食品感官品質之工具，並藉心理、生理、物理化學及統計等基本知識的了解及運用，使品評結果之精準度與再現性提高。應用感官來判定食品的感官特性，如質地是由人的觸覺；色澤或外觀是由視覺；氣味是由嗅覺；風味是由口腔內的味覺、觸覺與嗅覺所決定，每一種感覺均屬人的特殊器官之功能。食品感官品評的方法可分成二大類，第一類為喜好性或接受性，屬於消費者型的型態，以消費者或未經訓練的人做為品評員。第二類是試驗分析型，必須採用嚴格訓練過的人當品評員，其中包括差異性與描述型之分析及敏感度測試；而本實驗採用消費型之喜好性分析進行官能品評（區，2007）。

而「識茶」是茶藝的要項之一，也是不易精通的一項。茶葉

品質大多數是通過人的感官品評評定，因為茶葉中的成分較複雜，並不能通過某種成分的量化就能表達的（周，2004）。能辨識茶的品質，即能了解茶的基本特性，其辨識茶葉品質有五要訣「觀外形、聞香氣、看湯色、嚐茶味、察葉底」，其中每個項目又包含許多因子（阮，2004）。依此五要訣取其中三訣當品評項目，藉此品評諾麗葉茶以色、香、味，依此為本實驗的品評指標。表 13 為品茶五要訣。

表 13、茶品質分級的檢視標準

Table 13. Inspection standard of tea quality grading.

五大要訣：觀外形

辨識要點	對比辨識	辨識方法
一、視茶葉表面的色澤	<ol style="list-style-type: none"> 1. 茶葉的色澤以色度光艷帶油光、色澤均勻又呈現本身茶種的標準色澤為佳。 2. 反之，晦暗不明或色澤不勻的茶葉就不是上品了。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可於光線充足的地方或室外審視。 2. 只須相互作比較即可看出色澤的差異。
二、看條索的形態(由緊鬆程度可測出茶葉的老與嫩、粗與細、輕與重)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 條索愈緊結愈好；因新鮮茶菁愈細嫩，條索才能捻揉得愈緊結，而茶身也就相對的較重。 2. 條索鬆散粗碎則反之。 3. 除了條索的緊鬆外，也須注重條索捲曲的形態是否整齊及是否合乎標準的索型。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用同手取同量茶置於手中，或五指撮抓，稍加抖動也可測出輕重。 2. 一般是圓身比扁身緊結。 3. 以同等高度將茶葉放落鋁製或陶瓷盤內，聽其落聲的力勁，加以比較，也可以測出輕重。
三、看茶莖、葉的乾濕程度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 乾燥的茶葉較能維持其原質，且易於存放，乾燥不足的茶葉則反之。 2. 茶葉與茶梗愈乾燥愈好，否則則反之。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 用手折斷茶莖或茶梗，有清脆的折音表示乾燥，折音無力甚至折不斷，即表示乾燥程度不足。 2. 將茶葉握於手中，可感覺出其堅硬的刺覺。
四、看副茶*及夾雜物參雜的程度	<ol style="list-style-type: none"> 1. 茶葉裏多少都會參雜一些副茶及夾雜物，參雜愈少則品質愈高及愈衛生。 2. 反之，參雜量多者則品質不佳，不應出售。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可攤於手掌中審視，成茶以枝葉連理的一心兩葉為佳，連枝帶葉的茶枝也是正茶，斷落的茶枝才屬副茶，不可混為一談。
五、看茶葉中所含芽尖的多少	<ol style="list-style-type: none"> 1. 芽尖多者表示茶身細嫩者多，所以大多以芽尖多者為貴，尤其是高級烏龍、高級紅茶、高級香片、龍井等，都以有否芽尖有來決定品質的高下。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 看枝葉連理的成茶多不多。

附註：副茶*：是指茶枝、茶角、茶末、茶毛、輕片、粗茶等。

表 13、茶品質分級的檢視標準（接續）

Table 13. Inspection standard of tea quality grading.

五大要訣：聞香氣

辨識要點	對比辨識	辨識方法	附註
一、香味的感受性	<p>1. 各種茶的香氣愈明顯愈好，如烏龍茶的熟果香、包種的花香等便是。</p> <p>2. 各種茶的香氣以清純為上，一般而言，有時帶些微青草味也並非下品，但若有焦味、霉味、煙味甚至油臭等異味者則屬下品。</p>	<p>1. 宜採淺聞細入的聞法，聞乾茶法的方法是把茶葉附於鼻前，然後由口慢慢吹氣，再賞聞其香。</p> <p>2. 賞聞杯底留香時，應稍搖動杯子以散開熱氣，便可聞到冷香的風韻。</p> <p>3. 品聞茶香，可聞茶湯，也可待茶湯倒出後，掀開壺蓋聞壺裏香氣，傳香更佳。</p>	<p>1. 未泡茶葉(乾茶)的茶香也可作為選購的評賞。</p> <p>2. 聞茶湯香或茶渣香時，要注意熱氣直撲鼻際的刺激，尤其是聞茶渣時。</p> <p>3. 所謂香氣，一般而言，均無法如想像的那麼濃郁，但其隱微的陣陣飄香確可媲美天下香。</p>
二、香的程度	<p>1. 香氣能直透腦際、有清新爽朗之感者愈佳。</p> <p>2. 香氣留香愈久者愈佳。</p> <p>3. 香氣愈濃郁愈佳。</p>	<p>4. 聞香時，高腹杯較低平杯明顯。</p> <p>5. 聞茶湯也宜淺聞細入，使香氣經鼻道直入腦際。</p>	

表 13、茶品質分級的檢視標準（接續）

Table 13. Inspection standard of tea quality grading.

五大要訣：看湯色

辨識要點	對比辨識	辨識方法	附註
一、明亮度	1. 若夾雜太多茶末等物，泡後會因茶末浮於湯中而使湯色混濁不清。 2. 茶湯以明澈生動為貴。	1. 應於光線充足的地方觀察湯色。	1. 觀湯色以白底瓷杯為宜。
二、鮮艷度	1. 茶湯以濃艷為貴。 2. 反之，暗淡或濁濃的茶湯則不佳。	1. 可細觀杯面黃光層的色彩，看是否凝結生動，紅茶又特別明顯，但有這種現象的茶大部份都屬上選品的春茶。	1. 紅茶、烏龍茶的湯色較以濃艷為上；但包種或綠茶較淡也無妨。
三、自然度	1. 加料茶葉的色彩會失去原本的天然湯色。	1. 有經驗者看到失調的顏色會感覺不舒服。	1. 除非是有經驗，否則一般都較難觀察出茶的自然度。

五大要訣：嚐茶味

辨識要點	對比辨識	辨識方法	附註
一、茶味的濃淡與強弱	1. 茶湯入口，茶味圓滑甘潤、醇厚者為佳，反之苦澀味重、味淡者為下選品。	1. 茶湯入口，茶味濃淡的感覺在舌根，茶味的感應性在整個口腔與唾液，澀味在舌尖，苦味在舌根，喉韻性也在舌根。	1. 決定濃淡強弱程度者是茶的多元酚類（Polyphenols）與果膠物質。
二、茶味的感應性	1. 茶湯入口，能使舌、鼻、喉立即起感應作用者為佳。	2. 茶湯入口，含些在口中，由嘴吸氣滾動茶湯，可品嚐到茶味及賞聞到茶香。	2. 有刺激的感應乃源於茶素的作用。
三、茶味的純味性	1. 茶湯入口，有青臭味、陳茶味或其他雜味者皆不足取。	3. 若苦澀現象只是短暫而能即時回甘則無妨，若持續不變者乃下品。	3. 有收斂的感應乃源於單寧類的作用(收斂性以中和圓滑為貴，過分收斂並不見得好。)
四、茶味的喉韻性(即回甘的程度)	1. 回甘程度愈深厚、愈甘甜為佳。 2. 在喉部更有爽然的餘韻者更佳。	4. 製作時，消水過分會引至茶味淡薄，包水茶葉含水份多易生苦澀或青臭味，陳茶乾燥不足會生酸味。茶葉因收藏不當而吸取的各種味道，總稱雜味。	

表 13、茶品質分級的檢視標準（接續）

Table 13. Inspection standard of tea quality grading.

五大要訣：察葉底

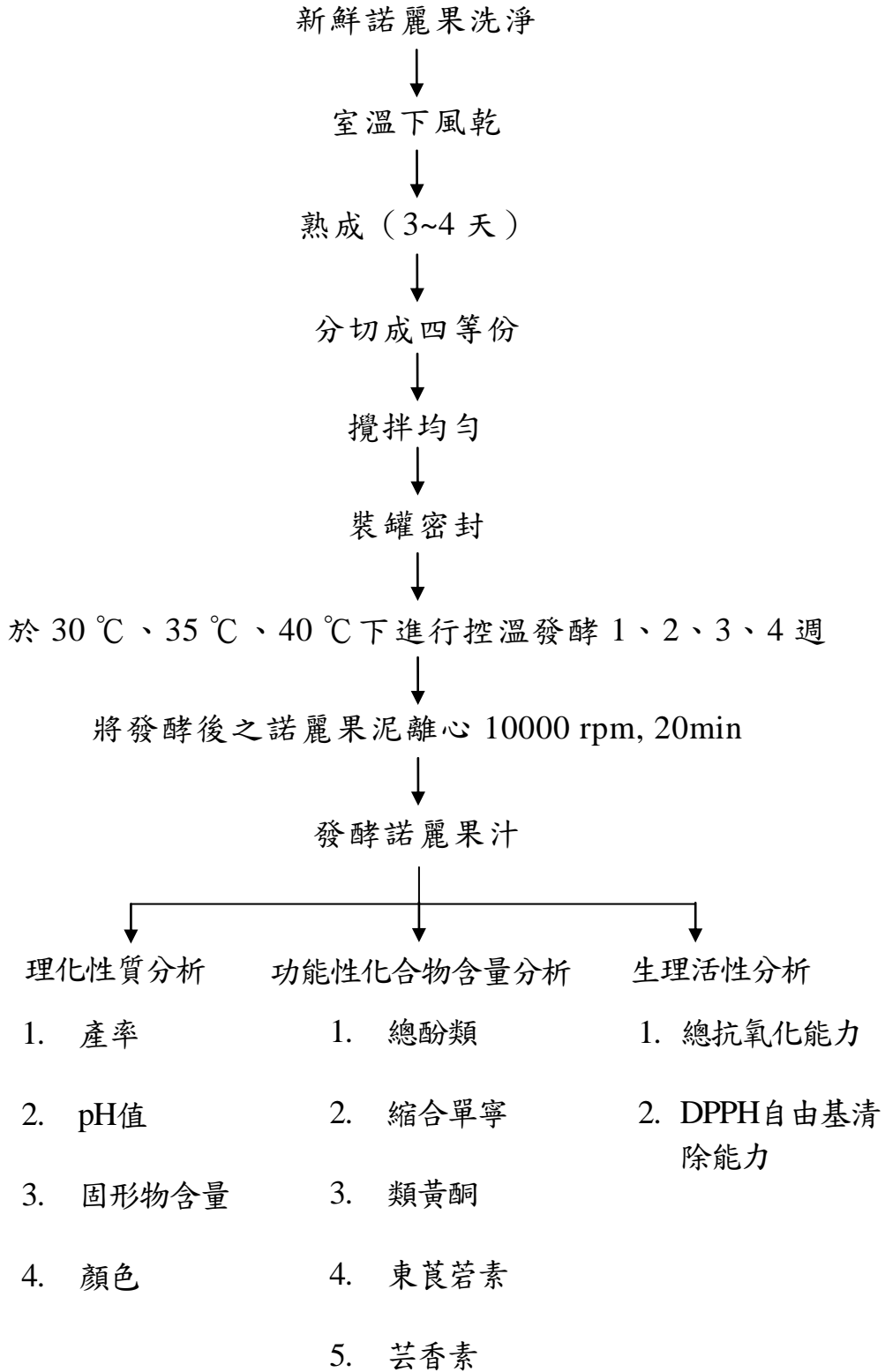
辨識要點	對比辨識	辨識方法	附註
一、看葉面的展開速度 (可測出茶葉的老嫩)	1. 展開速度稍慢(或展開程度較小)者為佳，因為粗老茶葉的條索的揉捻度較鬆，自然展開度就較快。 2. 反之，葉面不展開者則不佳。	1. 可選出帶黃綠的與油黑的兩種乾茶同時同量同溫置於杯中即可比較出展開速度。	1. 高級烏龍茶與屬綠茶的龍井因為以芽尖為重，所以揉捻較輕，葉底自易展開，選購時應注意此種例外。
二、看葉狀的新舊整碎	1. 新製茶葉的葉底顏色鮮明清澈；陳舊茶葉的葉底則呈黃褐或暗黑色。 2. 幼嫩鮮葉的葉底形狀完整；老舊葉底則多斷碎。 3. 以芽尖完整、枝葉連理者為上。	1. 取葉底觀看，鮮明者為幼嫩茶葉，暗淡者為粗老茶葉。 2. 連枝帶葉與芽尖為上品。	1. 一般非上選品的枝葉當不連理，更談不上芽尖的完整。
三、看茶身的厚薄	1. 春茶一般比夏茶厚，表示茶質豐富。	1. 可用手指觸摸比較。	
四、看葉底的消水程度	1. 茶底鮮明表示消水程度高。 2. 消水程度低(又稱包水)則色彩較暗淡且沒光度。	1. 取葉底細觀比較即可測知。	1. 消水程度即是鮮葉的脫水程度，一般稱為走水，與醱酵作用為一體兩面的作用，消水從葉莖及葉經葉脈起物理作用消出水份，醱酵則由葉緣尖處往內起化學變化。
五、看醱酵程度是否充足合宜。	1. 各種茶有其不同程度的醱酵，輕醱酵茶全葉以清澈為佳，中醱酵茶以鋸齒有紅邊為佳，重醱酵茶則葉片呈紅銅部份多。		

(<http://www.pcchkt.com/ch07.htm>)

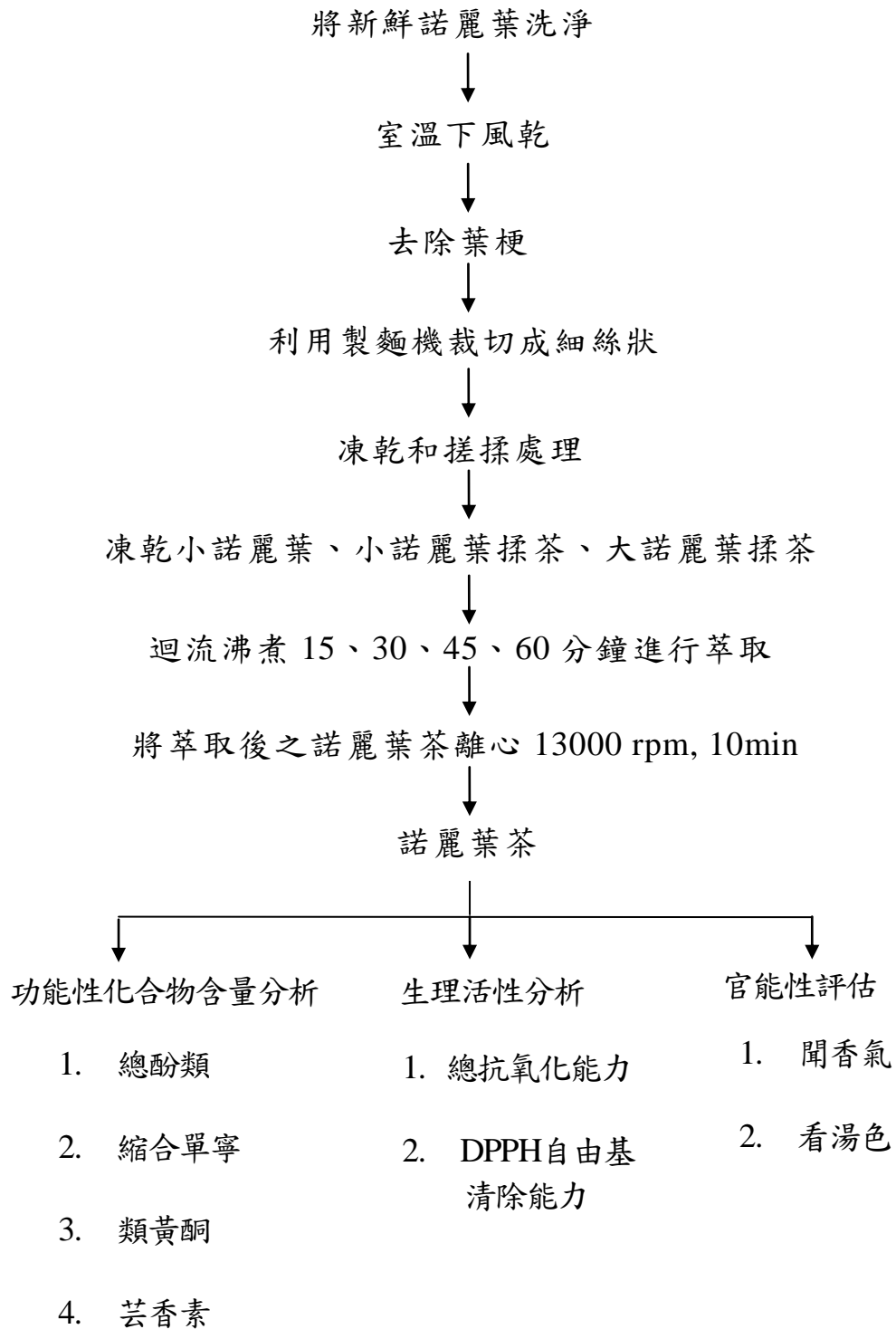
參、材料與方法

一、 實驗架構：

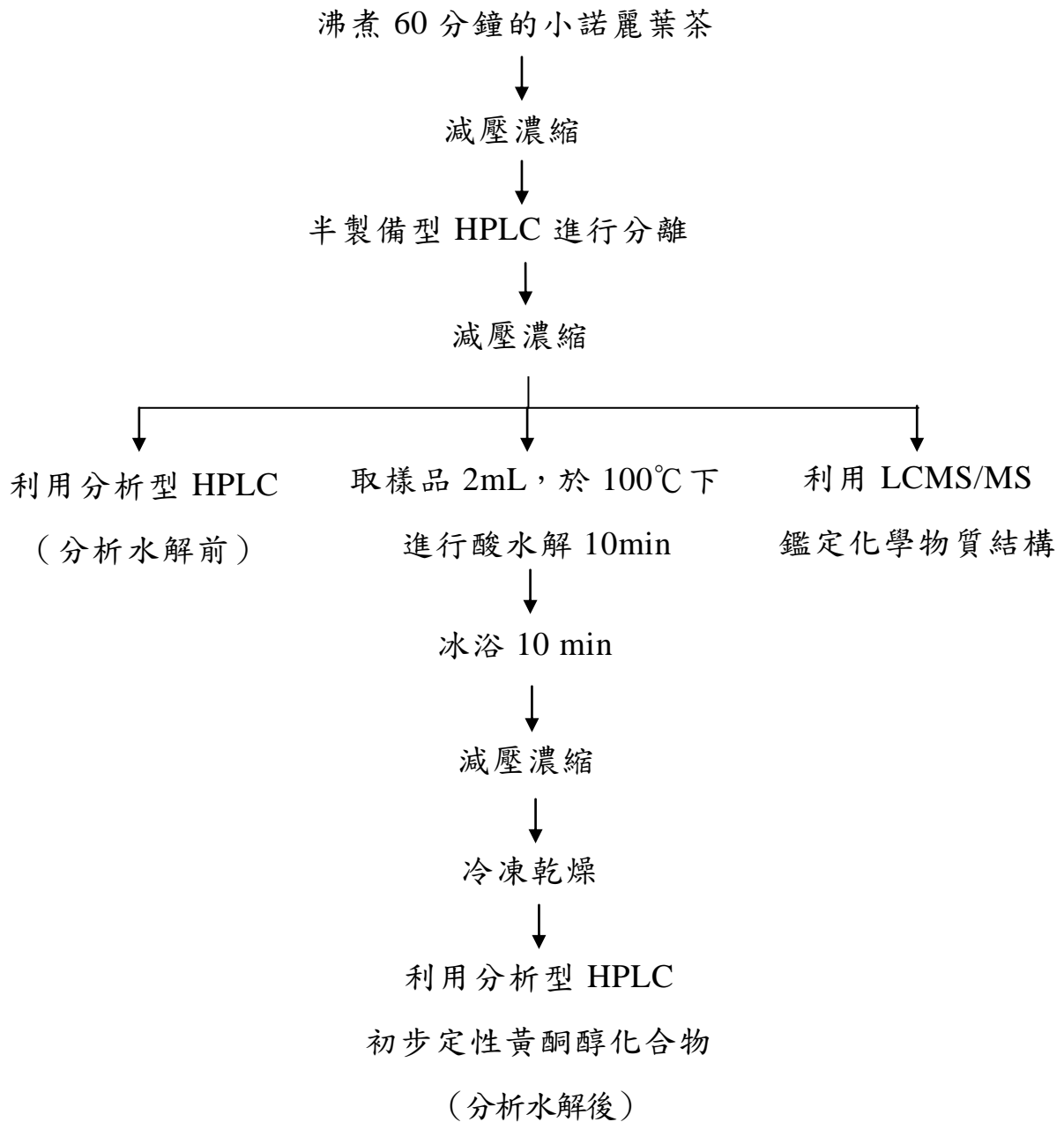
Part 1 諾麗果控溫發酵之研究



Part 2-1 諾麗葉茶最適萃取條件之研究



Part 2-3 諾麗葉茶功能性化合物鑑定與分析



二、 實驗材料：

(一) 原料

1. 諾麗果：本土品種小諾麗果，購自雲林縣東豐景觀園藝公司。
2. 諾麗葉：由大溪地引進品種之大諾麗果樹所取之葉子稱之為大諾麗葉，由本土品種小諾麗果樹所取之葉子稱之為小諾麗葉，珍果生技股份有限公司提供（來自屏東縣）。

(二) 試劑與試藥

1. Potassium acetate ($\text{KC}_2\text{H}_2\text{OOH}$)、sodium carbonate (Na_2CO_3)、Sulfuric acid (H_2SO_4)、購自 Riedel-deHaën, Germany。
2. 2,2' - azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS)、butylated hydroxyanisole (BHA)、(+)-catechin、2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH)、4-hydroxy-3-methoxy-benzaldehyde (vanillin)、peroxidase (from horseradish)、quercetin、quercetin-3 β -D-rutinoside (rutin)、Kaempferol、6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox)、Gallic acid、Folin-Ciocalteu's phenol reagent 購自 Sigma, U.S.A.。
3. Methyl alcohol (MeOH, HPLC grade) 購自 Mallinckrodt, U.S.A.。
4. Aluminium nitrate ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)、hydrogen peroxide (H_2O_2) 購自 Merck, Germany。
5. Acetonitrile (CH_3CN , HPLC grade) 購自 J. T. Baker, U.S.A.。
6. Scopoletin 購自 ACROS, U.S.A.。

7. Ethyl alcohol (C_2H_5OH) 購自 OSAKA 島久藥品株式會社，Japan。
8. Hydrochloric acid (conc. HCl) 購自聯工化學試藥，Taiwan。

三、 儀器設備

1. 發酵罐：G-706 優鮮密封罐（圓），以食品級 PS 材質製成，可耐熱 $80^{\circ}C$ ，容量 1500ml，台灣聯府塑膠股份有限公司。
2. 商用食品脫氧劑：DR 級，台灣小嵩無氧化學股份有限公司。
3. 高速低溫離心機：himac CR22G，日本 HITACHI 株式會社。
4. 恆溫培養箱：(1) NIR-153，日本 SANYO 株式會社。
(2) TKS LTI-601，台灣健鑫儀器有限公司。
5. 酸鹼度計：PHM82 STANDARD pH METER，丹麥 Radiometer corenhagen 公司。
6. 色差儀：UV-VISIBLE RECORDING SPECTROPHOTOMETER UV-2100，日本 Shimadzu 株式會社。
7. 分光光度計：UV-2100，美國 Unicon 公司
8. 數位折射計：PR-101 (Brix = 0.0~45.0%)，日本 ATAGO 株式會社。
9. 微量高速離心機：MIKRO 20，Hettich ZENTRIFUGEN，Germany。
10. 超音波水浴槽：BRANSON 5200，美國 Branson 公司。
11. 製麵機：Marcato Pasta Makers Mod 110 Mod 150，Italy。
12. 往復式振盪恆溫水槽：SB-302，台灣健鑫儀器有限公司。

13. 凍結乾燥機：FREEZE DRYER FD-5N，EYELA，Japan。
14. 減壓濃縮裝置：RE111，Buchi，Switzerland。
15. 恆溫循環水浴槽：Water Bath BH-130，YIHDER，台灣裕德科技有限公司。
16. 質譜儀：API3000 LC/MS/MS System Item，Applied Biosystems，Foster City，CA，USA。
17. 高效能液相層析儀（HPLC）：
 - I. 測定諾麗果汁中東莨菪素、芸香素含量
 - (1) 送液幫浦：Hitachi L-7100 Quaternary Pump，日本日立株式會社。
 - (2) 自動注射：Hitachi L-7200 Autosampler，日本日立株式會社。
 - (3) 管柱：Jupiter 4 μ Proteo 90A. 250 \times 4.6 mm 4micron 497632-1 (phenomenex)，USA。
 - (4) 層析控制與資料處理器：Hitachi L7000-Series HPLC System，日本日立株式會社。
 - (5) 偵測器：UV-VIS DETECTOR，Hitachi L-7。
 - II. 初步定性諾麗葉茶中東莨菪素、芸香素化合物
 - (1) 送液幫浦：Agilent 1100 series Quaternary Pump，Germany。
 - (2) 除氣裝置：4 channel degasser，GASTORR AG-14，Japan。
 - (3) 管柱：Jupiter 4 μ Proteo 90A. 250 \times 4.6 mm 4micron 497632-1 (phenomenex)，USA。
 - (4) 積分儀：Chromatocorder 21，SYSTEM INSTRUMENTS CO.,

LTD, Japan。

(5) 偵測器：UV-VIS DETECTOR, S-3702, Soma, Japan。

III. 光電二極體高效能液相層析，利用全波掃描諾麗葉茶中化合物的主要吸收波長

(1) 送液幫浦：Hitachi L-7100 Quaternary Pump, 日本日立株式會社。

(2) 管柱：Jupiter 4 μ Proteo 90A. 250 \times 4.6 mm 4micron 497632-1 (phenomenex), USA。

(3) 層析控制與資料處理器：Hitachi L7000-Series HPLC System, Japan。

(4) 偵測器：PDA (Photo Diode Array) detector, 光二極體陣列層析器, L-7450 Photo Diode Array Detector, Japan。

IV. 高效能液相 (HPLC)：大量製備與純化分離

(1) 幫浦與梯度混合器：L-6200 Intelligent Pump, 日本 HITACHI 株式會社。

(2) 製備型管柱：Jupiter 4 μ Proteo 90A 250 \times 10.0 mm 4micron 497633-1 (phenomenex), USA。

(3) 偵測器：UV-VIS DETECTOR, S - 3702, Soma, Japan。

(4) 積分儀：Chromatocorder 21, SYSTEM INSTRUMENTS CO., LTD, Japan。

四、 實驗方法

(一)理化性質分析

1. 果汁產率

將發酵好的諾麗果泥取出，用離心機分離出果汁後秤其重量，再將果汁放入4℃下保存。由此計算壓榨出的諾麗果汁量即產率，結果以百分比（%）表示之，算式如下：

$$\text{果汁產率 (\%)} = \frac{\text{諾麗果汁重 (g)}}{\text{諾麗果實重 (g)}} \times 100 \% \quad (1)$$

2. pH 值分析

取 10mL 離心之 noni 果汁，於室溫下，利用酸鹼度計，依據電位差之原理測定 noni 果汁其酸鹼值之變化。

3. 可溶性固形物含量

利用光折射原理測試可溶性固形物含量，以糖度（°Brix）表示之。先以去離子水對數位折射計校正歸零，拭乾後滴加 100 μL 樣品於儀器上，待其顯示數值紀錄之。

4. 色澤分析

利用色差儀測定諾麗果汁於發酵過程之顏色變化。以 CIE 1976 color space (CIELAB)作為測色標準(傳統的 Hunter Lab 僅

以平方根演算，以立方根演算的 CIELAB 值更能準確的表示顏色)，結果以 lightness (L^* ，明亮度)、 a^* (綠紅軸參數)、 b^* (藍黃軸參數) 表示。 L^* 接近 100 時表偏白，接近 0 時表偏黑；+ a^* 表越趨於紅色，- a^* 表越趨於綠色；+ b^* 表越趨於黃色，- b^* 表越趨於藍色。

(二) 功能性化合物含量分析

1. 總酚化合物 (Total phenolic determination)

原理：參考 Julkunen-Titto (1985) 之方法。福林酚試劑 (Folin-Ciocalteu's phenol reagent) 可與酚類化合物之 OH 基行還原反應，使其中的磷鉬酸與磷鎢酸複合物產生電子轉移，產生由黃至藍的顏色變化，而於波長 735 nm 下有吸光。

步驟：取 50 μ L 離心後果汁，加入 1mL 去離子水和 500 μ L 福林酚試劑，混合後再加入 2.5 mL 0%碳酸鈉提供鹼性環境，混合均勻後室溫反應 20 min，以分光光度計測試 735 nm 之吸光值。並以不添加福林酚試劑之反應為空白組對照組。

計算：沒食子酸 (gallic acid) 為標準品並製作標準曲線 (附錄一)，樣品組減去空白組為實測值。諾麗果汁中總酚類化合物含量由此標準曲線求得相對沒食子酸之量，以 μ g gallic acid equivalent/mL 表示。

2. 類黃酮 (Flavonoid determination)

原理：參考 Wang (1997) 之方法。黃酮類在鹼性條件下會與鋁鹽生成螯合物，呈紅色變化，於 415 nm 下有吸光。

步驟：取 250 μ L 離心後果汁，加入 50 μ L 10% 硝酸鋁提供鋁鹽，加入 50 μ L 1M 醋酸鉀提供鹼性環境，加入 1.4 mL 去離子水後均勻混合，於室溫下反應 40 min，以分光光度計測試 415 nm 之吸光值。

計算：以槲皮酮 (quercetin) 為標準品並製作標準曲線 (附錄二)，不添加硝酸鋁之反應為空白組，樣品組減去空白組為實測值。諾麗果汁中類黃酮含量由此標準曲線求得相對槲皮酮之量，以 μ g quercetin equivalent/mL 表示。

3. 縮合單寧 (Condensed tannin determination)

原理：參考 Julkunen-Titto (1985) 之方法。原花青素 (proanthocyanidin) 與其他酚類不同，在酸性環境中可與香草醛 (vanillin) 作用，產生紫色顏色變化，而於 500 nm 下有吸光。

步驟：取 250 μ L 離心後果汁，加入 1mL 4% vanillin (w/v in MeOH) 避光搖勻，再加入 500 μ L 濃鹽酸提供酸性環境，混合均勻後於室溫反應 20 min，以分光光度計測試 500 nm 之吸光值。以不添加香草醛之反應為空白組。

計算：兒茶素 (catechin) 為標準品並製作標準曲線 (附錄三)，樣

品組減去空白組為實測值。諾麗果汁中縮合單寧含量由此標準曲線求得相對兒茶素之量，以 mg(+)-catechin equivalent/mL 表示。

4. 東莨菪素 (scopoletin) 與芸香素 (rutin)

參考王 (2008) 之方法並加以修飾。使用 Autosampler 搭配逆相層析 (RP-HPLC) 可快速分離並定量諾麗果汁中的東莨菪素與芸香素含量。分析條件如下：

Column : Synergi 4 μ Fusion-RP 80 , 250 \times 4.6 mm , Phenomenex[®]

Mobile phase : 0-30 min : 100 % dd. H₂O \rightarrow 30 % acetonitrile

30-40 min : 30 % acetonitrile \rightarrow 0 % acetonitrile

40-50 min : 100 % dd. H₂O \rightarrow 100 % dd. H₂O

Flow rate : 0.8 mL/min 。

Detector : UV 345 nm 。

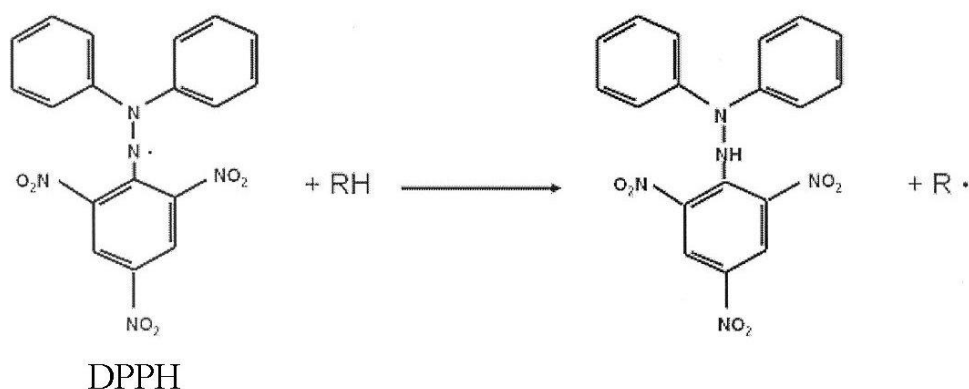
計算：以東莨菪素和芸香素標準品製作標準曲線 (附錄四、五)，諾麗果汁中東莨菪素與芸香素含量由此標準曲線求得，分別以 μ g rutin/mL 和 μ g scopoletin/mL 表示。

(三) 生理活性分析

1. DPPH 自由基清除能力 (DPPH free radical scavenging activity)

原理：參考 Robak (1988) 之方法並加以修飾。DPPH 自由基清除

能力常用來評估抗氧化物其提供氫的能力。DPPH 為一種較穩定的自由基，其甲醇溶液呈紫色，在 517 nm 下有吸光。當 DPPH 自由基與抗氧化物質作用後，由抗氧化物質提供氫，而使 DPPH 自由基失去顏色，使吸光值降低。吸光值減少越多則抗氧化能力越強。其反應機制：



(Yamaguchi et al., 1998)

步驟：取 600 μ L 離心後果汁，加入 600 μ L 0.008% DPPH 甲醇溶液，混合均勻後避光反應 30 min，以分光光度計測試 517 nm 之吸光值。以不添加 DPPH 自由基之反應為空白組。

計算：BHA 為標準品並製作標準曲線（附錄六），樣品組減去空白組為實測值；不添加抗氧化物為控制組，諾麗果汁中 DPPH 自由基掃除能力由此標準曲線求得相對 BHA 之量，以 μ g BHA equivalent/mL 表示。算式如下：

$$\text{DPPH 自由基掃除能力 (\%)} = \left[\frac{(\text{A}_C - \text{A}_{CB}) - (\text{A}_S - \text{A}_{SB})}{(\text{A}_C - \text{A}_{CB})} \right] \times 100\% \quad (2)$$

A_C = 不添加抗氧化物而添加 DPPH 自由基組之吸光值

A_{CB} = 不添加抗氧化物與 DPPH 自由基組之吸光值

A_S = 添加抗氧化物與 DPPH 自由基組之吸光值

A_{SB} = 添加抗氧化物而不添加 DPPH 自由基組之吸光值

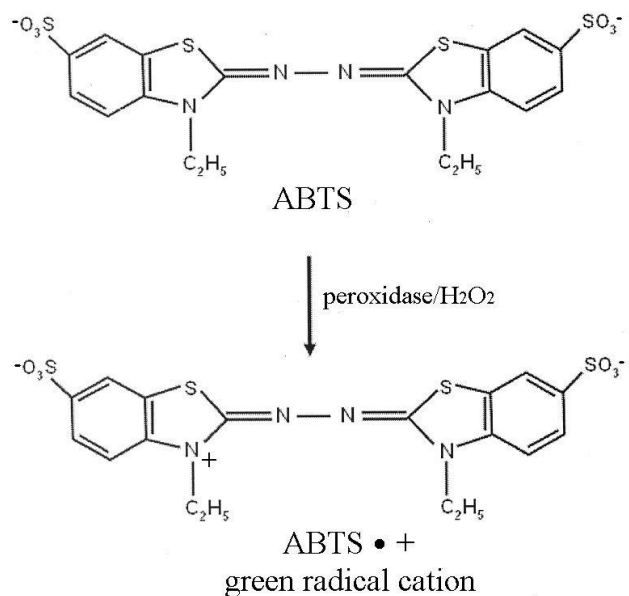
2. 總抗氧化能力 (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)

原理：參考 Miller (1993) 之方法。Horseradish peroxidase 會催化

H_2O_2 與 ABTS 形成穩定的 $ABTS \cdot^+$ ，此為穩定的藍綠色物質，在 734nm 下有吸光。當 $ABTS \cdot^+$ 自由基與抗氧化物質作用後，會使 $ABTS \cdot^+$ 自由基失去顏色而吸光值降低。吸光值減少越多則抗氧化能力越強。

步驟：將 2,2-azino-bis- (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

(ABTS)、peroxidase 與 H_2O_2 混合均勻，使最後濃度分別為 4.4unit/mL、 $100 \mu M$ 、 $50 \mu M$ ，於室溫下避光反應 1hr，使其成為穩定的 $ABTS \cdot^+$ 自由基反應試劑。取 0.25 mL 離心後果汁，加入 2.25 mL $ABTS \cdot^+$ 自由基反應試劑，混合均勻後避光反應 10min，以分光光度計測試 734nm 之吸光值。以不添加 $ABTS \cdot^+$ 自由基之反應為空白組。反應式如下：



計算：Trolox 為標準品並製作標準曲線（附錄七），樣品組減去空白組為實測值；不添加抗氧化物為控制組，計算因抗氧化物所減少之自由基吸光值可得相對掃除能力，諾麗果汁中 ABTS^{•+} 自由基掃除能力由此標準曲線求得相對 Trolox 之量，以 $\mu\text{g Trolox equivalent/mL}$ 表示。算式如下：

$$\text{ABTS}^{\bullet+} \text{ 自由基掃除能力 (\%)} = \left[\frac{(A_C - A_{CB}) - (A_S - A_{SB})}{(A_C - A_{CB})} \right] \times 100\% \quad (3)$$

A_C = 不添加抗氧化物而添加 ABTS^{•+} 自由基組之吸光值

A_{CB} = 不添加抗氧化物與 ABTS^{•+} 自由基組之吸光值

A_S = 添加抗氧化物與 ABTS^{•+} 自由基組之吸光值

A_{SB} = 添加抗氧化物而不添加 ABTS^{•+} 自由基組之吸光值

(四) 官能品評

大諾麗葉揉茶、小諾麗葉揉茶、凍乾小諾麗葉茶經沸煮後，產品色澤與氣味均產生差異。為了解消費者是否可接受此類健康飲品，故進行官能品評測試，利用視覺（顏色）、嗅覺（氣味）與味覺（口感）三種感官。本實驗參考食品官感檢驗手冊（1984）採取順位法（Ranking test）進行測試。順位法常用於迅速的篩選樣品而從中挑出最好的，適合視覺或嗅覺的評測；分數為 1 ~ 9 分，1 分為極少、極低、最不喜歡等，9 分為極多、極高、最喜歡，附錄八為本實驗之官能品評表。

首先進行品評之喜好排位測試，取煮沸 60 分鐘大諾麗葉揉茶、小諾麗葉揉茶和凍乾小諾麗葉三種樣品進行品評，逢機挑選 15 名本系研究生作測試，找出受試者最能接受的產品，並比較功能性化合物之變化是否一致。綜合上述實驗結果，歸納出最符合消費者喜好之諾麗葉茶。

(五) 諾麗葉茶儲藏安定性試驗

將諾麗葉茶半成品裝入含螺旋蓋之容器密封，以 65°C 水浴加熱 1 天，隔日移至室溫靜置後，再以 65°C 水浴加熱 1 天，總計共加熱 2 天，以確保能完全消除產孢菌與其他病原菌，經 4°C 冷藏、室溫下避光與不避光之一個月的儲藏，來進行功能性化合物及生理活性分析。

(六) 諾麗茶中功能性化合物及其衍生物之分離與鑑定

1. 利用 RP-HPLC 進行定性和定量分析

(1) 諾麗葉茶功能性化合物之全波掃描分析與定性分析

取標準品 20 μ L 之 scopoletin 100 μ g/mL 和 rutin 100 μ g/mL，和煮沸 15 分鐘之大諾麗葉揉茶、小諾麗葉揉茶樣品，利用 RP-HPLC 並搭配 PDA (Photo Diode Array) detector 進行全波掃描 220 ~ 400 nm 之定性分析。

(2) 諾麗葉茶之酸水解分析

取 2 mL 由諾麗葉茶中分離出來的功能性化合物加入 1mL 12N HCl，使其形成 6 N 的酸性環境，於 $100 \pm 1^\circ\text{C}$ 水浴下水解 10 分鐘。水解後，冰浴、減壓濃縮並冷凍乾燥後，復溶於甲醇中。再以 RP-HPLC 進行分析，分析三種諾麗葉茶水解前後之變化。利用 RP-HPLC 進行定性和定量分析，分析條件如下：

Column：Synergi 4 μ Fusion-RP 80，250 \times 4.6 mm，Phenomenex[®]

Mobile phase：0-30 min：100 % dd. H₂O \rightarrow 30 % acetonitrile

30-40 min：30 % acetonitrile \rightarrow 0 % acetonitrile

40-50 min：100 % dd. H₂O \rightarrow 100 % dd. H₂O

Flow rate：0.8 mL/min。

Detector $\left\{ \begin{array}{l} \text{UV Detector：UV 345 nm。} \\ \text{PDA detector：220 nm-400nm。} \end{array} \right.$

2. 諾麗葉茶中主要黃烷醇化合物之分離純化

以半製備型 Jupiter 4 μ Proteo 90A 250 \times 10.0 mm 4micron (phenomenex, USA) 分離純化諾麗葉茶中主要黃烷醇化合物，以注射 100 μ L 之經 60 分鐘沸煮的小諾麗葉揉茶，觀察層析圖並收集六隻主要波峰之沖提液，經濃縮乾燥後，進行而後之鑑定。分析條件如下：

Column : Jupiter 4 μ Proteo-90A , 250 \times 10.0 mm , Pheno menex[®]

Mobile phase : 0-30 min : 80 % dd. H₂O \rightarrow 25 % acetonitrile

30-40 min : 25 % acetonitrile \rightarrow 20 % acetonitrile

40-50 min : 80 % dd. H₂O \rightarrow 80 % dd. H₂O

Flow rate : 2.0 mL/min。

Detector : UV 345 nm。

3. 分子量測定

純化之諾麗葉茶功能性化合物利用液相層析-質譜 (API3000 LC/MS/MS System Item) 測定其分子量。分析條件如下：

(1) PEAK 4 化合物之鑑定條件

以 0.01% TFA in H₂O 和乙腈 (acetonitrile) 作為移動相，流速為 1.0 mL/min，注射量 5 μ L，偵測條件如下：

Instrument condition	ESI+/MS/MS
IonSpray Voltage (eV) : 5000	Parent ion (amu) : 727
Temperature (°C) : 400	Collision Energy (eV) : 30
Scan range (amu) : 200 ~ 1600	Scan range (amu) : 50 ~ 900

(2) PEAK 6 化合物之鑑定條件

Items	Positive	Negative
DP (Declustering Potential) (Volts)	30, 60, 90	-30, -60, -90
FP (Focusing Potential) (Volts)	200	-200
EP (Entrance Potential) (Volts)	10	-10
MEB (Nebulizer Gas)	4	4
CUR (Curtain Gas)	6	6
IS (Ionspray Voltage)	5500	-4500

(七) 統計分析

本實驗之實驗數據以平均值 \pm 標準偏差 (mean \pm standard deviation) 表示，並採用 Statistical Analysis System (SAS) 8.0 版之統計軟體進行變異數分析 (analysis of variance , ANOVA)、Duncan' s multiple range test 等統計分析，比較結果是否有顯著差異性， $p < 0.05$ 即視為具顯著差異。

肆、結果與討論

Part 1 諾麗果控溫發酵之研究

一、理化性質分析

1. 諾麗果之果汁產率

諾麗果在尚未完全成熟時便摘取下來，此時果實質地堅硬，可保護於運送過程中不會遭受傷害（圖二十八a），待到達加工場所時予以清潔並風乾，並於室溫下自然熟成，成熟後呈半透明柔軟狀（圖二十八b），可輕易用刀具切開，但尚能維持果實形體。裝罐發酵後，隨著發酵時間的進行，果膠酵素作用，果膠逐漸被分解而釋出汁液。果汁由果實中自然地滲出，隨著發酵時間的增長，滲出之果汁顏色由淺褐色漸漸變成深褐色。且軟化之果實較有利於汁液之壓榨，因此利用離心機把果汁離心出來。實驗結果，顯示約在發酵一週後，外觀上可明顯觀察到果汁自果泥滲出，果泥在頂部沉積，汁液於頂部聚集形成小水灘（圖二十九a）。

發酵首週各組的果汁產率均有提升（圖三十、附錄九），產率從未發酵時的 49.85%，經一週的控溫發酵，產率提升約 $6.27 \pm 0.5\%$ 左右。30°C 的組別在發酵首週便達到 56.5% 的產率，40°C 的組別需至第二週才能達到相同水準的產率。整體來說，略微提升溫度可促進果膠酵素的作用隨發酵時間的增加，果汁產率逐漸提升（林，2010），而在第三週達到最高，經 30°C、35°C、40°C 控溫發酵三週分別為 57.22%、57.41%、57.93%，與文獻記載的 57.8% 相當（Newton, 2003），但三組控溫發酵於

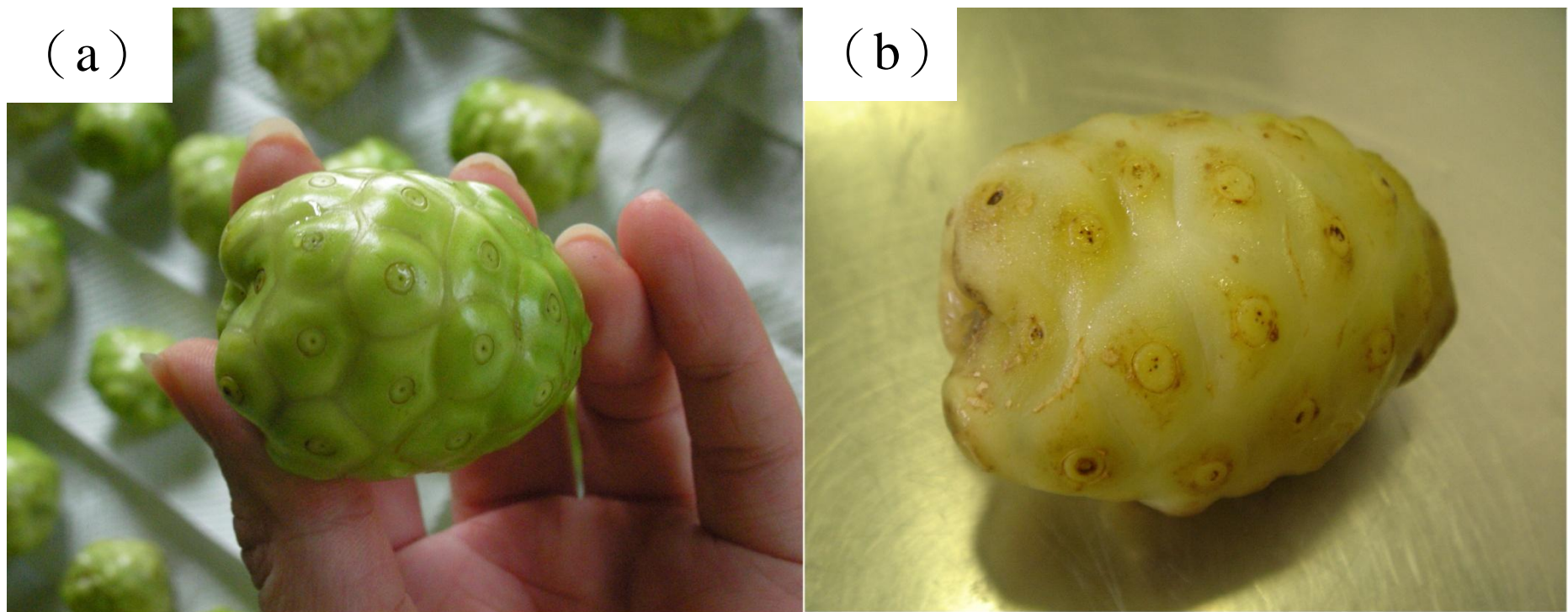
第四週的產率均有下降的趨勢，此結果和林（2010）相同，但其產率仍較未發酵時提升許多，經過一個月的發酵，發酵的組別產率分別達到56.36%、55.89%、56.11%，於取樣時可發現第四週的果泥呈現乾澀（圖二十九b），顯示因為控溫使水分蒸散加劇，因而降低產率。

2. pH 值分析

諾麗果於發酵過程中的pH值都維持在 pH 3.8 左右（圖三十一、附錄十）。參考其他文獻，一般諾麗果汁的 pH 值介於 3.4 ~3.9 左右（European Commission, 2002; Chunhieng, 2003; Newton, 2003; 陳, 2007b; 王, 2008; 羅, 2008），果汁含有機酸為酸性果汁，實驗結果和文獻相符。

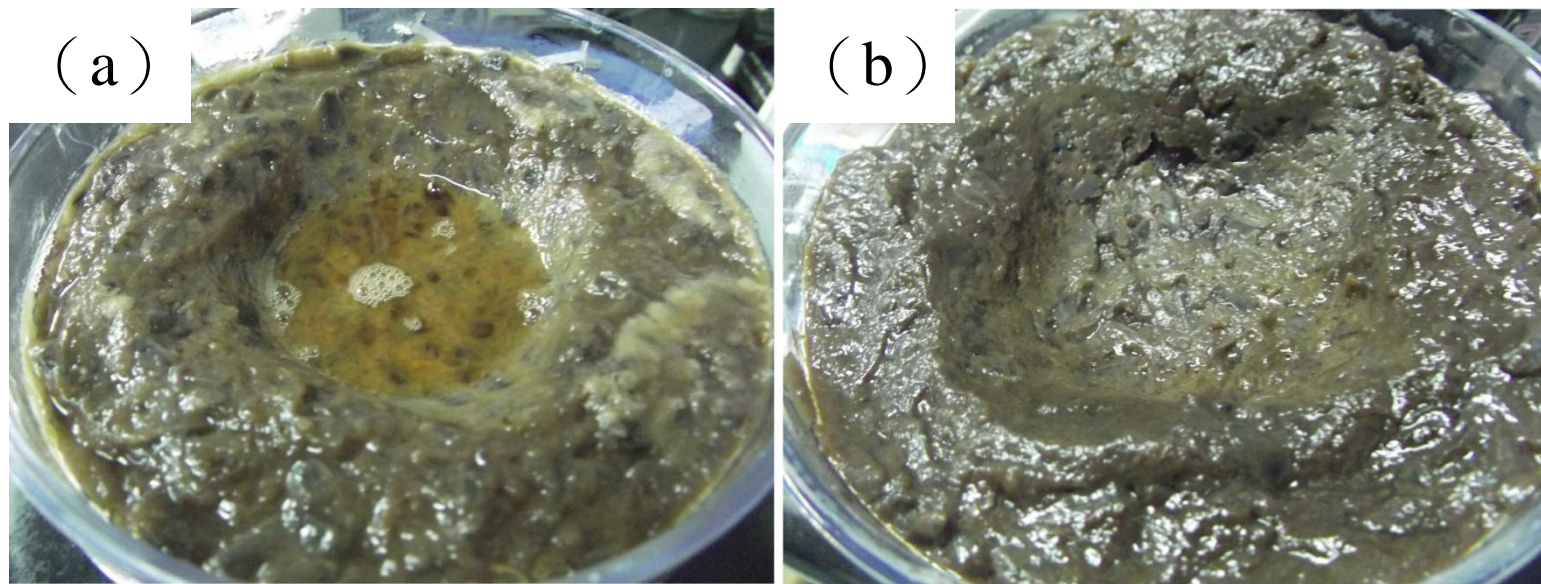
3. 可溶性固形物含量

本實驗以糖度來表示可溶性固形物的變化，諾麗果經 0~4 週之發酵時間，果汁之單位體積中可溶性固形物含量有所不同。由圖三十二（附錄十一），結果顯示，經 0 至 2 週之發酵，諾麗果汁單位體積中之可溶性固體會隨著發酵的時間增加而增加，主要是因為諾麗果在發酵期間，其可溶性物質會慢慢釋放至果汁內，而在第 3、4 週後有起伏的變化，此結果與產率表現相關，由於果實中的果膠質經酵素作用後，分解為可溶性的物質（半乳糖醛酸、寡糖等），因而增加可溶性固形物，而與產率互相呼應（林, 2010）。諾麗果於發酵過程中的可溶性固形物



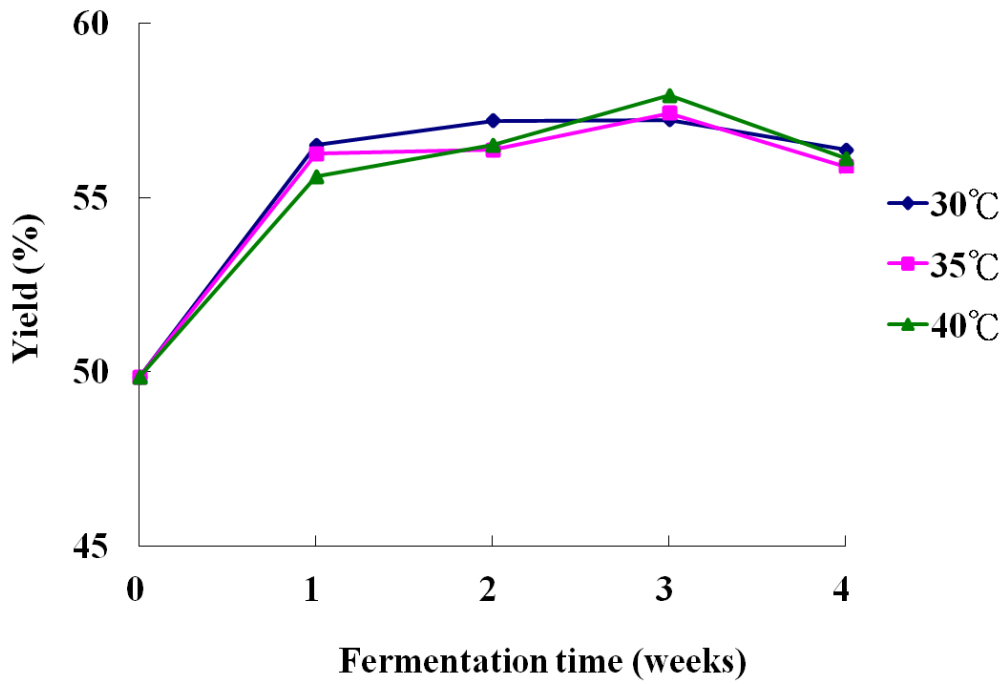
圖二十八、不同熟成階段的諾麗果。(a) 生果；(b) 熟果。

Fig. 28. Appearances of noni fruit at different ripening stages. (a) unripe noni; (b) ripe noni.



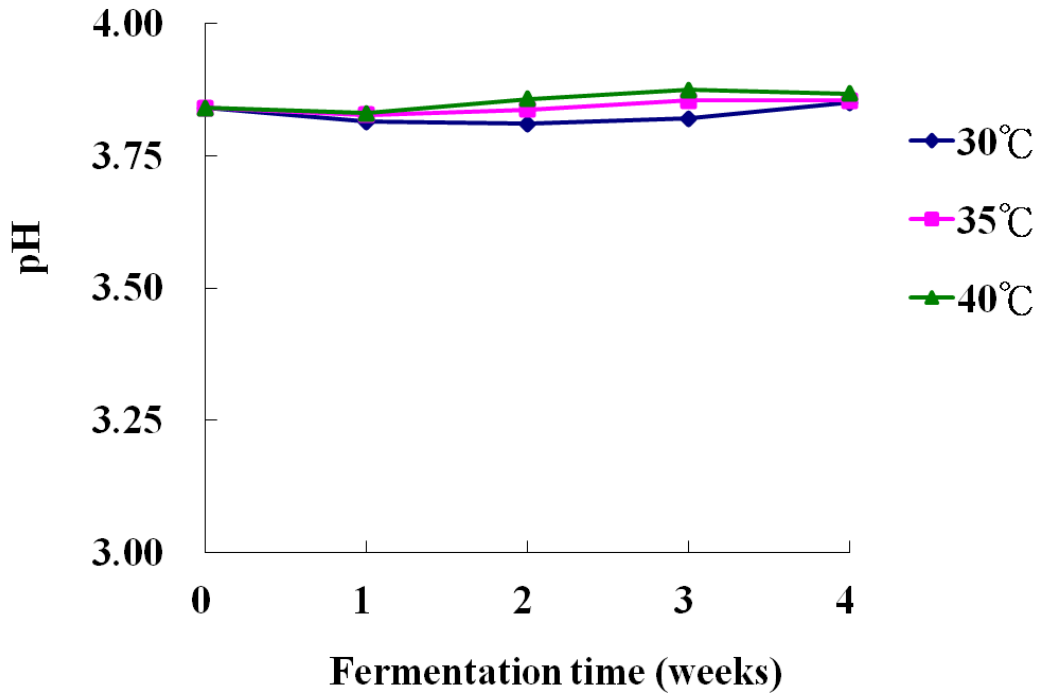
圖二十九、(a) 40°C 發酵第一週；(b) 40°C 發酵第四週後的諾麗果。

Fig. 29. Noni fruits fermented at 40°C for (a) the first week; (b) the fourth week.



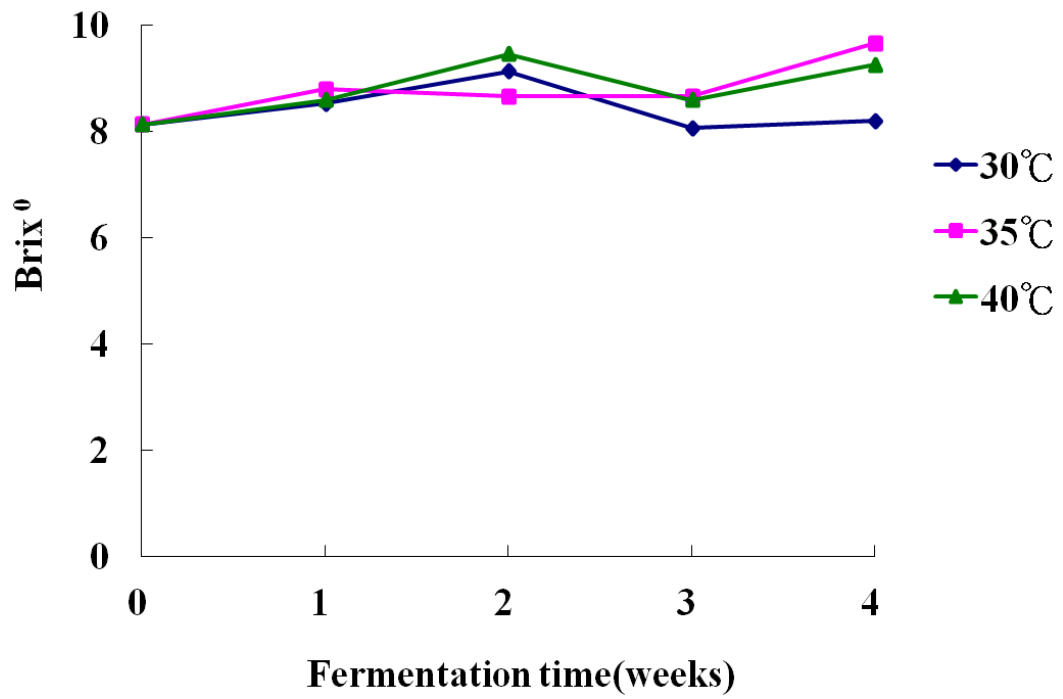
圖三十、諾麗果於發酵期間對果汁產率的影響。

Fig. 30. Effect of yield in noni fruits during fermentation.



圖三十一、諾麗果於發酵期間對 pH 值的影響。

Fig. 31. Effect of pH value in noni fruits during fermentation.



圖三十二、諾麗果於發酵期間對可溶性固形物含量的影響。

Fig. 32. Effect of soluble solid in terms of Brix in noni fruits during fermentation.

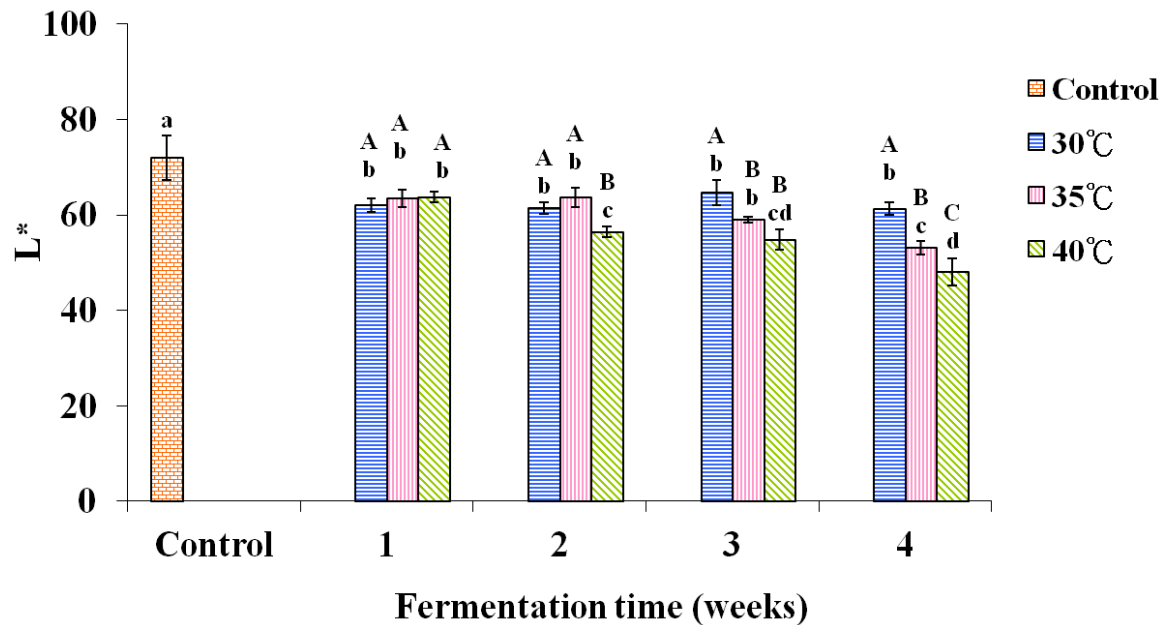
變化，可能與其中的微生物菌相變化有關，亦有其他文獻表示相同看法(羅，2009)。在第 3 週發酵的組別產率較高，可能因微生物生長旺盛的緣故，且果汁內的醣類被生長利用，使單位體積中可溶性固形物的表現量降低。而第 4 週發酵的組別，由於水分蒸散而導致單位體積中可溶性固形物濃縮，而有上升的趨勢。

4. 色澤分析

未經發酵的諾麗果汁呈現金黃色而近似於茶飲的色澤，隨著發酵的進行色素逐漸生成，褐變反應則使色澤加深，從原本的金黃色轉變為紅褐色，其亮度變化如圖三十三（附錄十二）所示。 L^* 值為亮度表現，值越高表示色澤越淡。隨著發酵時間的增加，諾麗果汁的色澤也越趨深色，越高溫的組別，其褐變現象更為激烈，而使亮度減低加劇。隨著控溫發酵至第四週，其 L^* 值顯著下降；且於 40°C 組因強烈反應造成褐變產物聚集，產生大量的深色懸浮，因此 L^* 值明顯降低。

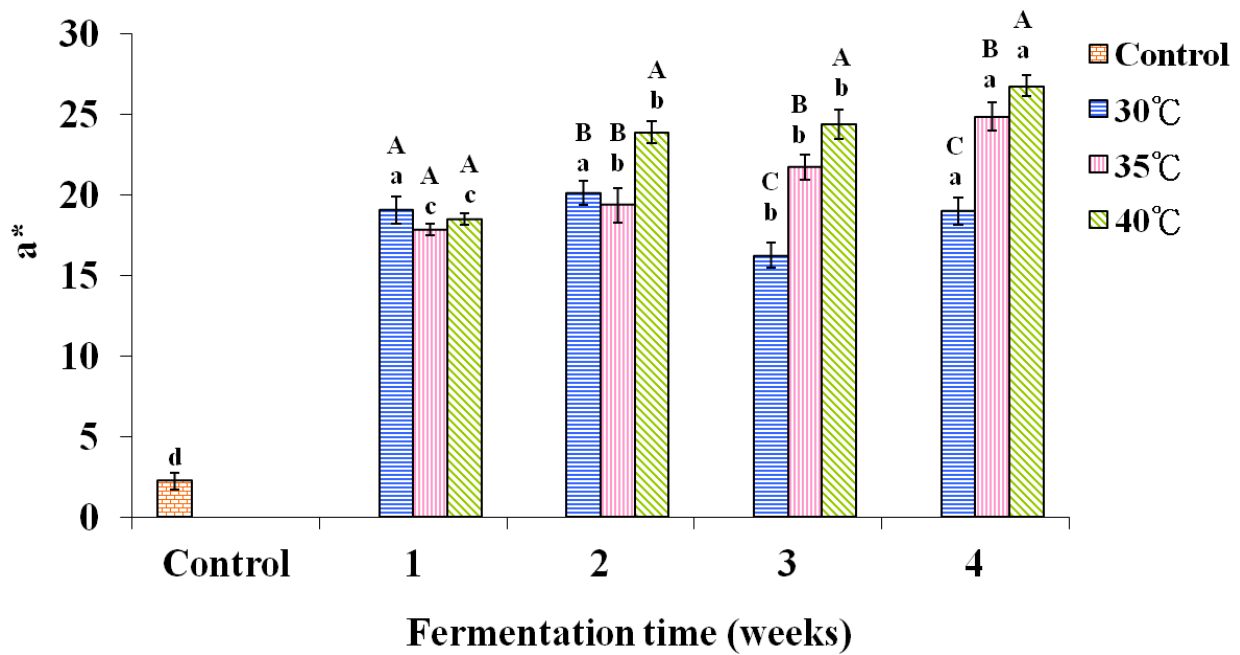
a^* 值越大表示越偏紅色圖三十四（附錄十三），由結果顯示，發酵第一週的 a^* 值增加最大，其中 30°C 發酵一個月的組別，在發酵過程中紅色素生成變化量較小，而 35°C 、 40°C 發酵一個月的組別，在 2~4 週則隨著溫度提升有增加的趨勢。

b^* 值越大表示越偏黃色圖三十五（附錄十四），發酵首週所有組別的 b^* 值都有提升的情形，然而隨著發酵的進行， b^* 值逐漸減少，尤其是 40°C 高溫發酵的組別更為明顯。類黃酮是種普遍存在於植物蔬果中



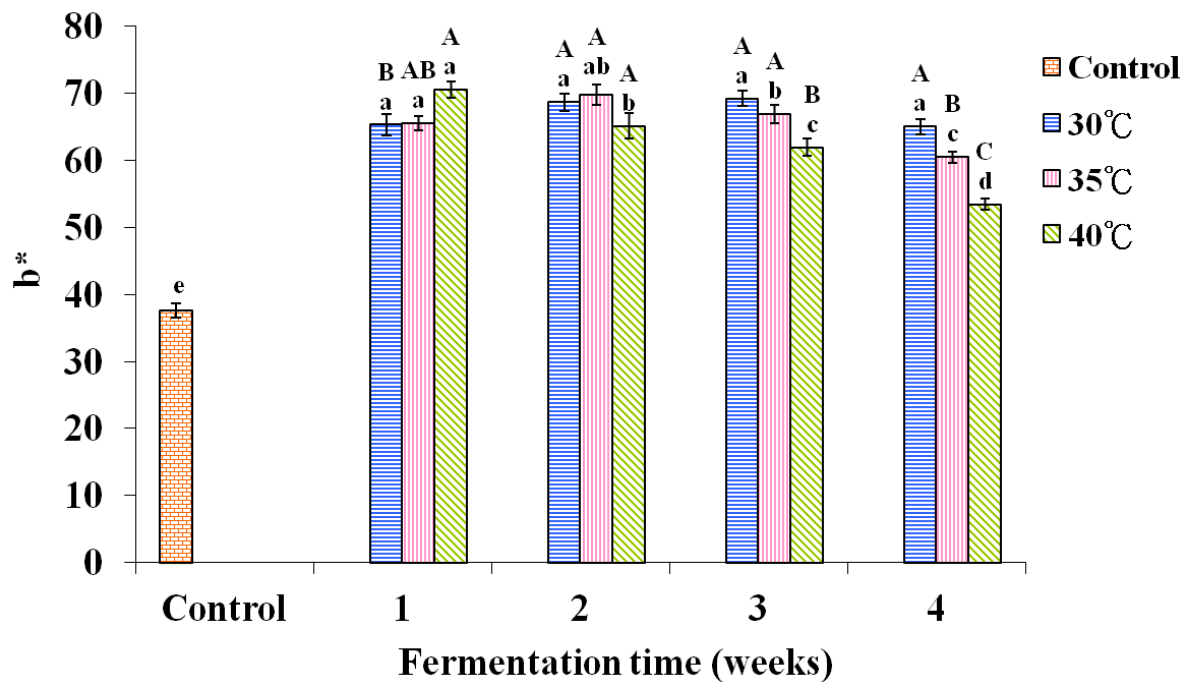
圖三十三、諾麗果於發酵期間對亮度 (L*值) 的影響。

Fig. 33. Effect of L* value in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖三十四、諾麗果於發酵期間對 a^* 值的影響。

Fig. 34. Effect of a^* value in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖三十五、諾麗果於發酵期間對b*值的影響。

Fig. 35. Effect of b* value in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{a-e}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

的黃色素 (Tripoli et al., 2007)，諾麗果汁的 b^* 值與類黃酮含量具相同趨勢的表現 (林, 2010)， 40°C 高溫發酵的組別在發酵過程中，所測得之 b^* 值較低且下降迅速，而類黃酮的含量也有同樣快速減少的情形 (圖三十七)。

二、 功能性化合物含量

1. 總酚含量

諾麗果經第一週發酵後，果膠酵素作用使功能成份自植物組織中釋放出來，各組的總酚含量都有略微提高的情形 (圖三十六、附錄十五)，從未發酵時的 $1.68 \text{ mg/mL gallic acid equivalent}$ 增加至 $1.72 \text{ mg/mL gallic acid equivalent}$ 的平均水準。其中， 30°C 於第一週發酵的總酚含量高達 $1.74 \text{ mg/mL gallic acid equivalent}$ ，而 40°C 控溫發酵則於第二週達至 $1.75 \text{ mg/mL gallic acid equivalent}$ 。楊 (2005)、王 (2008)、羅 (2008) 於室溫發酵諾麗果汁時，也測得類似結果，此結果證明短時間發酵對果汁中酚類物質沒有明顯的影響，然而長時間發酵則可能造成酚類含量些微下降。

2. 類黃酮含量

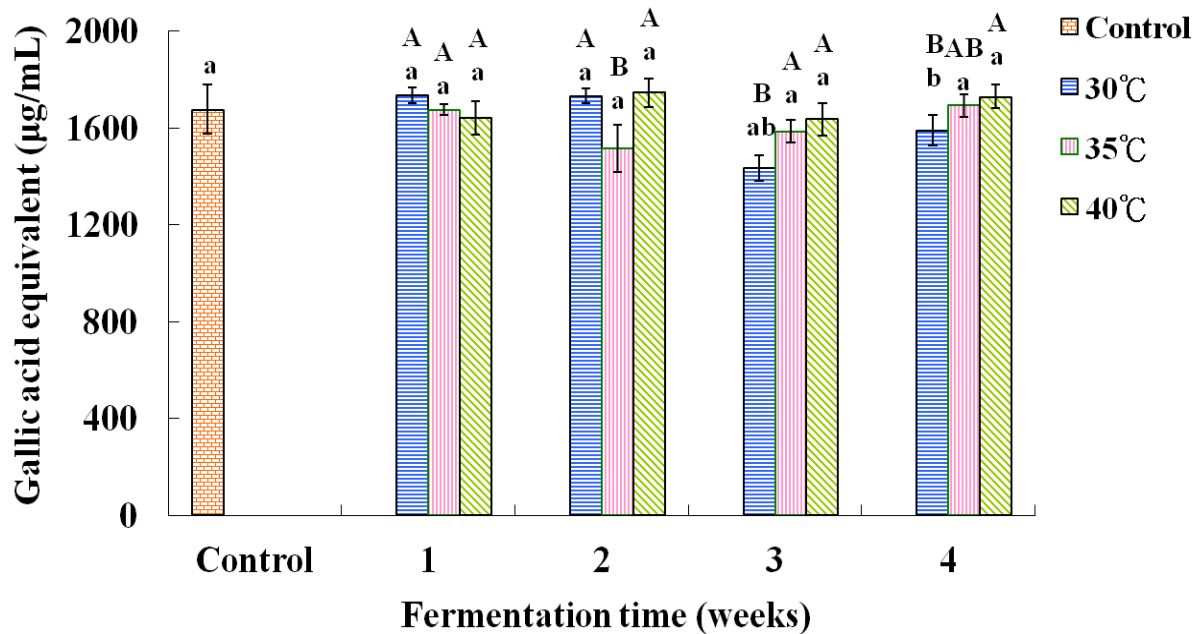
隨著發酵的進行，諾麗果汁中的類黃酮含量逐漸減少 (圖三十七、附錄十六)。從未發酵前的 $42.28 \text{ mg/mL quercetin equivalent}$ 開始降低， 30°C 控溫發酵組類黃酮減損的情形較為輕微，發酵第一週 30°C 、 35°C 、

40°C 輕微降低至 41.33、39.49、39.69 mg/mL quercetin equivalent 左右，直至第四週減損至 31.77、29.59、30.68 mg/mL quercetin equivalent。楊（2005）、王（2008）、羅（2008）於室溫發酵諾麗果汁時，也觀察到相似變化。經過四週的發酵後僅存約 30.68 mg/mL quercetin equivalent，顯示諾麗果中的類黃酮化合物極易受到環境因子影響而於發酵過程中逐漸減少，尤其是高溫的環境更容易使其變化（林，2010）。類黃酮減少的情形亦反映諾麗果汁顏色的表現，與前述色澤分析實驗對照，其 b^* 值表現與類黃酮含量具相同趨勢，兩者隨發酵時間逐漸減少，且高溫組更有明顯的降低表現。

3. 縮合單寧含量

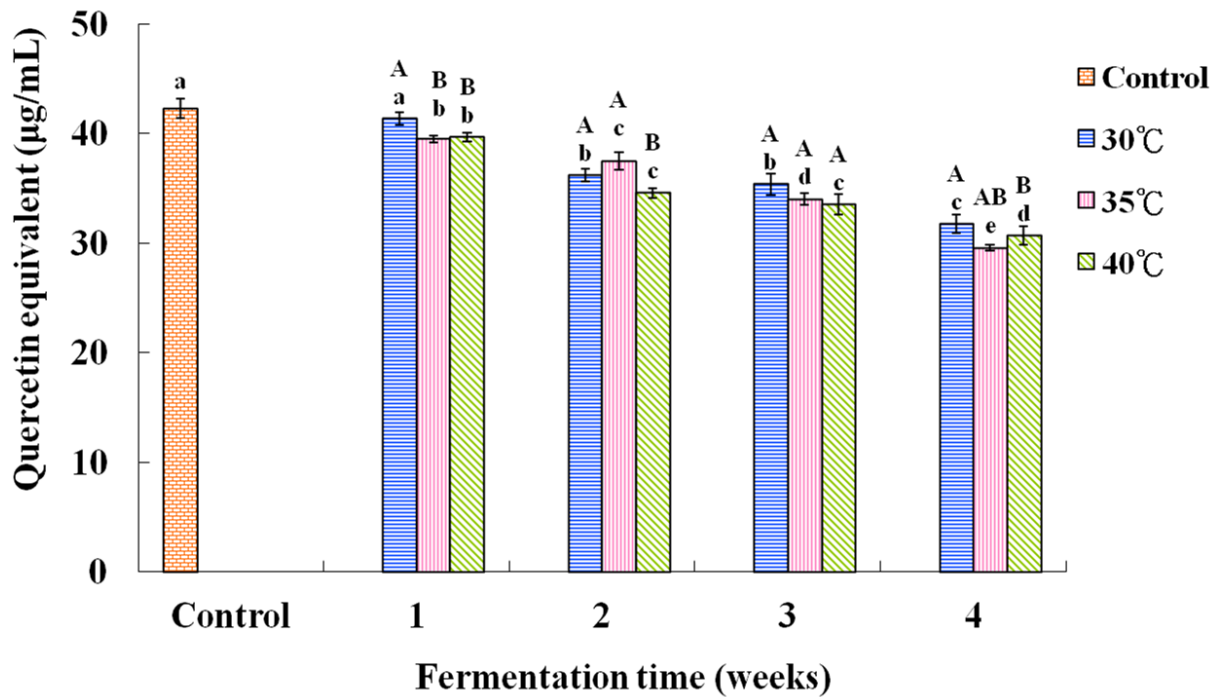
諾麗果經發酵後，縮合單寧含量與未發酵之控制組相比，各溫度組別均有顯著的增加（圖三十八、附錄十七），結果顯示不同溫度與發酵時間對其含量的影響，縮合單寧含量由未發酵 127.43 μ g/mL，經發酵一週後其縮合單寧含量平均達 198.92 μ g/mL，其中 30°C、40°C 分別於發酵第二週縮合單寧含量高達 206.76 μ g/mL、234.3 μ g/mL，而 35°C 至發酵第四週才高達 224.39 μ g/mL。

縮合單寧的結構複雜而不易被研究，香草醛法是種廣泛應用於定量水果中縮合單寧的方法。本實驗以兒茶素(黃烷-3-醇單體)作為標準品，但若樣品中含有其他酚類物質，可能會因吸光值與香草醛產物重疊而使實驗產生誤差（Broadhurst & Jones, 1978）；香草醛與任何可替代的類



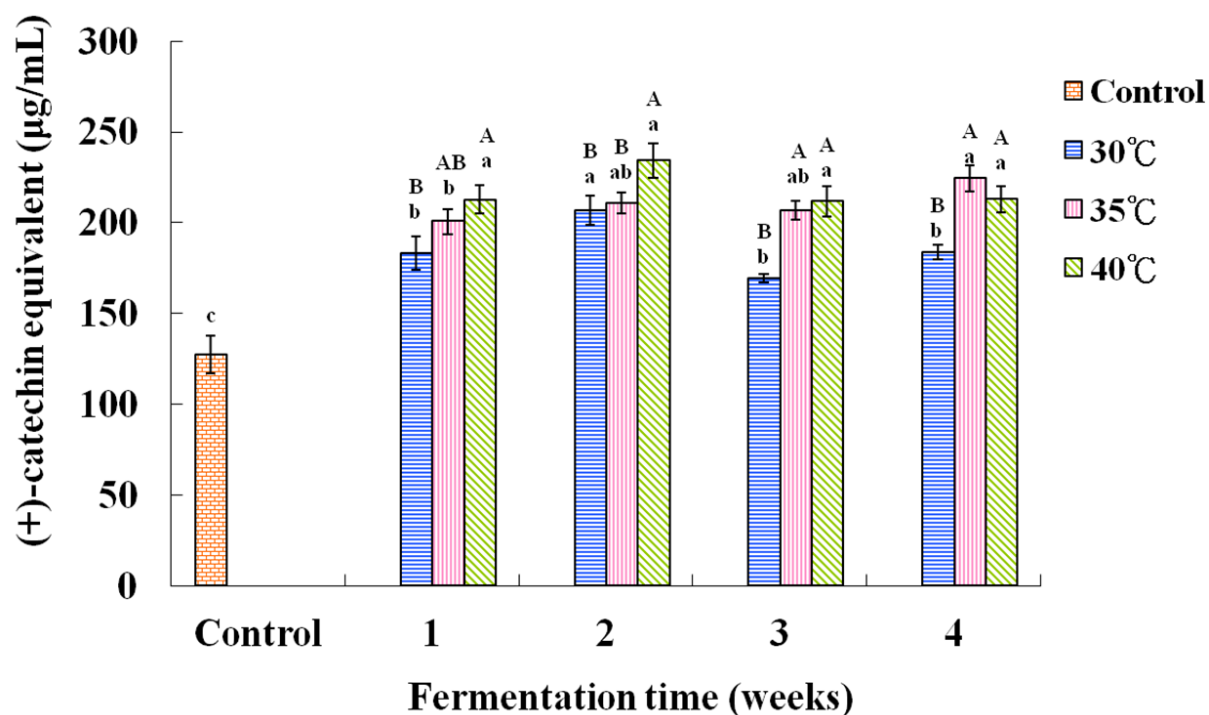
圖三十六、諾麗果於發酵期間對總酚化合物的影響。

Fig. 36. Effect of total phenol content in terms of gallic acid equivalent in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-b}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖三十七、諾麗果於發酵期間對類黃酮的影響。

Fig. 37. Effect of flavonoids content in terms of quercetin equivalent in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖三十八、諾麗果於發酵期間對縮合單寧的影響。

Fig. 38. Effect of condensed tannin content in terms of (+)-catechin equivalent in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

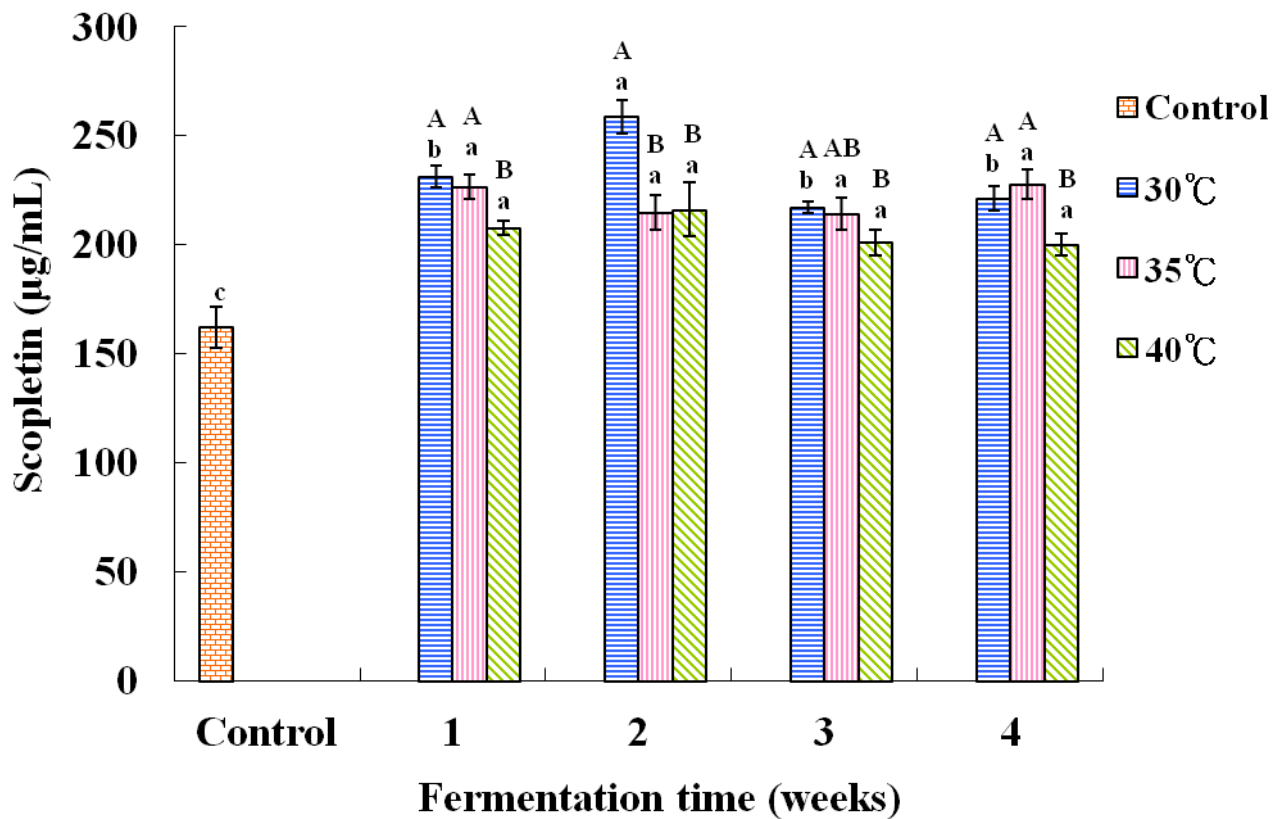
黃酮單體均會生成反應產物，因而影響實驗的結果 (Hagerman, 1998)。

4. 東莨菪素含量

東莨菪素測定結果如圖三十九 (附錄十八) 所示。諾麗果經發酵後，東莨菪素含量與未發酵之控制組相比，各溫度組別均有顯著的增加。相較於其他組別，東莨菪素在30°C發酵第二週有最高的東莨菪素含量，整體而言於發酵過程中沒有顯著的變化。Chan-Blanco 等 (2007)、羅 (2008)、楊 (2005) 在諾麗果發酵實驗中也發現相同的現象，短期發酵對果汁中東莨菪素含量不會有明顯影響，然而長期發酵則會有略為下降的趨勢。Yang 等人 (2007b) 推測其下降的原因可能是東莨菪素受到酸性環境的作用而逐漸水解；本實驗未發酵果汁中東莨菪素含量為162.23 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，於發酵過程中最高增長至 258.8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，整體維持在 200 ~ 230 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 左右。和其他文獻相比，約為林 (2010) 所得結果的 6 倍，但與楊 (2005) 的結果相符合。

5. 芸香素含量

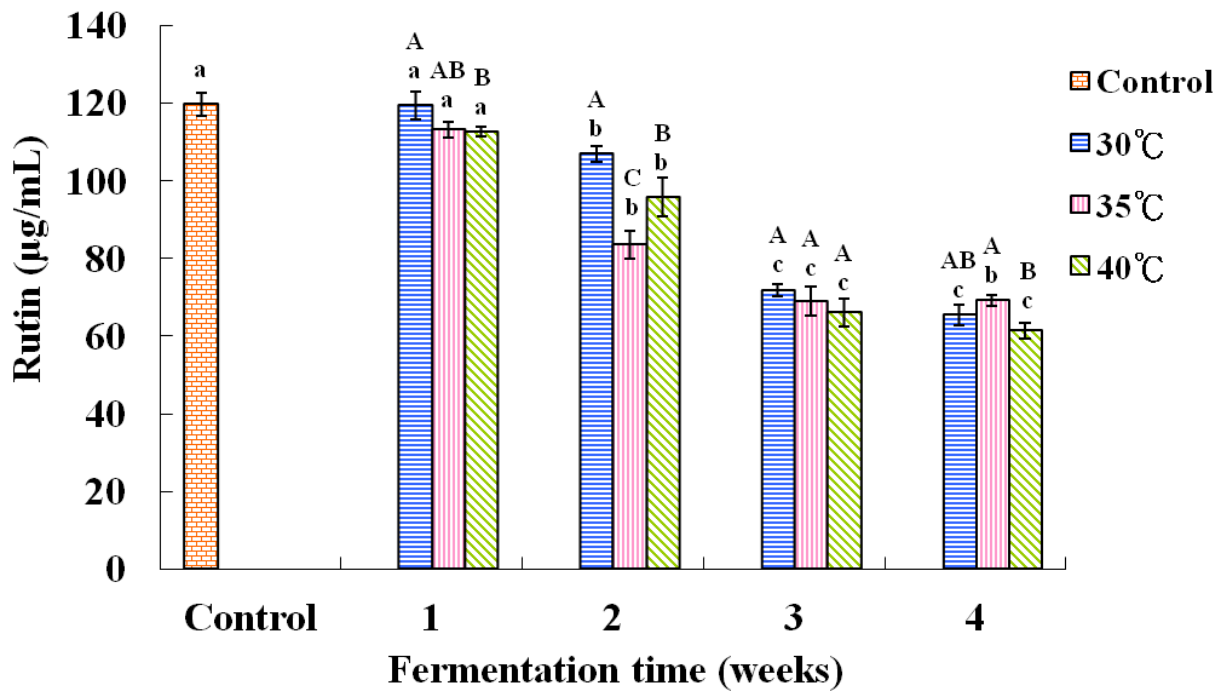
芸香素含量分析結果如圖四十 (附錄十九) 所示，在未發酵前仍具有高含量的芸香素含量而達 119.64 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，隨著發酵的進行而逐漸損失其含量，在發酵第一週時降至約115.02 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 的含量，此時各發酵組別間沒有顯著差異，直至第二週時 30、35、40°C控溫開始有較為顯著的芸香素含量減損，越高溫的組別減損越劇，在經過一個月的 40°C發酵後，芸香素



圖三十九、諾麗果於發酵期間對東莨菪素的影響。

Fig. 39. Effect of scopoletin content in noni fruits during fermentation.

Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十、諾麗果於發酵期間對芸香素含量的影響。

Fig. 40. Effect of rutin content in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

含量僅剩 $61.43 \mu\text{g/mL}$ ，為發酵前含量的 $1/2$ 。

芸香素是一強抗氧化劑由槲皮酮與芸香二糖 (disaccharide rutinose) 所組成的類黃酮配醣體 (Blanco et al., 2007)，在發酵的過程中可能受到光、熱及氧化而分解 (王, 2008)。

三、生理活性分析

1. DPPH 自由基清除能力

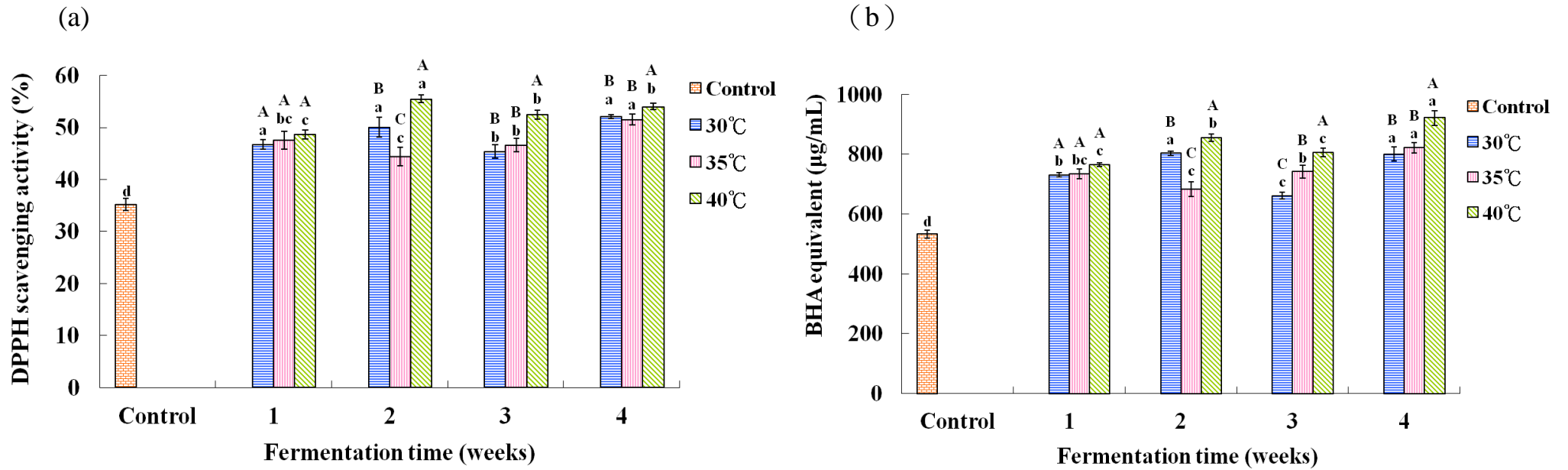
諾麗果本身即具有良好的抗氧化能力，經發酵後其抗氧化效果更為提高，結果如圖四十一 (附錄二十) 所示，抗氧化活性以 $\mu\text{g BHA equivalent/mL}$ 表示之。經過一週發酵後，抗氧化物質自植物組織中被釋放出來，與未發酵的控制組 $532.67 \mu\text{g BHA equivalent/mL}$ 相比，各組抗氧化效果皆有提高，而越高溫的組別其抗氧化效果越佳。

而越高溫的組別其抗氧化效果較佳， 40°C 的組別呈現抗氧化活性提升的情形，且越高溫的組別其活性提升越多。 40°C 發酵組在第二週時便具有 $854.33 \mu\text{g BHA equivalent/mL}$ 的抗氧化能力，而與 35°C 發酵組的第四週的抗氧化活性 $821.67 \mu\text{g BHA equivalent/mL}$ 相當。顯示提高發酵溫度可提升諾麗果汁中抗氧化物質的含量，而縮短發酵所需的時程。

2. TEAC 總抗氧化能力

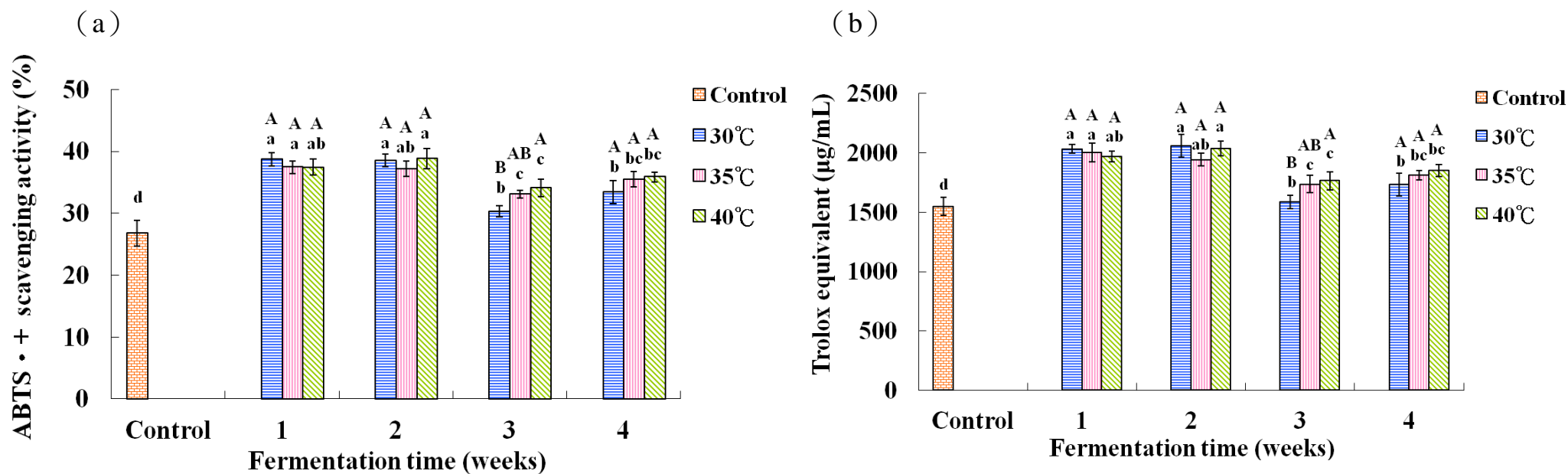
實驗結果如圖四十二 (附錄二十一) 所示，抗氧化活性以 $\mu\text{g Trolox equivalent/mL}$ 表示。經過一週的發酵後，各組 $\text{ABTS}\cdot^+$ 自由基清除能力

有增加的情形。其抗氧化活性從未發酵 1550.19 μ g Trolox equivalent/mL 提升至 2002.16 μ g Trolox equivalent/mL，較控制組約提昇了 29.16%。第二週後其總抗氧化能力均有下降的趨勢。一般認為食物中的天然抗氧化物會普遍於加工過程中流失，使食品的生理活性與營養價值降低（Kusznierewicz et al., 2008）；而造成這種現象，主要是由於維生素C 等熱敏感營養物質於加工過程中減損所產生的（Dewanto et al., 2002）。



圖四十一、諾麗果於發酵期間對 (a) DPPH 自由基清除能力； (b) BHA 當量的影響。

Fig. 41. Effect of (a) DPPH scavenging activities; (b) BHA equivalent in noni fruits during fermentation. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十二、諾麗果於發酵期間對 (a) ABTS•⁺ 自由基清除能力; (b) Trolox 當量的影響。

Fig. 42. Effect of (a) ABTS•⁺ scavenging activities; (b) Trolox equivalent in noni fruits during fermentation. Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Part 2-1 諾麗葉茶最適萃取條件之研究

一、 功能性化合物含量

1. 總酚含量

茶葉中多酚類 (polyphenols) 含量多，在茶湯中佔可溶性成份之40~50%，於製茶中對成茶的香氣、滋味、水色及色澤等特性皆有很大的貢獻 (吳等, 1975; 甘, 1981a; 區等, 1988)，它也是茶湯苦、澀味的來源 (甘, 1981a; Nakagawa, 1975; Chen and Tasi, 1988)。經研究證實多酚具有抗氧化性、清除自由基及抗癌等功效 (Cao et al., 1996; Yen and Wu, 1999; Yen and Hsieh, 2000)。

圖四十三 (附錄二十二) 為不同時間沸水萃取下諾麗葉茶之總酚含量，由結果可知，小諾麗葉的總酚含量高於大諾麗葉的總酚含量，其小諾麗葉揉茶的總酚含量是大諾麗葉揉茶的 1.22 倍，且經過揉茶發酵後的小諾麗葉揉茶又比凍乾的小諾麗葉的酚類物質來的高，約凍乾小諾麗葉 1.07 倍，表示揉茶有助於酚類物質的產生，且溶出量隨著萃取時間增加而增加，其三種處理茶最佳條件均以 45 分鐘沸煮小諾麗葉揉茶、大諾麗葉揉茶和凍乾小諾麗葉的總酚含量分別為 0.44、0.36、0.41 mg/mL gallic acid equivalent。

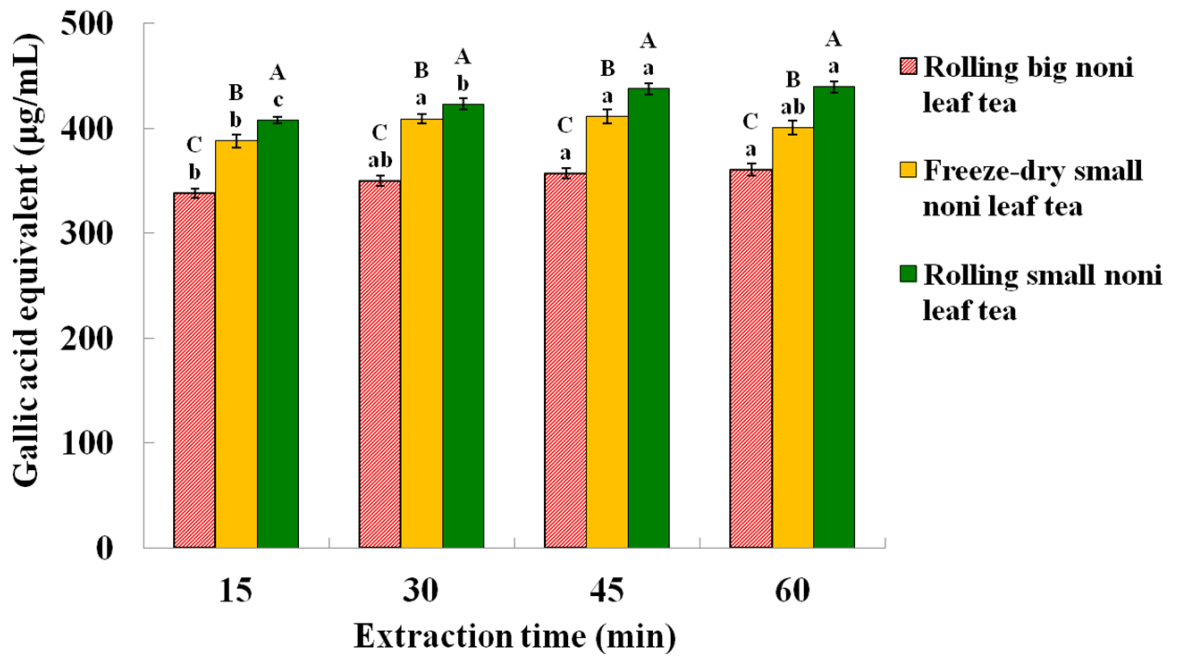
2. 類黃酮含量

由圖四十四 (附錄二十三) 顯示，小諾麗葉的類黃酮含量遠大於大

諾麗葉的類黃酮含量達 1.7 倍，而凍乾小諾麗葉的類黃酮含量顯著多於揉茶小諾麗葉，表示類黃酮物質在小葉的含量高，且不需經過揉茶來提升其含量，且類黃酮是個穩定的物質，經揉茶或凍乾均能保留其原本的含量不流失，以凍乾處理所保留的類黃酮含量較高。其中三種諾麗葉茶之最佳類黃酮萃取條件分別以 60 分鐘沸煮大諾麗葉揉茶、60 分鐘沸煮凍乾小諾麗葉茶、45 分鐘沸煮小諾麗葉揉茶得 45.10、78.47、76.01 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 類黃酮含量。

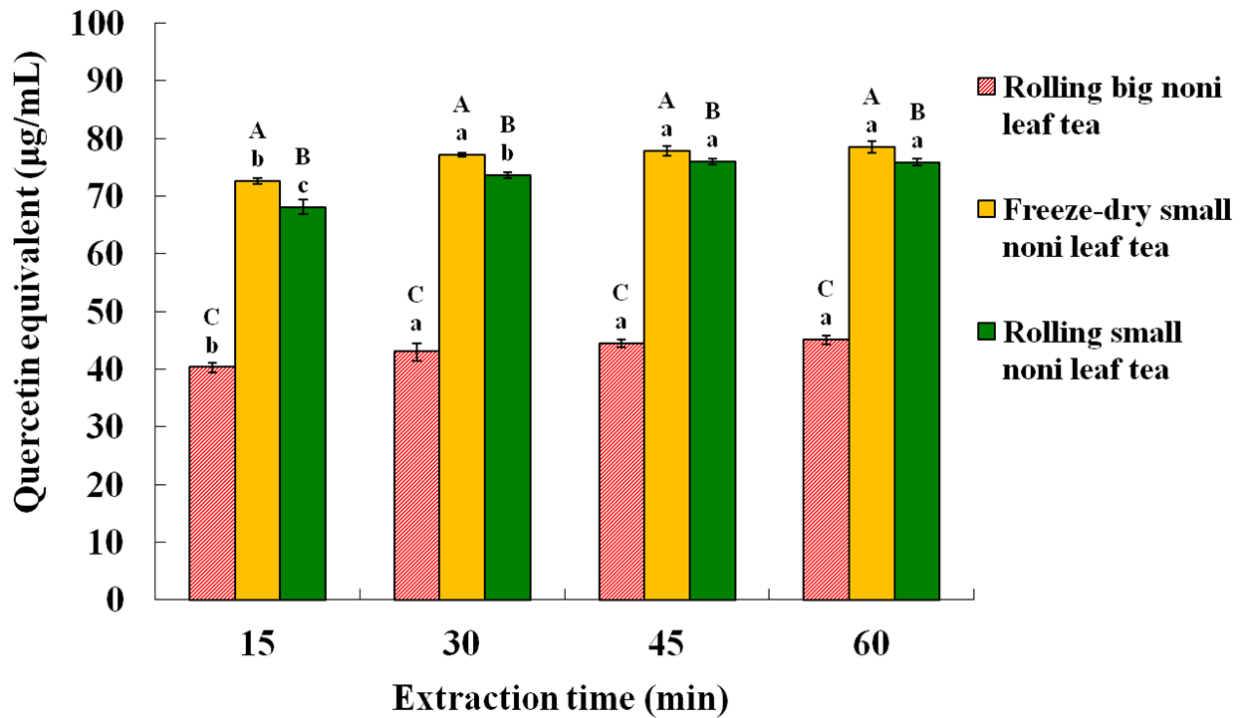
3. 縮合單寧含量

由圖四十五（附錄二十四）顯示，揉茶小諾麗葉的能力優於凍乾小諾麗葉，是凍乾小諾麗葉的 1.8 倍，表示經過室溫揉茶發酵後縮合單寧會因為揉茶的程度而增加，研究指出，茶葉發酵期間，茶葉裡的酵素將大部分兒茶素單寧氧化成縮合兒茶素單寧，並賦予茶湯的顏色轉成暗色紅（Lee, 1983; Oparin, 1935）。因此葉子經過揉茶處理後發酵，所生成的縮合單寧含量遠大於無發酵的凍乾葉子，其中又以小諾麗葉揉茶之縮合單寧含量略優於大諾麗葉揉茶，三種處理之諾麗葉其縮合單寧含量隨著沸煮時間的增加而增加，以 60 分鐘沸煮有較高的縮合單寧含量，其小諾麗葉揉茶、大諾麗葉揉茶和凍乾小諾麗葉的縮合單寧含量分別為 23.31、21.11、12.93 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (+)-catechin equivalent。



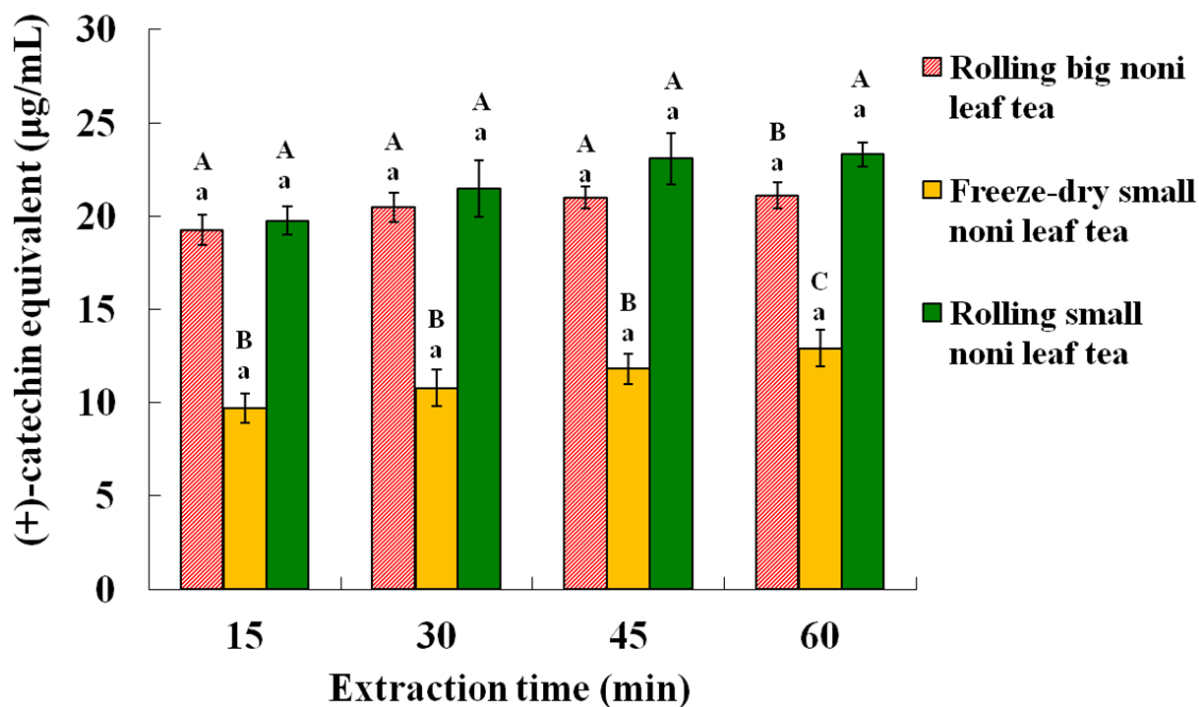
圖四十三、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中總酚化合物之影響。

Fig. 43. Effect of boiling in water extraction time on total phenol content in terms of gallic acid equivalent in the extracts from different noni leaves. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same extraction time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十四、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中類黃酮之影響。

Fig. 44. Effect of boiling in water extraction time on flavonoids content in terms of quercetin equivalent in the extracts from different noni leaves. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same extraction time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十五、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中縮合單寧之影響。

Fig. 45. Effect of boiling in water extraction time on condensed tannin content in terms of (+)-catechin equivalent in the extracts from different noni leaves. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same extraction time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

4. 芸香素含量

陳（2006）將諾麗葉以 95 % 乙醇萃取液分析其抗氧化活性並純化、鑑定出芸香素含量，且每克乾燥諾麗葉的含量約為 16 mg。由此可知諾麗葉含有大量的芸香素化合物，但本實驗為沸水萃取，所以萃取得到的芸香素含量較低。由圖四十六（附錄二十五）結果顯示，小諾麗葉所含的 Rutin 含量遠高於大諾麗葉，小諾麗葉中又以揉茶過的小諾麗葉高於凍乾的小諾麗葉，因此，以小諾麗葉揉茶中 Rutin 含量為大諾麗葉揉茶的 3.1 倍，凍乾小諾麗葉的 1.4 倍，其最佳條件以 60 分鐘沸煮小諾麗葉揉茶、大諾麗葉揉茶和 45 分鐘沸煮凍乾小諾麗葉所得的芸香素含量分別為 1270.52、412.03、766.76 $\mu\text{g}/\text{mL}$ rutin equivalent。

二、生理活性分析

1. DPPH 自由基清除能力

DPPH 是一種安定的自由基，在 517 nm 下有強烈吸光，抗氧化物使其吸光值下降，故吸光值越低，表示抗氧化劑的供氫能力越強。Chen and Ho（1995）指出茶葉中的兒茶素及黃質素等化合物可提供氫原子以清除 DPPH 自由基，其清除的效果與分子苯環上的 OH 基數目有關。由於多酚類化合物主要藉由提供氫原子而清除 DPPH 自由基，故 -OH 基數目越多，其提供氫原子之能力也越強（Shimada, 1992）。

圖四十七（附錄二十六）為諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的 DPPH 自由基清除能力變化。由實驗結果可知，小諾麗葉揉茶

的DPPH 自由基清除能力是凍乾小諾麗葉的 1.85 倍，表示小諾麗葉經過揉茶發酵後可大大提升自由基的清除能力，且小諾麗葉的自由基清除能力遠大於大諾麗葉，其清除能力是大諾麗葉揉茶的 1.63 倍，且以經 60 分鐘沸水萃取小諾麗葉揉茶的 DPPH 自由基清除最好，為 260.46 $\mu\text{g/mL}$ BHA equivalent，DPPH 自由基清除率約為 25%，而凍乾小諾麗葉和小諾麗葉揉茶分別經 15、60 分鐘沸煮，可得142.85、159.69 $\mu\text{g/mL}$ BHA equivalent，45分鐘之加熱萃取似已達最高自由基之清除能力。

2. ABTS \cdot^+ 自由基清除能力

評估純物質或萃取物的抗氧化力有多種方法，最常使用的系統有測定樣品清除Hydroxyl radicals (Shi, 1991)、超氧陰離子 (Robak, 1988)、DPPH (Shimada, 1992) 等自由基的能力及測定樣品螯合金屬離子的能力，或是以Linoleic acid脂質過氧化系統來測定其總抗氧化能力。其中利用比色法來測定 DPPH 自由基清除能力，是一種簡單且能夠快速知道待測物抗氧化能力的好方法，但是由於 DPPH 自由基是溶於甲醇溶劑中，對於水萃物而言，可能會影響待測物清除自由基的判斷。因此，本實驗進一步測定 ABTS \cdot^+ 自由基清除能力，以使抗氧化力的評估更加準確 (朱，2000)。

由圖四十八 (附錄二十七) 結果可知，小諾麗葉的 ABTS \cdot^+ 自由基清除能力高於大諾麗葉，小諾麗葉揉茶為大諾麗葉揉茶的 1.32 倍，且經過揉茶後的小諾麗葉其 ABTS \cdot^+ 自由基清除能力有略優於凍乾的小

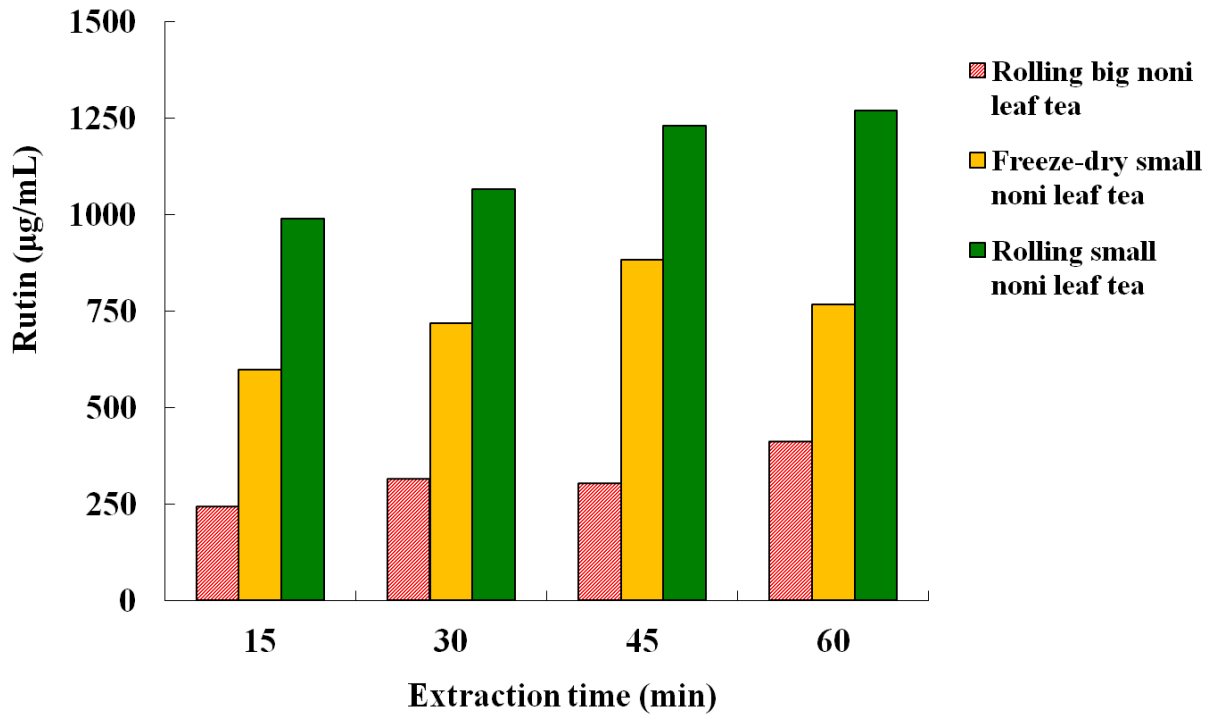
諾麗葉，其凍乾小諾麗葉經 45 分鐘沸水萃取為 836 $\mu\text{g/mL}$ Trolox equivalent，以小諾麗葉揉茶經 60 分鐘沸水萃取為 855.67 $\mu\text{g/mL}$ Trolox equivalent 為優。在此系統中小諾麗葉揉茶抗氧化能力略高於凍乾小諾麗葉，兩者清除能力沒有顯著差異，ABTS \cdot^+ 自由基清除率約 44%，而大諾麗葉揉茶則最低，ABTS \cdot^+ 自由基清除率約 33.9%。

三、官能品評-喜好性品評 (Hedonic tests)

為瞭解消費者對三種諾麗葉茶之喜好程度，因此採用九分制嗜好性品評法，且經由上述的功能性分析結果，可知三種諾麗葉茶經由 60 分鐘沸煮後，功能性物質釋出有顯著的趨勢，因此官能品評以此條件進行三種諾麗葉茶的品評；經由 15 位品評者品評其香氣、湯色、茶味，其中香氣分為香味的感受性、香的程度，湯色分為明亮度、鮮豔度，而茶味則分為茶味的濃淡與強烈、茶味的感應性、茶味的純味性、茶的喉韻性，來進行試驗。

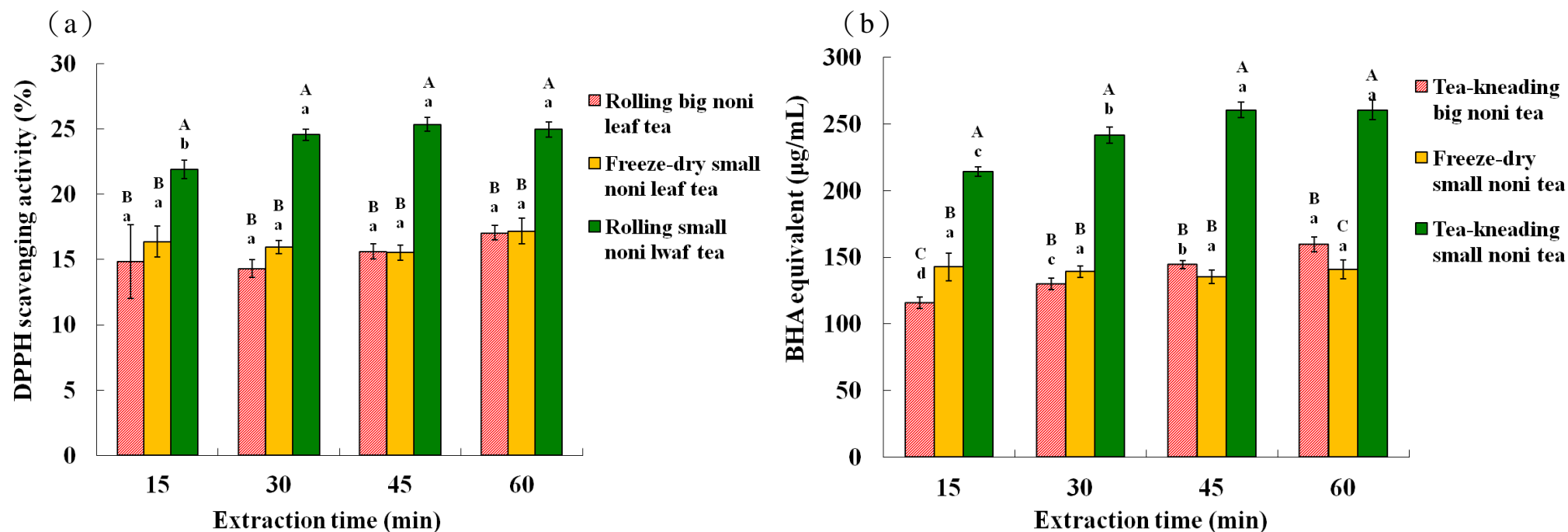
表十四為官能品評結果，由評分結果可知，在香氣部分，以揉茶所得到的茶湯其香氣明顯優於凍乾葉茶，揉茶中又以小諾麗葉揉茶得到的茶湯香氣優於大諾麗葉揉茶；於茶湯色部分，大諾麗葉揉茶與小諾麗葉揉茶得之湯色，受消費者喜愛程度差不多，但明顯優勝於凍乾小諾麗葉茶；而品嚐茶味中，消費者喜歡揉茶所得到的茶味，且認為小諾麗葉揉茶較大諾麗葉揉茶所得之茶味具有明顯的回甘感受。整體感官品評結果，以揉茶的方式所得的諾麗葉茶明顯獲得青睞，而大、

小諾麗葉揉茶中，以小諾麗葉揉茶略勝一籌，且以功能性分析結果則是以小諾麗葉揉茶沸煮 60 分鐘為優，因此後續的儲藏性分析和功能性化合物的鑑定均以小諾麗葉揉茶為主要研究對象。



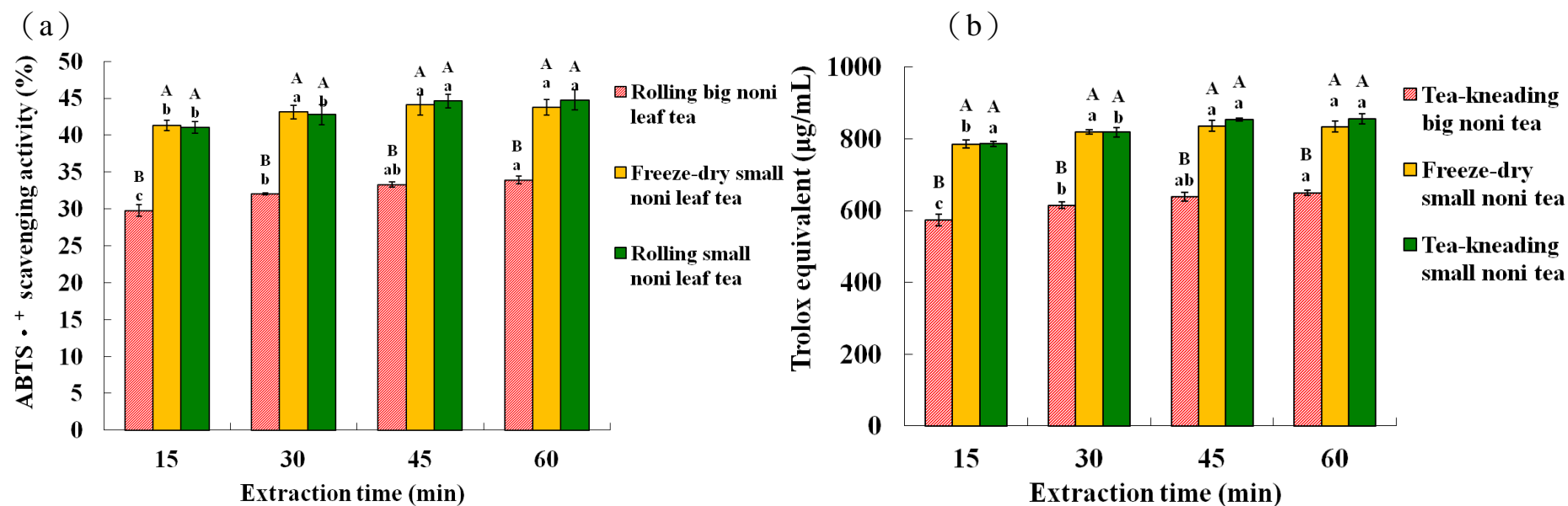
圖四十六、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中芸香素含量之影響。

Fig. 46. Effect of boiling in water extraction time of rutin content in the extracts from different noni leaves.



圖四十七、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中 (a) DPPH 自由基清除能力； (b) BHA 當量之影響。

Fig. 47. Effect of boiling in water extraction time on (a) DPPH radical scavenging activity; (b) BHA equivalent in the extracts from different noni leaves. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-C}Means in the same extraction time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十八、沸水萃取時間對不同諾麗葉茶萃取物中 (a) ABTS •⁺ 自由基清除能力之影響；(b) Trolox 當量。

Fig. 48. Effect of boiling in water extraction time on (a) ABTS •⁺ radical scavenging activity; (b) Trolox equivalent in the extracts from different noni leaves. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same extraction time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-b}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

表十四、諾麗葉茶之官能評估

Table 14. Sensory evaluation of noni-leaf tea.

Item	Smell		Observe		Taste			
	aroma perception	aroma the extent of injury	brightness	brilliant	strength	perception	purity	after-taste
Freeze-dry small noni-leaf tea	5.3 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b	5.1 ^b	4.6 ^a	5.3 ^a	5.1 ^a	5.1 ^a
Rolling big noni-leaf tea	6.2 ^{ab}	6.3 ^{ab}	6.9 ^{ab}	6.9 ^a	5.4 ^a	5.7 ^a	5.2 ^a	5.0 ^a
Rolling small noni-leaf tea	6.9 ^a	7.1 ^a	6.1 ^a	7.0 ^a	5.0 ^a	5.7 ^a	5.3 ^a	5.5 ^a

The scores are in a range of 1~9, the higher score the most obvious or acceptable.

^{a-b}Mean in the same column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Part 2-2 諾麗葉茶儲藏安定性分析

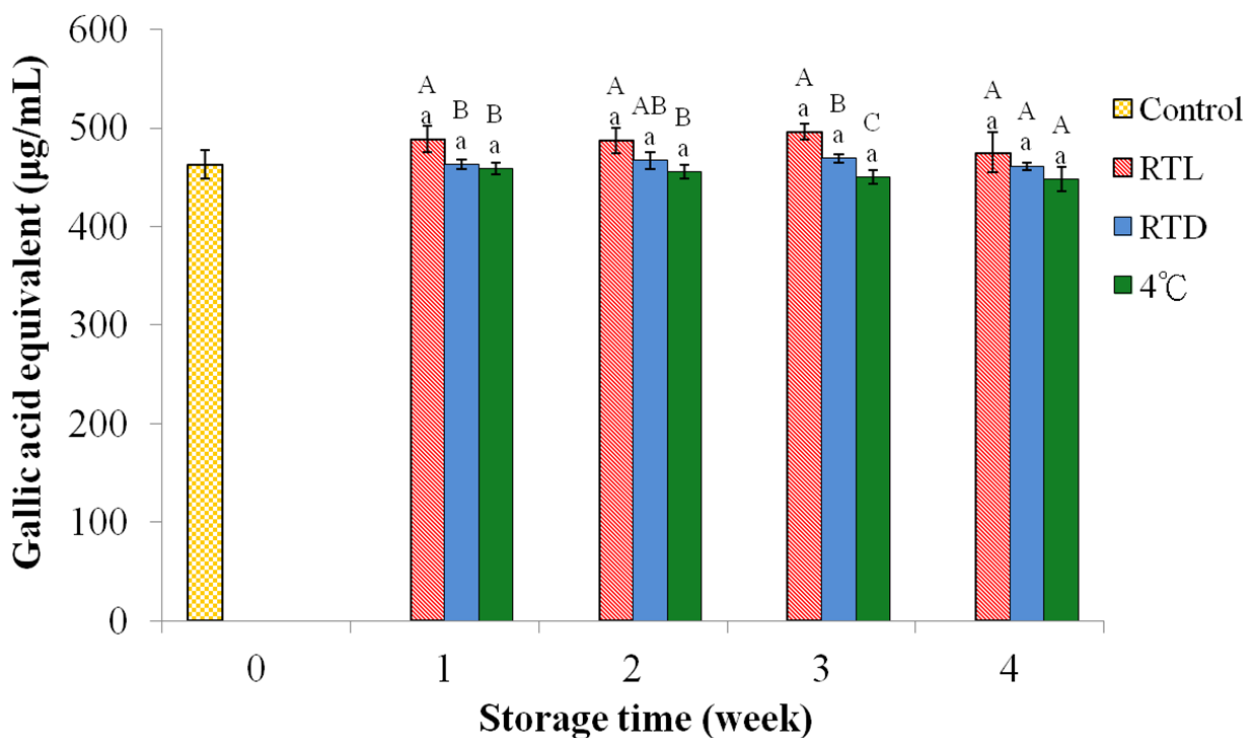
一、功能性化合物含量

1. 總酚含量

從實驗結果（圖四十九，附錄二十八）可以得知殺菌後諾麗茶之總酚含量於儲藏 4°C 下和室溫下避光是很安定的，但於室溫下不避光，第一週卻有增加趨勢，但於儲藏過程呈現安定狀態。此結果與預期有所差異，原預期加熱殺菌會破壞酚類化合物，而使總酚類化合物含量下降。而此實驗結果與 Yang 等（2007）之研究結果相似，結果指出加熱對總酚之含量影響不大，而主要原因為多酚類化合物多以穩定之糖苷或酯鍵之鍵結型態存在，故不易被熱所破壞。

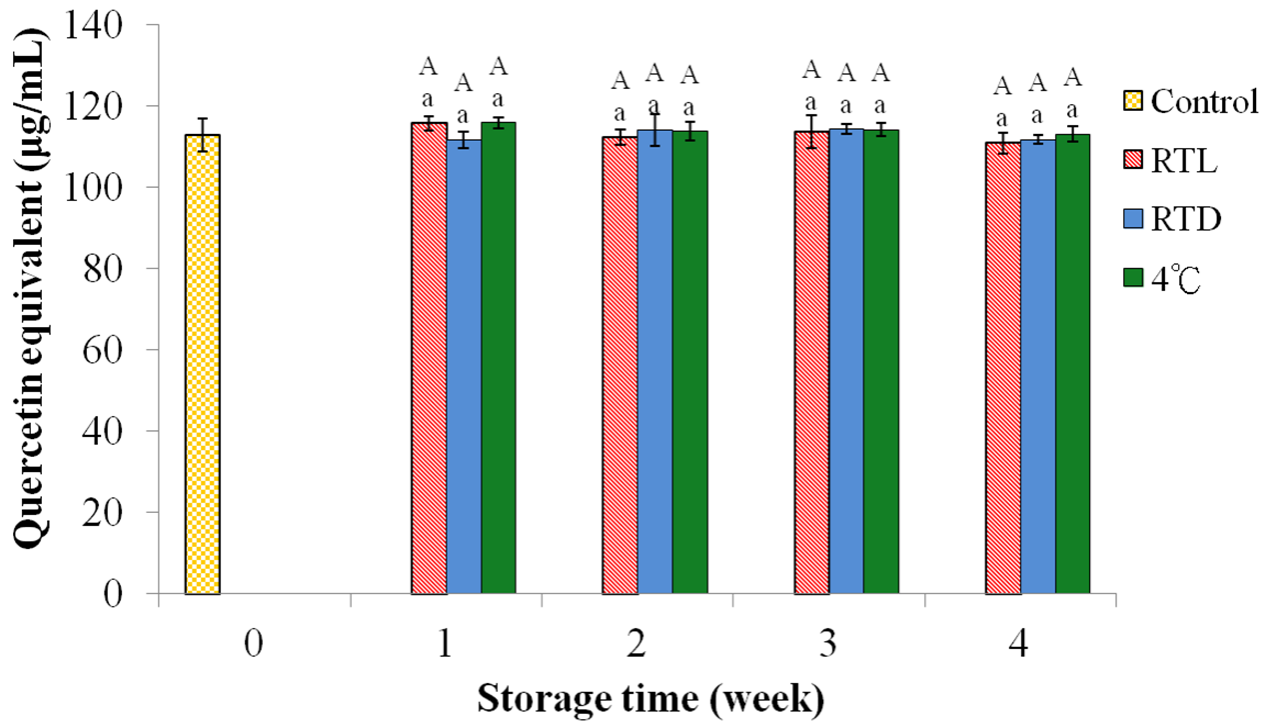
2. 類黃酮含量

由圖五十（附錄二十九）結果可知，類黃酮物質是一個很穩定的物質，經過殺菌之後，茶汁中的類黃酮含量很穩定，不論避光、不避光或是 4°C 下冷藏，影響類黃酮的含量不大，且經過四週的儲藏均呈現安定現象。於類黃酮儲藏性文獻中，未加鈣、加氫氧化鈣和加碳酸鈣的諾麗果汁粉其類黃酮類含量在儲藏過程中沒有明顯的變化（黃，2010）。王（2008）經兩個月之室溫儲藏，有經熱處理之諾麗果汁中的類黃酮含量隨著儲藏時間之增加而有些微的改變，但不具顯著之差異，而未經熱處理之諾麗果汁中的類黃酮含量隨著儲藏時間之增加而降低。因此得證，飲品經過加熱殺菌而使關聯性酵素失活有關，故類黃酮化合物於儲藏過



圖四十九、小諾麗葉揉茶經儲藏後總酚之變化。4 °C 為冰箱避光儲藏、RTD 為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

Fig. 49. Change of total phenol content in rolling small noni-leaf tea during storage at various conditions. 4 °C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖五十、小諾麗葉揉茶經儲藏後類黃酮之變化。4 °C 為冰箱避光儲藏、RTD為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

Fig. 50. Change of flavonoids content in rolling small noni-leaf tea during storage at various conditions. 4 °C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

程中不會受破壞而減少，使其類黃酮含量呈現安定現象。

3. 縮合單寧含量

由圖五十一（附錄三十）結果可知，在儲藏初期（第一週）中一些環境因素（像是光、熱等）還是會造成縮合單寧的破壞，因此，放在室溫下，縮合單寧的含量會明顯減少，與不避光的組別相較，縮合單寧含量有下降的趨勢，但無顯著差異。而殺菌後並存放於 4°C 下冷藏來儲藏，可減緩縮合單寧的損失。

4. 芸香素含量

由王（2008）研究證實，加熱時間越長，rutin 減少越多，可知 rutin 對熱不穩定，因此，加熱殺菌會導致 rutin 之破壞。本研究結果如圖五十二（附錄三十一），諾麗葉茶殺菌後經一週儲藏後 rutin 含量明顯下降，之後呈安定的趨勢，此現象可能果汁內含及容器上之空間的氧氣被消耗完，之後雖有變化，但不明顯。

二、生理活性分析

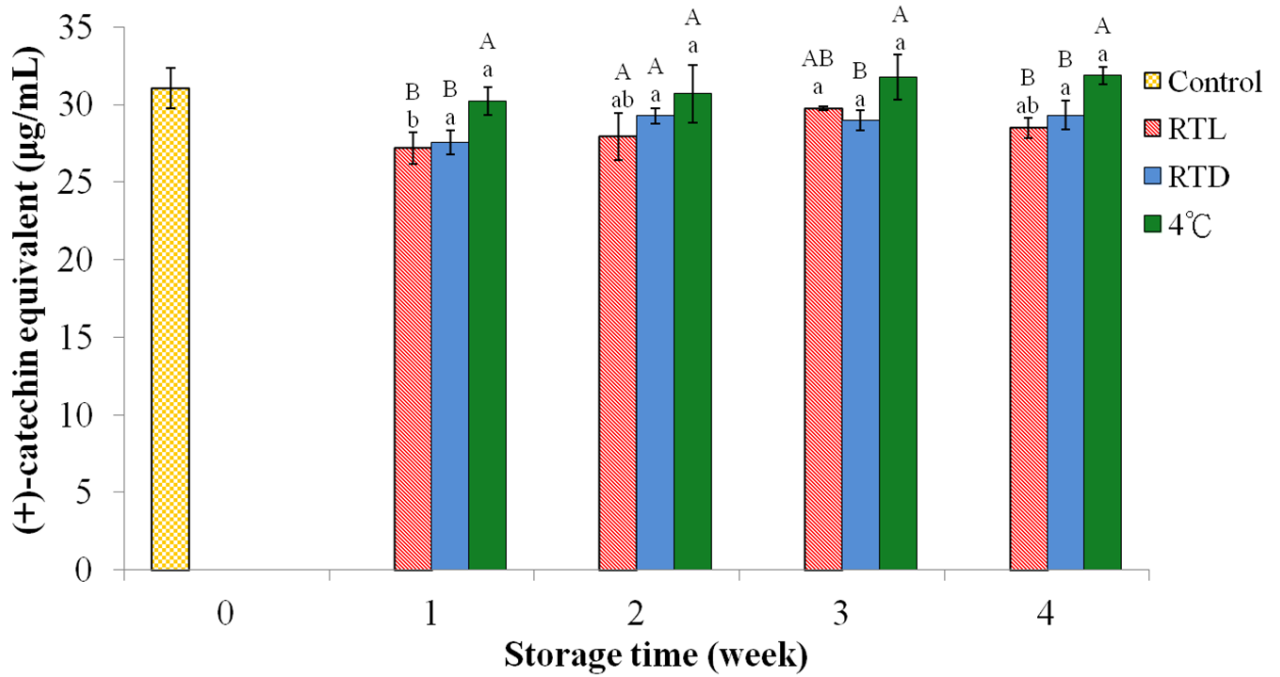
1. DPPH 自由基清除能力

由圖五十三（附錄三十二）實驗結果可知，諾麗葉茶殺菌後並儲藏於 4°C 下冷藏，初期有略微下降趨勢，但經四週儲藏後表現其具安定性，與第 0 週之自由基清除能力無差異；而室溫組別中，不避光的組別於第

一週有明顯提升自由基清除能力，但於第二週之後大幅降低而趨於穩定；避光組別於第一週有提升其自由基的清除能力，但於第四週有下降的趨勢。由此可見，於 4°C 下儲藏後 DPPH 自由基清除能力有略微下降，但儲藏過程中可確保其自由基清除能力之安定性。

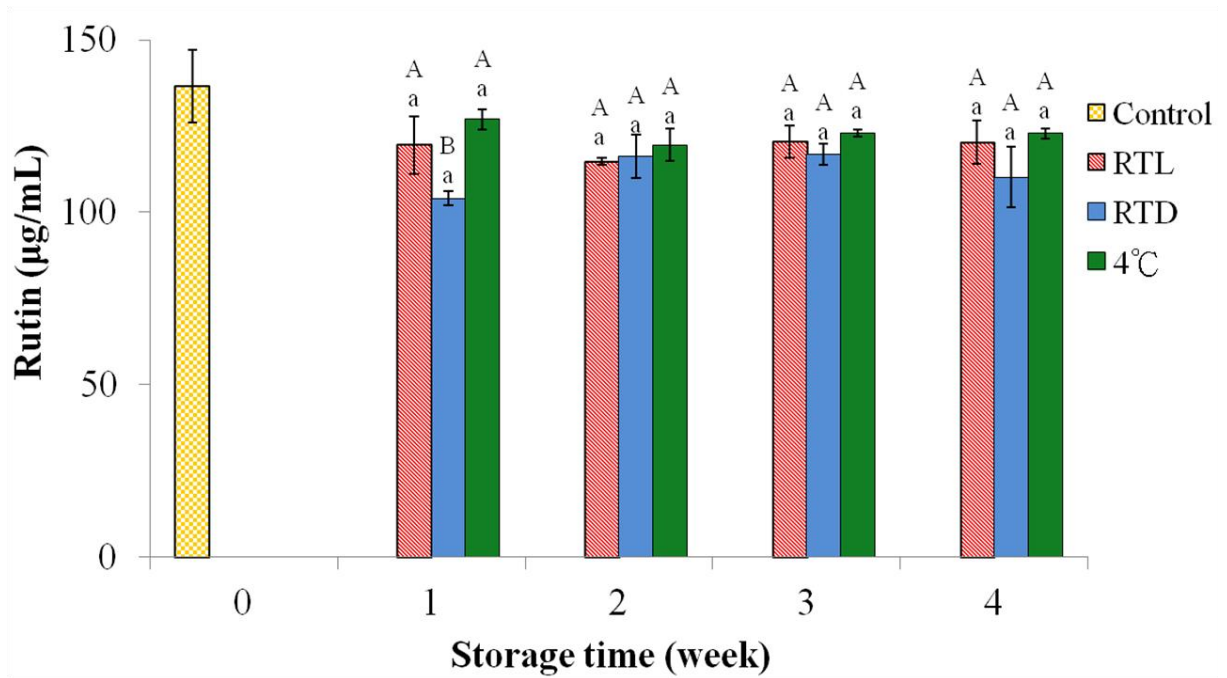
2. ABTS·⁺ 自由基清除能力

由圖五十四（附錄三十三）結果可知，諾麗葉茶經過殺菌後，於 4°C 下冷藏、室溫下避光及不避光其呈現具安定性，其中室溫下的組別和，可能因為茶水萃取物中所含偏極性的抗氧化物質，由萃取物中緩慢釋出，而提升其總抗氧化測定值有關（陳等，2007），以避光的自由基清除能力優於不避光的諾麗葉茶，而 4°C 下冷藏，其儲藏性質很安定，與第 0 週所儲藏的自由基清除能力相當。



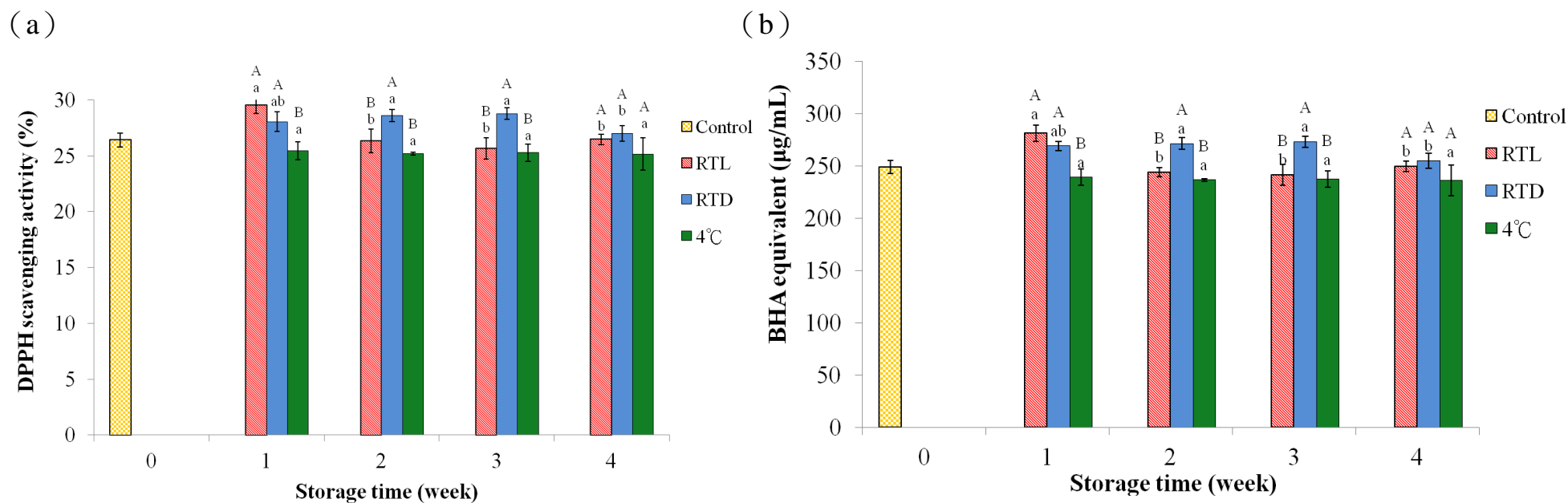
圖五十一、小諾麗葉揉茶經儲藏後縮合單寧之變化。4 °C 為冰箱避光儲藏、RTD 為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

Fig. 51. Change of condensed tannin content in rolling small noni-leaf tea during storage at various conditions. 4 °C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖五十二、小諾麗葉揉茶經儲藏後芸香素含量之變化。4 °C 為冰箱避光儲藏、RTD為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

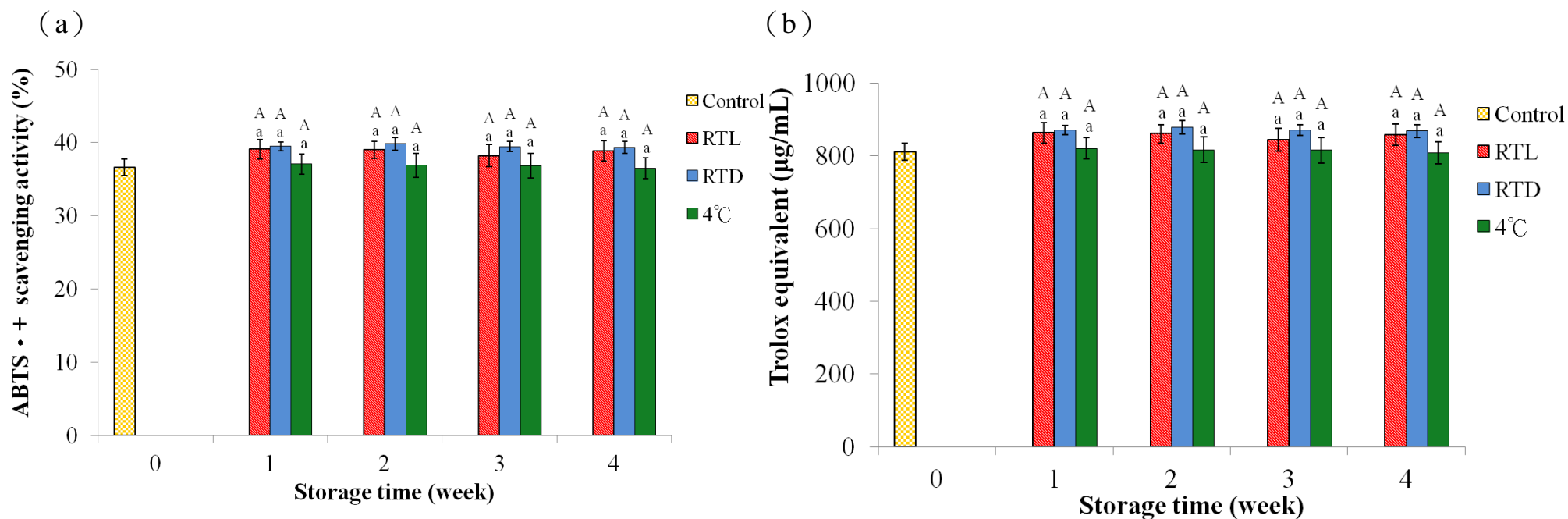
Fig. 52. Change of rutin content in rolling small noni-leaf tea during storage at various conditions. 4 °C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖五十三、小諾麗葉揉茶儲藏時間及光照與否對 (a) DPPH 自由基清除能力之影響； (b) BHA 當量。4 °C

為冰箱避光儲藏、RTD 為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

Fig. 53. Effects of storage time and with/without lightening on (a) DPPH radical scavenging activity; (b) BHA equivalent in rolling small noni-leaf tea. 4°C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖五十四、小諾麗葉揉茶儲藏時間及光照與否對 (a) ABTS ·⁺ 自由基清除能力之影響； (b) Trolox 當量。4 °C 為冰箱避光儲藏、RTD 為室溫避光儲藏、RTL 為室溫透光儲藏。

Fig. 54. Effects of storage time and with/without lightening on (a) ABTS ·⁺ radical scavenging activity; (b) Trolox equivalent in rolling small noni-leaf tea. 4 °C : storage at 4 °C in dark; RTD : room temperature in dark; RTL : room temperature under light. Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$). ^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$). ^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Part2-3 諾麗葉茶功能性化合物鑑定與分析

一、諾麗葉茶定性分析與全波掃描圖譜

由文獻參考表六可知諾麗葉中含有黃酮醇化合物(Chan-Blanco et al., 2006)，因此為了瞭解本實驗所取的本土品種諾麗果其諾麗葉是否含有此類化合物的存在，先將諾麗葉茶分離純化後，再進一步鑑定確定其化合物的存在。

由 HPLC 定性分析中，發現諾麗葉茶中除了 Rutin 為已知之化合物外，其餘 Peak 為未知化合物，因此為了偵測其未知化合物，利用光二極矩高效能液相層析儀進行全波掃描 220~400 nm，由此初步了解諾麗葉茶中個別化合物的主要吸收波長，以便下一步化合物的分離純化。

圖五十五為諾麗葉層析圖，由圖可知在諾麗葉茶中的主要化合物有八個 PEAK，其中第 4~8 個 PEAK 的主要吸收波長均位於 345 nm 左右（附錄三十四），屬於 Flavonoids 之化合物，具抗氧化功能，其中 PEAK 7 為 rutin；因此本研究中之諾麗葉茶分析條件均以此波長為偵測依據進行分析。

二、諾麗葉茶中類黃酮化合物之分離純化

利用半製備型管柱進行濃縮諾麗葉茶之大量分離製備，首先先探討其 HPLC 層析條件，利用調整乙晴-水的沖提比例來找出最佳層析分離條件，其層析結果明顯發現（附錄三十五），當分離條件為乙晴-水起始沖提比例為 20：80 至 30 分鐘，使化合物慢慢被沖提出來，以利於分

離化合物，並利於接收其沖提液，因此利用此層析條件將諾麗葉茶中六個主要化合物純化分離，層析圖如圖五十六。

三、諾麗葉茶之酸水解分析

初次探討化合物結構，經由 HPLC 半製備管柱層析所純化分離出來的六個主要化合物，個別再注射至 HPLC 分析型管柱層析，確定其分離的純度，由此層析圖可明顯看出第二個所接收之沖提液為非純物質，可能含有一些分不開的化合物，因此由這次的初步分析先捨棄第二個 PEAK 的酸水解步驟。

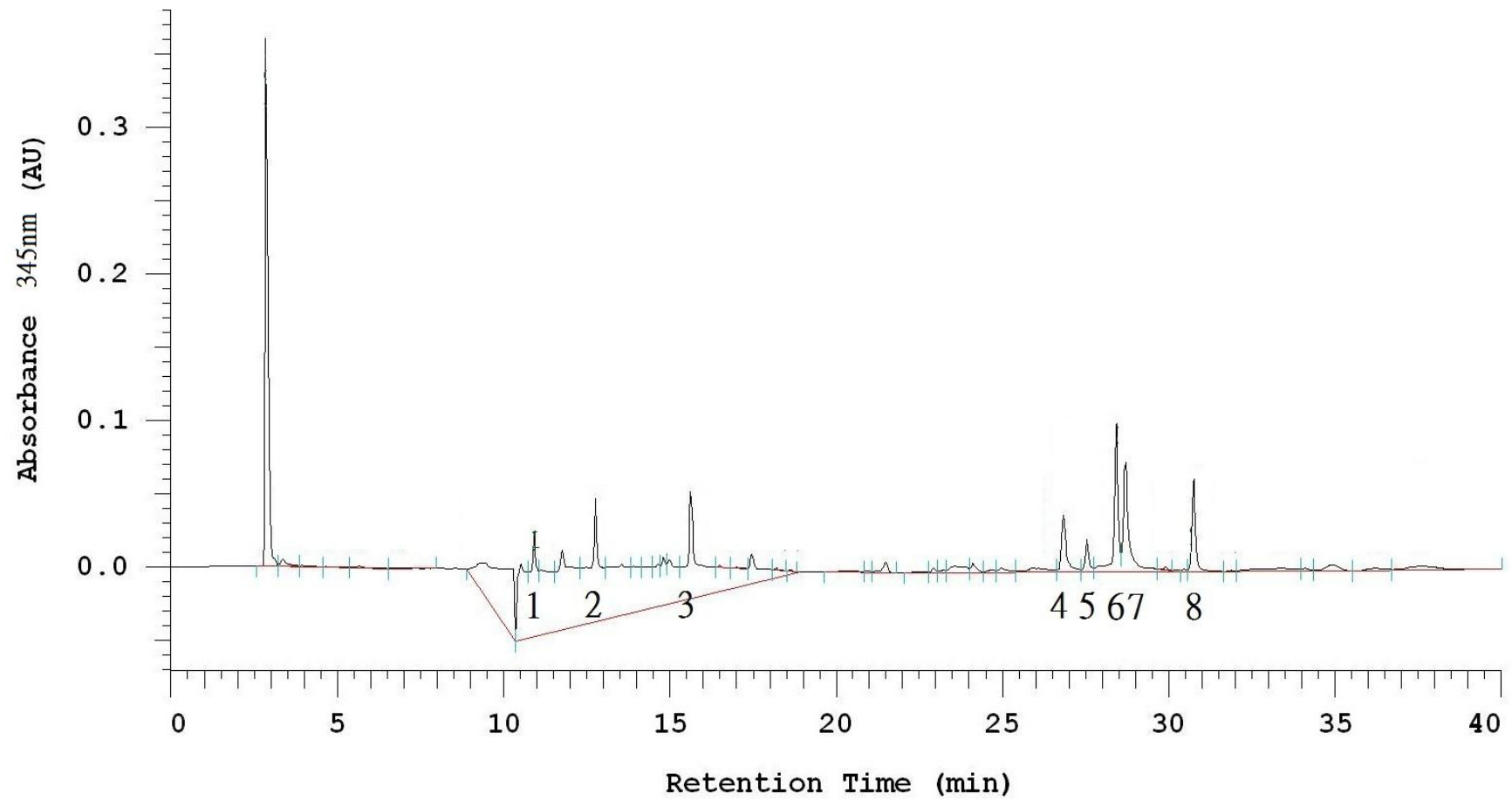
因此，將標準品、PEAK 1 及 PEAK 3~PEAK 6 進行酸水解步驟，首先，分別加入 HCl，利用酸水解法來去除化合物中的糖苷鍵結，再經由 HPLC 分析型管柱層析，觀察六個化合物之酸水解前後之差異，並對照標準品中 Rutin、Quercetin 及 Kaempferol 水解前後之差異。其中可發現 Quercetin 及 Kaempferol 因無鍵結糖苷，因此水解前後呈現一致，而 Rutin 有鍵結糖苷，因此水解後糖苷會被水解掉。再進一步分析水解後的標準品和水解後之五個化合物的層析圖譜（圖五十七），可明顯得知，PEAK 4 和 PEAK 6 與 Kaempferol 的滯留時間均在 41 分鐘被沖提出來，因此可以判斷此兩個化合物經水解後不帶任何糖苷類化合物，其主要結構可能是 Kaempferol 化合物，由此分析步驟初步判定 PEAK 4 和 PEAK 6 可能是 Kaempferol 的衍生物，因此進一步利用 LC/MS/MS 來進行化合物的鑑定。

四、LC/MS/MS 鑑定

經由文獻可知諾麗葉中含有 Kaempferol 衍生物化合物為 Kaempferol-3-O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galactopyranoside 和 Kaempferol-3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside (Chan-Blanco et al., 2006)，此兩物質為帶有糖苷化合物，因此 PEAK 4 和 PEAK 6 化合物經由 HPLC 分析可得知 (圖五十六)，化合物所鍵結的糖苷越多則經逆相 HPLC 管柱分析後，越快分析出來的物質表示越趨於極性，因此化合物上的糖苷化合物較多、極性大，由此可初步判定 PEAK 4 化合物所鍵結的糖苷物質較 PEAK 6 多，因此推測 PEAK 4 可能為 Kaempferol-3-O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-galactopyranoside，PEAK 6 為 Kaempferol-3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside。

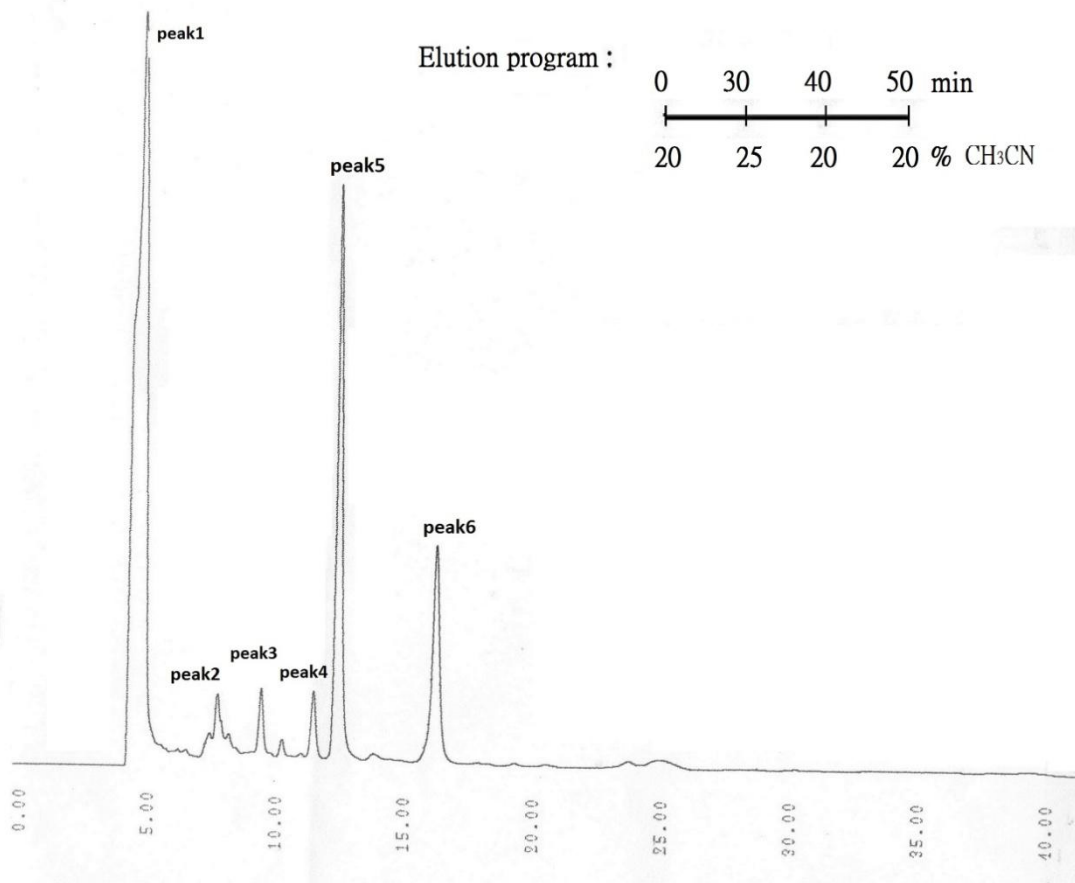
PEAK 4 和 PEAK 6 化合物進一步經由 LC/MS 鑑定，附錄三十六表示 PEAK 4 的鑑定結果，可得知總分子量為 727.6，再進一步經由 LC/MS/MS 分析，如圖五十八可得知 PEAK 4 為 Kaempferol 衍生物化合物，且帶有三個糖基，其分子量分別為 180、164、150，和文獻推測結果比對，符合 Glucose、Rhamnose，但最外側的糖分子量為 150，推測為 Arabinose、Xylose，其中 Xylose 常以多醣的形式天然存在於植物中，因此 PEAK 4 化合物為 Kaempferol - (Glc + Rha + Xyl)；而附錄三十七為 PEAK 6 經 LC/MS 鑑定結果，可知其總分子量為 593.2，再經由 LC/MS/MS 分析，如圖五十九可確定 PEAK 6 為 Kaempferol

衍生物化合物，且帶有兩個糖基，而兩個糖的總分子量為 344.4，和文獻推測結果比對，符合 Glucose、Rhamnose，因此 PEAK 6 化合物為 Kaempferol - (Glc + Rha)。



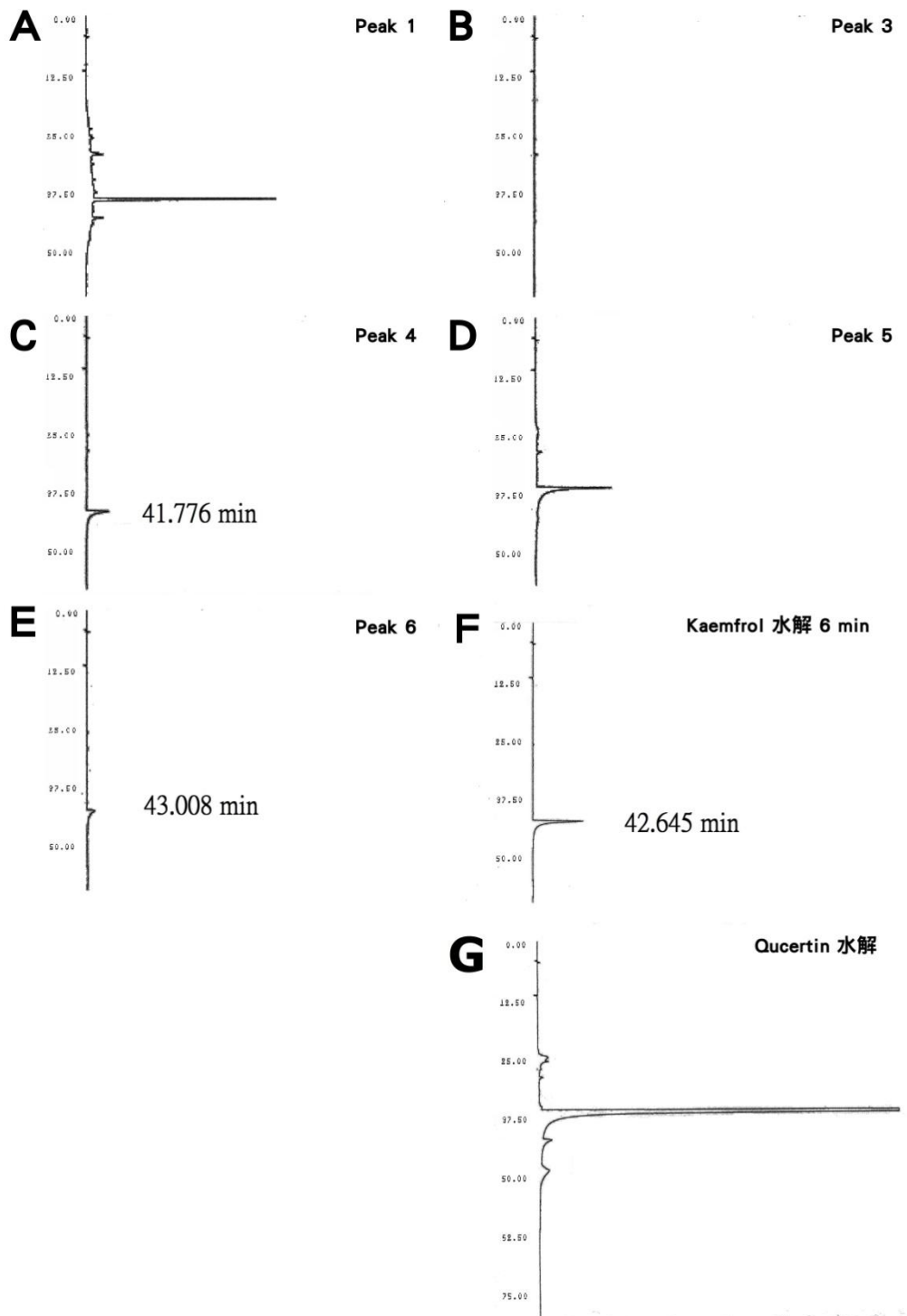
圖五十五、諾麗葉茶之 HPLC 全波掃描層析圖。

Fig 55. HPLC profile of noni-leaf tea with Photo Diode Array.



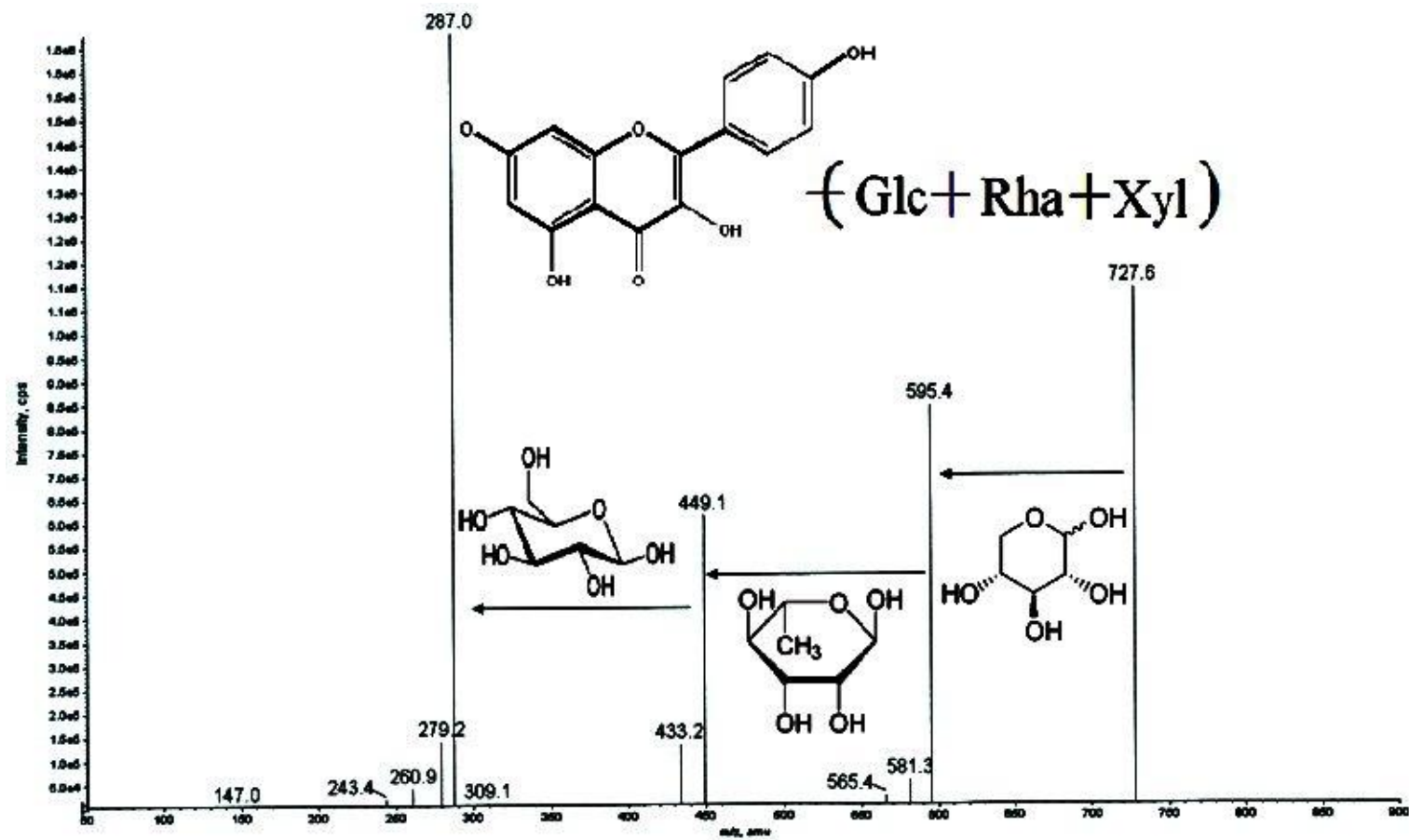
圖五十六、分離濃縮諾麗葉茶之半製備型高效液相層析圖。

Fig 56. HPLC separation chromatogram of concentrated noni-leaf tea .



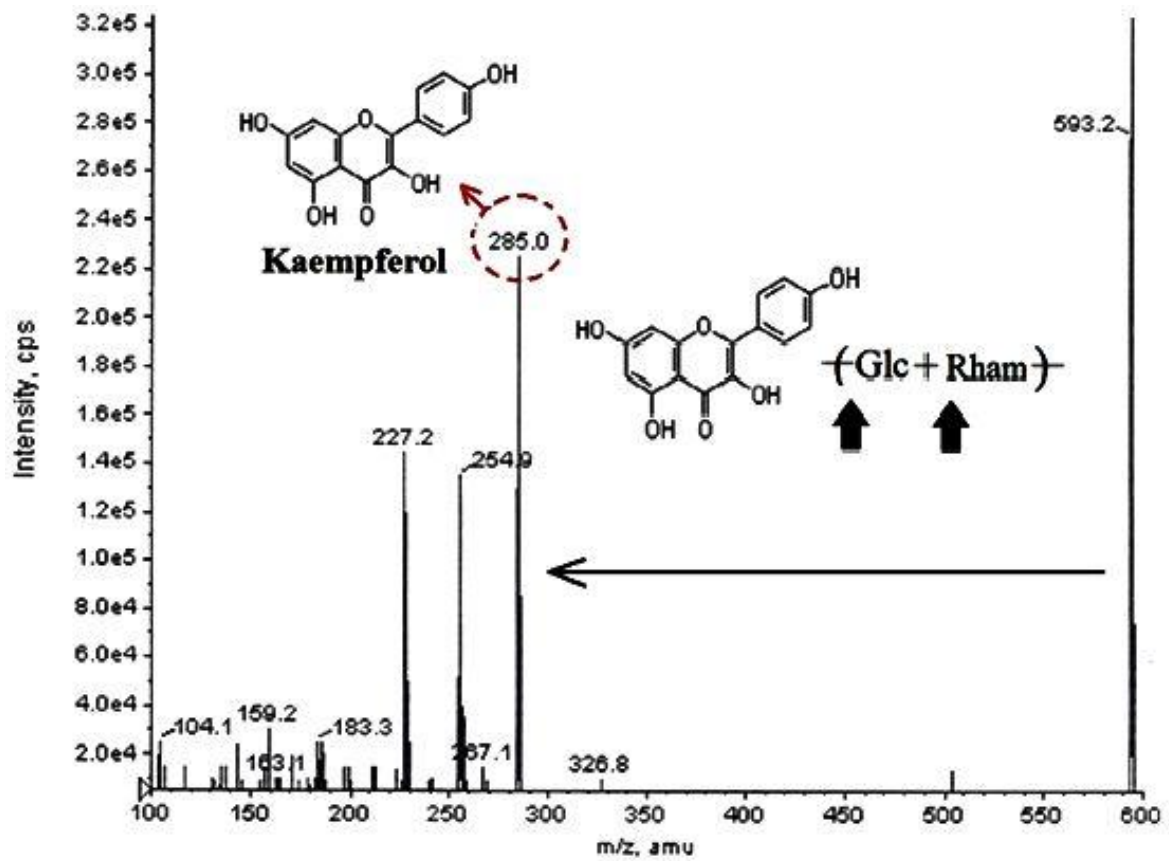
圖五十七、諾麗葉茶中五個純物質水解後與標準品之 HPLC 層析圖。圖 D-E 為五個純物質水解後之層析圖。圖 E 為 Kaempferol；圖 F 為 Quercetin。

Fig 57. HPLC chromatograms of the five compounds and standar after hydrolyzed.



圖五十八、化合物 4 之液相層析-質譜圖。

Fig 58. LC/MS/MS spectrum of compound 4.



圖五十九、化合物 6 之液相層析-質譜圖。

Fig 59. LC/MS/MS spectrum of compound 6.

伍、結論

本研究以果實和葉子分兩部份：首先，發酵諾麗果汁控溫於 30°C、35°C、40 °C，發酵 0、1、2、3、4 週觀察其功能性品質和生理活性以探討發酵之較佳時間。綜合以上結果（附錄三十八），諾麗果發酵後的產率，以 30°C 發酵兩週就有 57.19 %，而 35 °C、40°C 則是要發酵三週才有相等的產率；三組控溫發酵過程中，其 pH 值均維持在 pH 3.8 左右，但其果汁的色澤上差異較大，由未發酵諾麗果汁的黃色，隨著發酵時間的增加和溫度的提升，發酵諾麗果汁趨近深色呈現紅褐色，因此 b* 與類黃酮含量均呈現下降的趨勢。而總酚方面，於 30°C 發酵第一週的總酚含量高達 1.74 mg/mL gallic acid equivalent；縮合單寧含量由未發酵 127.43 µg/mL，經 30°C、40°C 發酵兩週後其縮合單寧含量高達 206.76 µg/mL、234.3 µg/mL，而 35°C 至發酵第四週才高達 224.39 µg/mL。東莨菪素含量與未發酵之控制組相比，各溫度組別均有顯著的增加，於 30°C 發酵第二週有最高的東莨菪素含量為 258.8 µg/mL。芸香素在發酵的過程中可能受到光、熱、氧的破壞而水解，其含量隨著發酵時間的增加和溫度的提升而逐漸損失。總抗氧化能力於 40°C 的組別呈現抗氧化活性提升的情形，且越高溫的組別其活性提升越多。40°C 發酵組在第二週時便具有 854.33 µg BHA equivalent/mL 的抗氧化能力，而與 35°C 發酵組的第四週的抗氧化活性 821.67 µg BHA equivalent/mL 相當，

30°C 發酵組發酵第二週 802.5 µg BHA equivalent/mL。ABTS^{·+} 自由基清除能力從未發酵 1550.19 µg Trolox equivalent/mL，經發酵 1~2 週提升至 2002.16 µg Trolox equivalent/mL，較控制組約提昇了 29.16%，但於第三週發酵有稍微下降的趨勢。因此，發酵諾麗果汁於不同溫度發酵初期（一至二週）較有影響，且適當的提高發酵溫度至 30°C，可促進初期產率提升、色素生成與功能性成份的釋放，縮短發酵時間，兼具經濟效益。

將大諾麗葉揉茶、小諾麗葉揉茶和凍乾小諾麗葉三種樣品，經沸煮 15、30、45、60 分鐘之萃取液分析其抗氧化能力變化、喜好性官能品評。以沸煮 60 分鐘後功能性成份和生理活性有顯著的趨勢（附錄三十九），而由大、小諾麗葉之比較，大諾麗葉茶中類黃酮含量、總酚含量、芸香素含量、DPPH 自由基清除能力及總抗氧化能力均小於小諾麗葉茶；而揉茶又優於不揉茶，小諾麗葉經適當的揉茶後，能賦予較好的功能性成份與生理活性，且經過官能品評三種茶湯之色、香、味，仍以小諾麗葉揉茶頗受消費者的喜愛。

綜合諾麗葉茶最適萃取條件之功能性變化和品評結果，將其受青睞的沸煮 60 分鐘小諾麗葉茶經殺菌後來進行儲藏性試驗，於室溫下避光、室溫下不避光以及 4°C 下儲藏四週，其功能性物質和生理活性變化不大；就穩定性，諾麗葉茶儲藏於 4°C 下其諾麗葉茶品質安定，其次為室溫下避光的組別，而室溫下不避光則安定性較差。

大、小諾麗葉茶無明顯的 Scopoletin 化合物含量，但具有Rutin 物質。此外及其他類黃酮波長 345 nm 左右之 HPLC 分出六個 PEAK ，利用半製備型管柱分離純化，並進行酸水解， PEAK 4 和 PEAK 6 是 Kaempferol 的衍生物。LC/MS/MS 進一步鑑定， PEAK 4 與 PEAK 6 的分子量分別為 727.6 和 593.2，其結構可能分別為 Kaempferol- (Glc + Rha + Xyl) 和 Kaempferol - (Glc + Rha)，而糖苷之種類及鍵結之方式尚有待進一步分析。

參考文獻

1. 王美燕。2008。部份發酵諾麗果汁之製備及其儲藏性探討。東海大學食品科學系碩士論文。台中，台灣。
2. 王進崑。1993。檳榔嚼塊中興奮性成分之研究及替代品的研製。國立台灣大學食品科技研究所博士論文。台北，台灣。
3. 甘子能。1980。茶中的咖啡因。食品工業，12(7)：19-23。
4. 甘子能。1981。茶中多元酚類成分(之二)：製茶過程中多元酚類的轉變。食品工業，13(7):10-16。
5. 甘子能。1981。茶中多元酚類成分。食品工業，13(1)：10-18。
6. 朱志偉。2000。茶葉萃取物與兒茶素化合物對細胞 DNA 損傷影響之研究。國立中興大學食品暨應用生物科技系碩士班論文。台中，台灣。
7. 吳珊珊。2000。茶多酚之萃取及其除口臭效果之研究。國立台灣大學食品科技研究所碩論。台北，台灣。
8. 吳珊珊和孫璐西。2000。茶多酚之萃取及其除口臭效果之研究。國立台灣大學食品科技研究所碩論。台北，台灣。
9. 吳振鐸、葉速卿和鄭觀星。1975。不同製茶種類對兒茶素含量的影響。中國農業化學會誌，13(3-4):159-168。
10. 吳振鐸。1985。台灣茶葉分類。台灣茶葉研究彙報，4：155-158。
11. 吳傑成。1981。茶葉中可溶分、茶渣及茶渣內灰化物三者含量之分析研究。台灣省茶葉改良場年報，第 46 頁。
12. 李昌、謝明勇、陳軍輝、聶少平和黃優生。2006。HPLC 法測定庫克 Noni 果汁中游離態水溶性維生素。南昌大學學報(理科版)，30(3): 258-261。
13. 沈明來。2005。試驗設計學第三版。第 349-363 頁。九州圖書文物有限公司。台北，台灣。

14. 阮逸明。1995。部分發酵茶製造理論。茶葉技術推廣手冊，第 5-8 頁。臺灣省茶葉改良場編印。台北，台灣。
15. 阮逸明和黃建民。1988。茶葉可溶分及主要化學成分萃取之研究。臺灣省茶葉改良場年報，第 69 頁。
16. 阮逸明。2004。台灣的茶業—茶與生活。稻田出版有限公司。台北，台灣。
17. 周亦斌、王俊。2004。電子鼻在食品感官檢測中的應用進展。食品與發酵工業，30 (2)：129-132。
18. 林世民。2007。綠茶飲料去除茶乳製程之探討。國立中興大學食品暨應用生物科技學系碩士論文。台中，台灣。
19. 林志傑。1995。紅茶除口臭物質之萃取與區分。國立台灣大學食品科技研究所碩士論文。台北，台灣。
20. 林昱成。2010。部分純化諾麗果膠酵素與諾麗果汁控溫發酵之研究。東海大學食品科學系碩士論文。台中，台灣。
21. 林進和唐仕榮。2005。論天然黃酮類化合物及其抗氧化作用。徐州工程學院學報，20:187-190。
22. 邱明華和邢其毅。1998。具有生理活性的天然有機化合物。化學進展，10 (3):265-272。
23. 邱明華和邢其毅。1998。具有生理活性的天然有機化合物。化學進展，10 (3):265-272。
24. 施兆鵬。1996。茶葉加工學。中國農業出版社。江蘇，中國。
25. 洪長春。2008。大溪地人兩千年以上歷史的民俗療法—諾麗果，科技發展政策報導，1:92-96。
26. 洪陶玉。2000。紅茶除口臭成分之研究。國立台灣大學食品科技研究所博士論文。台北，。台灣。
27. 區少梅 編。2007。食品感官品評學及實習。第二版。華格納出版社，台中，台灣。
28. 區少梅、蔡永生和張如華。1988。包種茶酚類化合物分析方法之比

- 較與評估。台灣茶業研究彙報，第 43-61 頁。
29. 張世龍。2001。不同發酵程度茶湯在人體口腔中脫除口臭效果之研究。國立台灣大學食品科技研究所碩士論文。台北，台灣。
 30. 張連發。1995。綠茶製造法。茶葉技術推廣手冊，第 1-4 頁。臺灣省茶葉改良場編印。
 31. 張慧敏。2002。神奇的諾麗。生智出版社。台北，台灣。
 32. 許朝凱。2007。國內外保健食品管理制度概況。食品生技，11:22-27。
 33. 郭軒中。2006。Noni 各種萃取物對於抑制血小板聚集之探討。元培科學技術學院生物技術研究所碩士論文。新竹，台灣。
 34. 陳師瑩、陳靜慧、陳姿秀、葉東柏和林翠品 (2007a)。儲藏條件對海巴戟天葉萃取物之抗氧化活性與總酚類含量的影響。嘉南學報，33：40-53。
 35. 陳進村。2006。茶中酯化型兒茶素精製及天然物中抗氧化物質之快速篩檢。嘉南藥理科技大學生物科技系碩士論文。
 36. 黃永翰。2010。鈣螯合諾麗果汁及果汁粉之製備、定性與儲藏研究。東海大學食品科學系碩士論文。台中，台灣。
 37. 黃丞宏。1994。各種茶葉除口臭效果之研究。國立台灣大學食品科技研究所碩士論文。台北，台灣。
 38. 楊淑娟 (2005) Noni 果汁抗氧化性、ACE 抑制活性和其純化物質 Scopoletin 及衍生物之化學結構鑑定。東海大學食品科學系碩士論文。台中，台灣。
 39. 蔡永生和張如華。1986。茶葉可溶分萃取之研究。台灣省茶葉研究彙報，第 117-123 頁。
 40. 羅宇展。2009。檫樹 (諾麗)果實自然發酵過程中果汁與乾燥果肉所含酚類化合物之變化。台灣大學生物資源暨農學院園藝學研究所碩士論文。台北，台灣。
 41. American Chemical Society 2000. Noni plant may yield new drugs to fight tuberculosis. Press release the 2000 International Chemical

Congress of Pacific Basin Societies.

<http://www.sciencedaily.com/releases/2000/12/001219074537.htm>

42. Atkinson, N. 1956. Antibacterial substances from flowering plants. *Aust. J. Exp. Biol.*, 34:17-26.
43. Berkowitz, J.E., Coggon, P., and Sanderson, G.W. 1971. Formation of epigallocatechin gallate and its transformation to thearubigins during tea fermentation. *Phytochemistry*, 10:2271-2278.
44. Bokuchava, M.A. 1958. *Biochemistry of Tea and Tea Manufacture*. Izvestiya Akadenii Nark SSSR, Moscow:586.
45. Bokuchava, M.A. and Skobeleva, N.I. 1980. The biochemistry and technology of tea manufacture. *CRC Crit. Rev. Food Sa. Nutr.*, 12:303-365.
46. Calabrò, M. L., Tommasini, S., Donato, P., Stancanelli, R., Raneri, D., Catania, S., Costa, C., Villari, V., Ficarra, P. and Ficarra, R. 2005. The rutin/ β -cyclodextrin interactions in fully aqueous solution: spectroscopic studies and biological assays. *J. Pharm. Biomed. Anal.*, 36: 1019-1027.
47. Cao, G. H., Sofic, E. and Preor, R. L. 1996. Antioxidant capacity of tea and common vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 44(11): 3426-3431.
48. Cardon, D. 2003. *Le Monde des Teintures Naturelles*. Belin, Paris, France.
49. Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Perez, A. M., Reynes, M., Brillouet, J.-M. and Brat, P. 2006. The noni fruit (*Morinda citrifolia L.*): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Comp. Anal.*, 19: 645-654.
50. Chen, A. O., and Tasi, Y. S. 1988. Studies on relationship between sensory properties and nonvolatile chemical components of Paochung tea. In "Proceedings of the International Symposium on Recent Development in Tea production" pp. 249-272. Taiwan Tea Experiment

Station Tangmei, Taoyuan, Taiwan, Republic of China.

51. Chen, C-W. and Ho, C-T. 1995. Antioxidant properties of polyphenols extracted from green and black teas. *J. Food Lipids.*, 2: 35-46.
52. Cushnie T. P. T. & Lamb A.J. 2005. Review. Antimicrobial activity of flavonoids. *Int J Antimicrob Agents.*, 26: 343-356.
53. Dittmar, A. 1993. *Morinda citrifolia* L.- use in indigenous Samoan medicine. *J. Herbs Spices Med., Plants* 1(3): 77-92.
54. Dixon A.R., McMillan H, & Etkin N.L. 1999. Ferment this: the transformation of Noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae). *Econ. Bot.*, 53: 51-68.
55. Duh, P-D., Tu, Y-Y., and Yen, G-C. 1999. Antioxidant activity of water extract of Harnng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 32: 269-277.
56. Duncan, S. H., Flint, H. J. and Stewart, C. S. 1998. Inhibitory activity of gut bacteria against *Escherichia coli* O157 mediated by dietary plant metabolites. *FEMS Micro. Biol. Lett.*, 164: 283-288.
57. Elkins, R. 1998. Hawaiian Noni (*Morinda citrifolia*) Prize Herb of Hawaii and the South Pacific. Woodland Publishing. Utah.
58. Farine, J.-P., Legal, L., Moreteau, B. and Quere, J.-L. L. 1996. Volatile components of ripe fruits of *Morinda citrifolia* and their effects on *Drosophila*. *Phytochem.*, 41: 433-438.
59. Farine, J. R., Legal, L., Moreteau, B., & Le Quere, J. L. 1996. Volatile components of ripe fruits of *Morinda citrifolia* and their effects on *Drosophila*. *Phytochem.*, 41(2), 433-438.
60. Guardia T., Rotelli A., Juarez A. & Pelzer L. 2001. Antiinflammatory properties of plant flavonoids. Effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat. II. *Farmaco.*, 56, 683-687.
61. Heinicke, R.M. 1985. The pharmacologically active ingredient of Noni.

- Pacific Trop. Bot. Gard. Bull., 15: 10-14.
62. Hiramatsu, T., Imoto M., Koyano, T. and Umezawa, K. 1993. Induction of normal phenotypes in ras-trans formed cells by damnacanthol from *Morinda citrifolia*. *Cancer Lett.*, 73: 161-6.
63. Hirazumi, A., and Furusawa, E. 1999. An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni) with antitumour activity. *Phytother Res.*, 13: 380-387.
<http://www.bentham.org/cmciema/sample/cmciema1-1/vaya/f3.gif>
<http://www.sciencedaily.com/releases/2000/12/001219074537.htm>
64. Huang, L., Liu, J. F., Liu, L. X., Li, D. F., Zhang, Y., Nui, H. Z., Song, H. Y., & Zhang, C. Y. 1993. Antipyretic and anti-inflammatory effects of *Artemisia annua* L.. *China J. Chin. Mate. Med.*, 18: 44-48; 63-64.
65. Jayaraman, S. K., Manoharan, M. S. and Illanchezian, S. 2008. Antibacterial, Antifungal and Tumor cell suppression potential of *Morinda citrifolia* fruit extracts. *Int. J. Integ. Biol.*, 3 (1): 44-49.
66. Kada, T.; Kaneko, K.; Matsuzaki, S.; Matsuzaki, T. 1985. Detection and chemical identification of natural bio-antimutagens. A case of the green tea factor. *Mutat. Res.*, 150 : 127-132.
67. Kim, H. J., Jang, S. I., Kim, Y. J., Chung, H. T., Yun, Y. G., Kang, T. H., Jeong, O. S., & Kim, Y. C. 2004. Scopoletin suppresses pro-inflammatory cytokines and PGE2 from LPS-stimulated cell line, RAW 264.7 cells. *Fitoterapia.*, 75 : 261-266.
68. Leach A. J., Leach D.N., & Leach G. J. 1988. Antibacterial activity of some medical plants of Papua New Guinea. *Sci. New Guinea*, 14: 1-7.
69. Lee, F. A. 1983. Tea. In *Basic Food Chemistry*, 2nd ed. pp. 419-439. AVI Publishing Co., Inc.
70. Leitao SG, Leitao GG, Moreira DL, Goncalves JL, Wigg MD. 2005. Antioxidant and antiviral properties of *Pseudopiptadenia contorta*

- (leguminosae) and of quebracho (*Schinopsis* sp.) extract. *Quim. Nova.*, 28:421-425.
71. Levand, O. & Larson, H. O. 1979. Some chemical constituents of *Morinda citrifolia*. *Planta. Med.*, 36 : 186-187.
72. Li, R. W., Myers, S. P., Leach, D. N., Lin, G. D. and Leach, G. 2003. A cross-cultural study: anti-inflammatory activity of Australian and Chinese plants. *J. Ethnopharmacol.*, 85: 25-32.
73. Liang, Y.R. and Xu, Y.R. 2003. Effect of extraction temperature on cream and extractability of black tea. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 38 (1): 37-45.
74. Liu, C. H., Xue, Y. R., Ye, Y. H., Yuan, F. F., Liu, J. Y., and Shuang, J.L. 2007. Extraction and characterization of antioxidant compositions from fermented fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni). *Agric Sci China* 6 (12): 1494-1501.
75. Locher, C. P., Burch, M. T., Mower, H. F., Berestecky, J., Davis, H., Van Poel, B., Lasure, A., Vanden Berghe, D. A., & Vlietinck, A. J. 1995. Anti-microbial activity and anti-complement activity of extracts obtained from selected Hawaiian medicinal plants. *J. Ethnopharmacol.*, 49, 23-32.
76. Loizzo, M. R., Said, A., Tundis, R., Rashed, K., Statti, G. A., Hufner, A. and Menichini, F. 2007. Inhibition of Angiotensin Converting Enzyme (ACE) by Flavonoids isolated from *Ailanthus excelsa* (Roxb) (Simaroubaceae). *Phytother. Res.*, 21: 32-36.
77. Mahanta, P. K. Hazarka, M. and Takeo, T. 1985. Flavor volatiles and lipids in various components of tea shoots *Camellia sinensis*. *J. Sci and Food Agric.*, 36 : 1130-1132.
78. Matsumoto N, Ishigaki F, Ishigaki A, Iwashin H, Hara Y. 1993. Reduction of blood glucose levels by tea catechin. *Biosci. Biotechnol.*

Biochem., 57: 525–7.

79. McKoy, M.L.G., Thomas, E.A. and Simon, O.R. 2002. Preliminary investigation of the anti-inflammatory properties of an aqueous extract from *Morinda citrifolia* (Noni). *Pharmacol Soc.*, 45: 76–78.
80. Moorthy, N. K. and Reddy, G. S. 1970. Preliminary phytochemical and pharmacological study of *Morinda citrifolia* Linn. *Antiseptic*, 67: 167-171.
81. Morton, J. F. 1992. The ocean-going Noni, or Indian mulberry (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae) and some of its "colorful" relatives. *Econ. Bot.*, 46 : 241-256.
82. Nakagawa, M. 1975. Chemical components and taste of green tea. *Jpn. Agric. Res. Q.*, 9 (3): 156-160.
83. Nelson, S. C. 2001. Noni cultivation in Hawaii. *Fruit and Nuts*, 4 : 1-4.
84. Nelson, S. C. 2003. Noni Cultivation and Production in Hawaii. In: *Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference*. University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources.
85. Nelson, S. C. and Elevitch C.R. 2006. *Noni: The complete guide for consumers and growers*. 1st ed. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii.
86. Ojewole, J. A. O. and Adesina, S. K. 1983. Mechanism of the hypotensive effect of scopoletin isolated from the fruit of *Tetrapleura tetraptera*. *Planta Med.*, 49 (1) : 46-50.
87. Pietta, P.-G. 2000. Flavonoids as Antioxidants. *J. Nat. Prod.*, 63 : 1035-1042.
88. Potterat, O. and Hamburger, M. 2007. *Morinda citrifolia* (Noni) Fruit-Phytochemistry, Pharmacology, Safety. *Planta Med.*, 73 : 191-199.
89. Raffo A., La Malfa G., Fogliano G. & Quaglia G. 2006. Seasonal variation in antioxidant components of cherry tomatoes (*Lycopersicon*

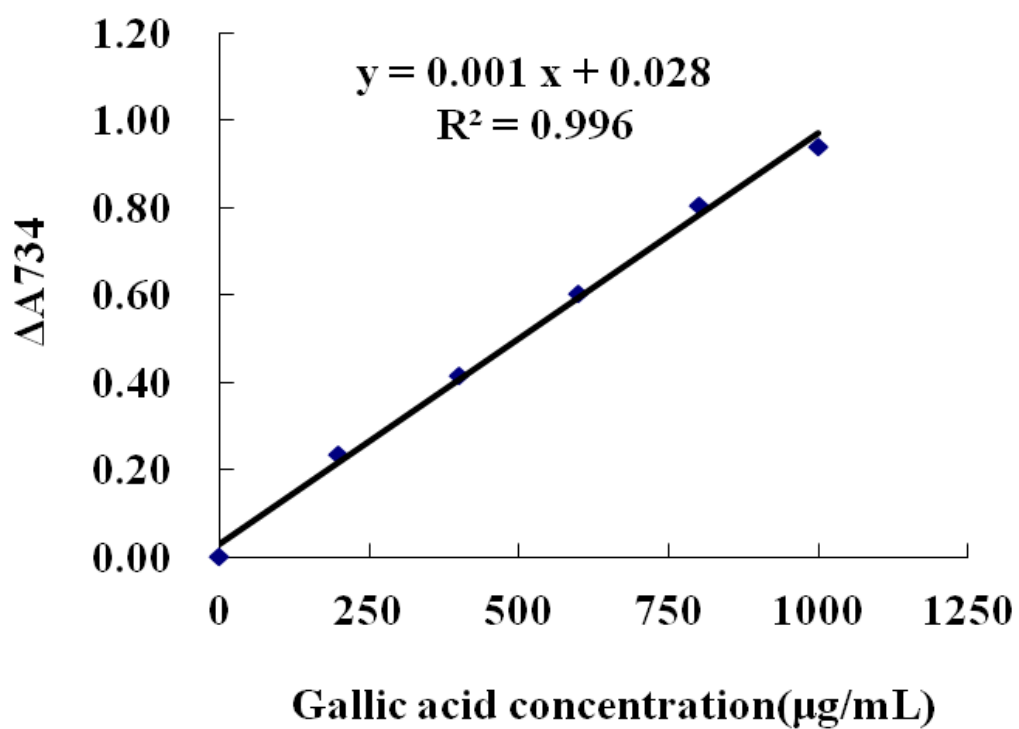
- esculentum* cv. Naomi F1). J. Food Compost. Anal., 19 : 11-19.
90. Raj, R.K. 1975. Screening of indigenous plants for anthelmintic action against human *Ascaris lumbricoides*: Part-II. Indian J. Physiol. Pharmacol., 19 : 47-9.
 91. Robak, J. and Gryglewski, I. R. 1988. Flavonoids are scavengers of superoxide anions. Biochem. Pharma., 37 : 837-841.
 92. Roberts, E.A.H. 1962. Economic importance of flavonoid substances: tea fermentation. In " Chemistry of Flavonoid Compounds ", ed. Geissman, T.A., pp.468-512. Pergamon Press, Oxford.
 93. Ross, I.A. 2001. Medical Plants of the World. In " Chemical Constituents, Traditional and Modern Medical Uses". N J : Humana Press.
 94. Samoylenko, V., Zhao, J., Dunbar, D. C., Khan, I. A., Rushing, J. W. and Muhammad. 2006. New constituents from noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice. J. Agric. Food Chem., 54: 6398-6402.
 95. Sanderson, G.W. 1972. The chemistry of tea and tea manufacturing. In " Recent Advances in Phytochemistry ". Vol. 5, V. C. Runeckles and T. C. Tso (Editors). Academic Press, New York.
 96. Sang, S., Cheng, X., Zhu, N., Stark, R. E., Badmaev, V., Ghai, G., Rosen, R. T., & Ho, C. T. 2001. Flavonol glycosides and novel iridoid glycoside from the leaves of *Morinda citrifolia*. J. Agric. Food Chem., 49 : 4478-4481.
 97. Sang, S., He, K., Liu, G., Zhu, N., Cheng, X., Wang, M., Zheng, Q., Dong, Z., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. 2001. A New Unusual Iridoid with Inhibition of Activator Protein-1 (AP-1) from the Leaves of *Morinda citrifolia* L. Org. Lett., 3 (9) : 1307-1309.
 98. Sang, S., He, K., Liu, G., Zhu, N., Wang, M., Jhoo, J.-W., Zheng, Q., Dong, Z., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. 2001. *Citrifolinin A*, a

- new unusual iridoid with inhibition of Activator Protein-1 (AP-1) from the leaves of noni (*Morinda citrifolia* L.). *Tetrahedron lett.*, 42: 1823-1825.
99. Selloum L., Bouriche H., Tigrine C. & Boudoukha C. 2003. Antiinflammatory effect of rutin on rat paw oedema, and on neutrophils chemotaxis and degranulation. *Exp. Toxicol. Pathol.*, 54 : 313-318.
 100. Selvendran, R. E. and Selvendran, S. 1972. Changes in the polysaccharides of the tea plant during postprune growth. *Phytochem.*, 11 : 3167-3172.
 101. Shahidi, F. and Naczk, M. 2004. Phenolics in Food and Nutraceuticals. CRC Press, 1-14.
 102. Shahidi, F., Janitha, P. K. and Wanasundara, P. D. 1992. Phenolic antioxidants. *Criti. Rev. Food Sci. Nutri.*, 32(1) : 67-103.
 103. Shi, X., Dalal, N. S. and Jain, A. C. 1991. Antioxidant behaviour of caffeine efficient scavenging of hydroxyl radicals. *J. Agric. Food Chem.*, 40 : 945-948.
 104. Shimada, K. Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. 1992. Antioxidative reactions of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J. Agric. Food. Chem.*, 40 : 945-948.
 105. Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J. Agric. Food Chem.*, 40: 945-948.
 106. Solomon, N. 1999. The noni phenomenon. Direct source publishing, Utah, 62-70.
 107. Sung, S. H., Park, J. H., & Kim, Y. C. 1998. Hepatoprotective activity of scopoletin, a constituent of *Solaumly artum*. *Arch. Pharmacol. Res.*, 21 : 718-722.
 108. Tomlins K. I. and Mashingaidze, A. 1997. Influence of withering,

- including leaf handing, on the manufacturing and quality of black teas — a review. *Food Chem.*, 60(4) : 573-580.
109. Tomlins K. I. and Mashingaidze, A. 1997. Influence of withering, including leaf handing, on the manufacturing and quality of black teas — a review. *Food Chem.*, 60(4) : 573-580.
110. Umezawa, K. 1992. Isolation of 1-methoxy-2-formyl-3- hydroxyl-lanthra-quinone from *Morinda citrifolia* and neoplasm inhibitors containing the same. *Japan Kokai Tokyo Koho J P 0687*, 736 (94-87, 736).
111. Wang M. Y., West B. J., Jensen C. J., Nowicki D., Su C., Palu A. K, & Anderson, G. 2002. *Morinda citrifolia* (noni):a literature review and recent advances in noni research. *Acta. Pharmacol. Sin.*, 23(12) : 1127-1141.
112. Wang, M. Y. and Su, C. 2001. Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (Noni). *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 952 : 161-168.
113. Wang, M. Y., West, B. J., Jensen, C. J., Nowicki, D., Chen, S., Palu, A.K. and Anderson, G. 2002. *Morinda citrifolia* (Noni): a literature review and recent advances in Noni research. *Acta. Pharmacol. Sin.*, 23 (12) : 1127-1141.
114. Wickremasinghe, R. L. 1978. Tea. *Adv. Food Res.*, 24 : 229.
115. Yamaguchi, S., Ohnishi, J., Sogawa, M., Maru, I., Ohta, Y. and Tsukada, Y. 2002. Inhibition of angiotensin I converting enzyme by noni (*Morinda citrifolia*) juice. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 49 (9) : 624-627.
116. Yang, J., Guo, J. and Yuan, J. 2008. In vitro antioxidant properties of rutin. *Lebensm.-Wiss. Technol.*, 41: 1060-1066.
117. Yen, G. C. and Hsieh, C. L. 2000. Reactive oxygen species scavenging activity of Du-zhong (*Eucommia ulmoides* Oliv) and its active

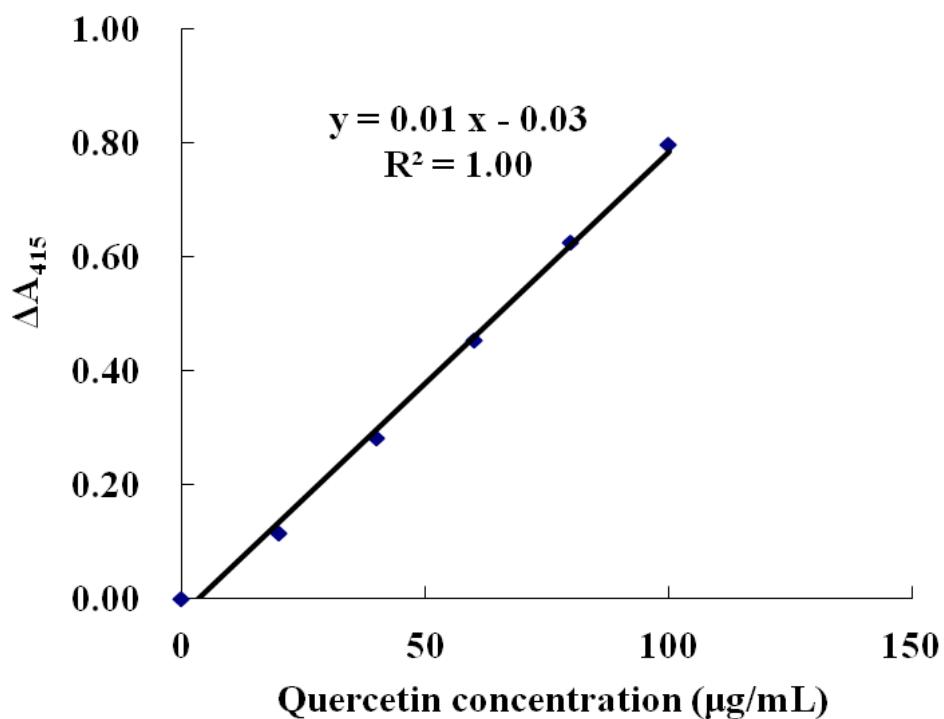
- compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 48 : 3431-3436.
118. Yen, G. C. and Wu, J. C. 1999. Antioxidant and radical scavenging properties of extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chem.*, 65 : 375-379.
119. Youngken, H. W. 1958. A study of the root of *Morinda citrifolia* Linn I. *J. Am. Pharm. Assoc.*, 47 : 162-165.
120. Youngken, H. W., Jenkins, H. J. and Butler, C. L. 1960. Studies on *Morinda citrifolia* L. II. *J. Am. Pharm. Assoc.*, 49 : 271-273.
121. Younos, C., Rolland, A., Fleurentin, J., Lanhers, M.C., Misslin, R. and Mortier, F. 1990. Analgesic and behavioral effects of *Morinda citrifolia*. *Planta Medicine*, 56 : 430-434.
122. Yu, H., Li, S., Huang, M. T. and Ho, C. T. 2004. Anti-inflammatory constituents in Noni (*Morinda citrifolia*) fruits. IFT Annual Meeting, Las Vegas, NV, July 12-16.
123. Zaidan, M. R. S., Noor, R. A., Badrul, A. R., Adlin, A., Norazah, A. and Zakiah, I. 2005. *In vitro* screening of five local medicinal plants for antibacterial activity using disc diffusion method. *Tropical Biomedicine*, 22 (2) : 165-170.
124. Zin, Z. M., Abdul-Hamid, A. and Osman, A. 2002. Antioxidative activity of extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf. *Food Chem.*, 78 : 227-231.
125. Zobel, A. M., Wang, J., March, R. E. & Brown, S. A. 1991. Identification of eight coumarins occurring with psoralen, xanthotoxin, and bergapten on leaf surfaces. *J. Chem. Ecol.*, 17 : 1859-1870.

柒、附錄



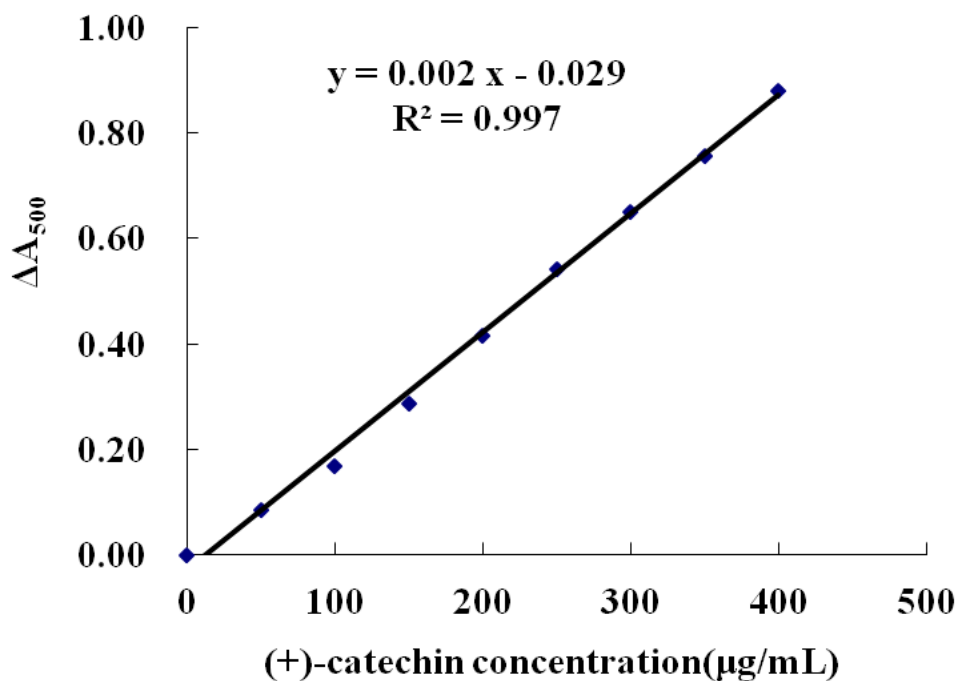
附錄一、沒食子酸之標準曲線圖。

Appendix 1. Standard curve of gallic acid.



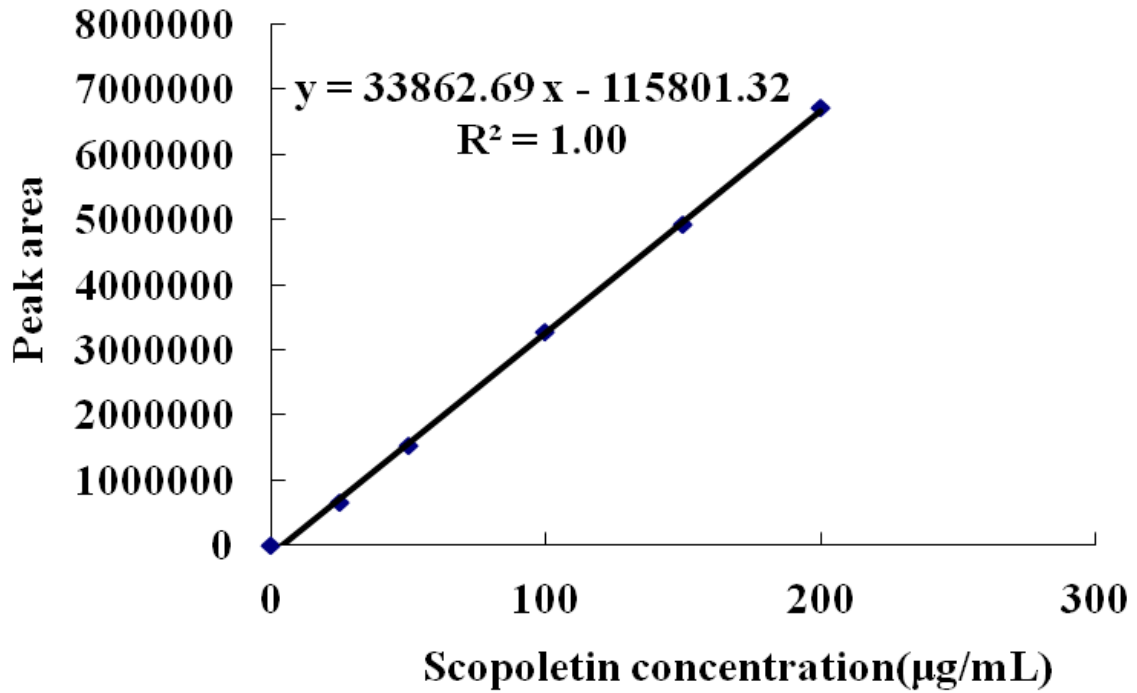
附錄二、槲皮酮之標準曲線圖。

Appendix 2. Standard curve of quercetin.



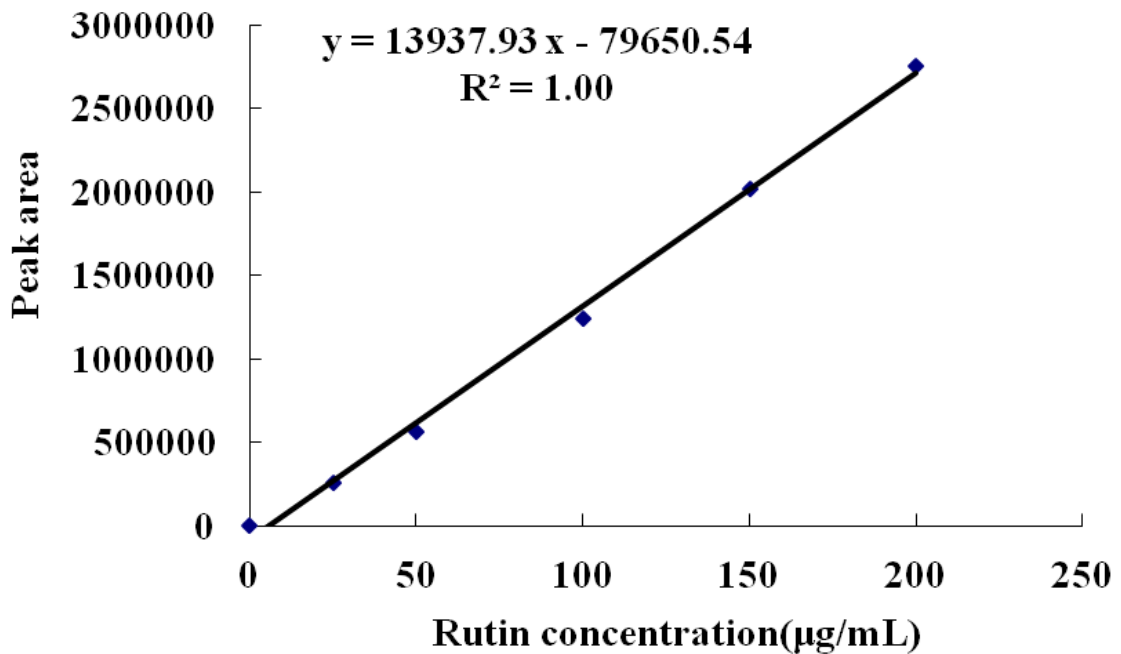
附錄三、兒茶素之標準曲線圖。

Appendix 3. Standard curve of (+)-catechin.



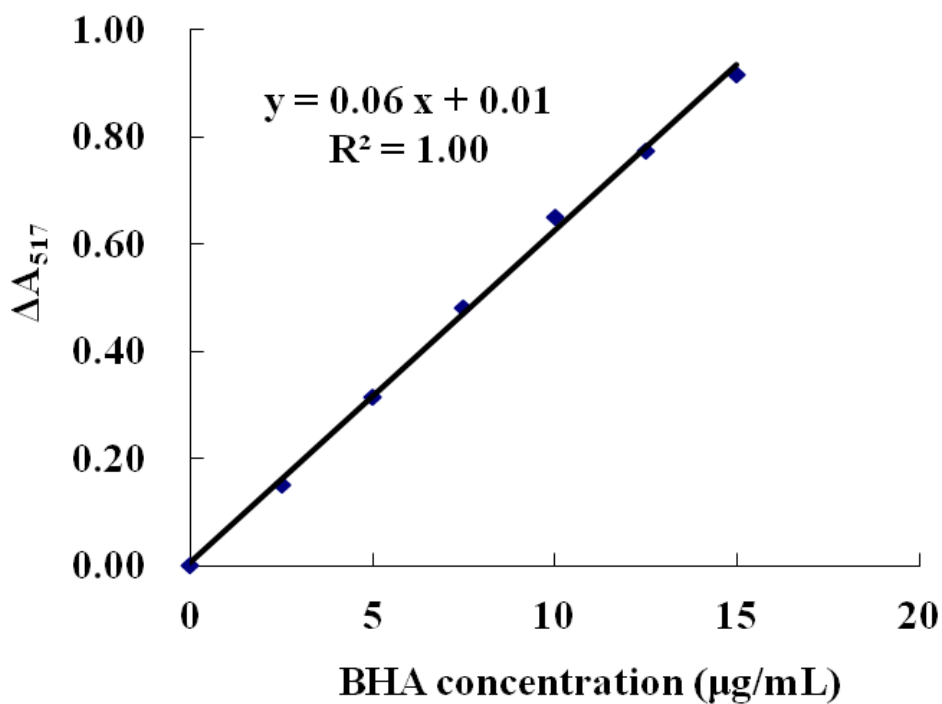
附錄四、東莨菪素之標準曲線圖。

Appendix 4. Standard curve of scopoletin.



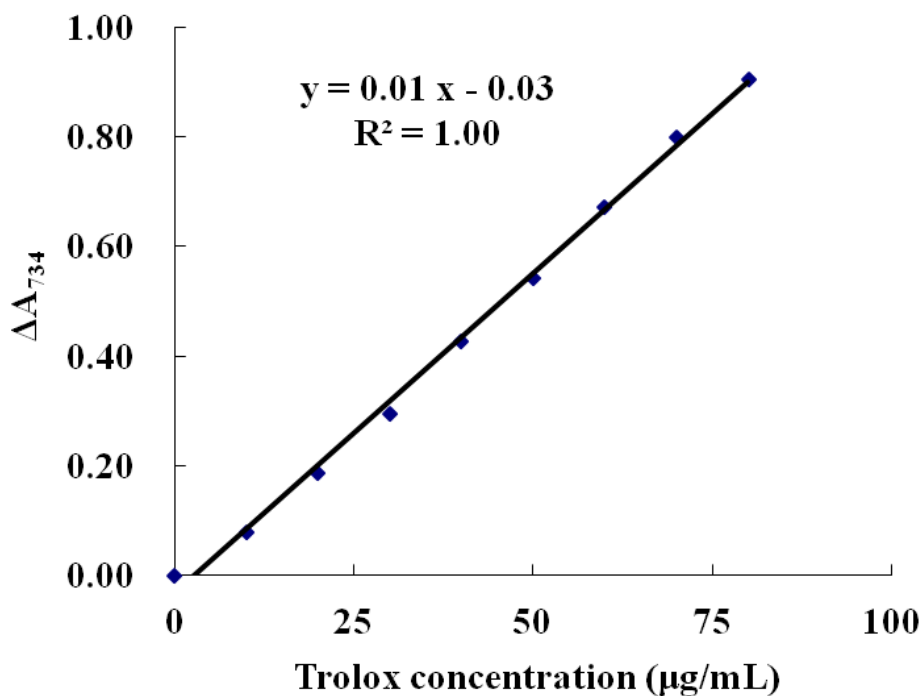
附錄五、芸香素之標準曲線圖。

Appendix 5. Standard curve of rutin.



附錄六、BHA 之標準曲線圖。

Appendix 6. Standard curve of BHA.



附錄七、Trolox 之標準曲線圖。

Appendix 7. Standard curve of trolox.

附錄八、官能品評表

Appendix 8. Table of sensory evaluation

諾麗葉茶之官能品評

姓名：

請用 9=非常喜歡 8=很喜歡 7=喜歡 6=有點喜歡 5=不喜歡也不討厭 4=有點討厭 3=討厭 2=很討厭 1=非常討厭 的評分方式，品評三種不同加工處理過之諾麗葉茶的色、香、味。
在此衷心謝謝您的幫忙，謝謝!

一、聞香氣				
(一)香味的感受性：1.各種茶的香氣愈明顯愈好，如烏龍茶的熟果香、包種的花香等便是。 2.各種茶的香氣以清純為上，一般而言，有時帶些微青草味也並非下品，但若有焦味、霉味、煙味甚至油臭 等異味者則屬下品。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
(二)香的程度：1.香氣愈濃郁愈佳。 2.香氣留香愈久者愈佳。 3.香氣能直透腦際、有清新爽朗之感者愈佳。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
二、看湯色				
(一)明亮度：1.茶湯以明澈生動為貴。 2.若夾雜太多茶末等物，泡後會因茶末浮於湯中而使湯色混濁不清。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
(二)鮮艷度：1.茶湯以濃艷為貴。 2.反之，暗淡或濁濃的茶湯則不佳。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
三、嚐茶味				
(一)茶味的濃淡與強弱：1.茶湯入口，茶味圓滑甘潤、醇厚者為佳，反之苦澀味重、味淡者為下選品。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
(二)茶味的感應性：1.茶湯入口，能使舌、鼻、喉立即起感應作用者為佳。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
(三)茶味的純味性：1.茶湯入口，有青嗅味、陳茶味或其他 雜味者皆不足取。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				
(四)茶味的喉韻性(即回甘的程度)：1.回甘程度愈深厚、愈甘甜為佳。 2.在喉部更有爽然的餘韻者更佳。				
樣品	587	246	894	感想：
評分				

附錄九、不同發酵時間的諾麗果汁之產率 (%)

Appendix 9. The total yield (%) of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	49.85				
30		56.50	57.19	57.22	56.36
35		56.26	56.36	57.41	55.89
40		55.60	56.50	57.93	56.11

附錄十、不同發酵時間的諾麗果汁之 pH 值

Appendix 10. The pH value of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	3.84±0.01 ^{abc}				
30		3.81±0.01 ^{Abc}	3.81±0.02 ^{Bc}	3.82±0.01 ^{Cabc}	3.85±0.01 ^{Aa}
35		3.83±0.02 ^{Aa}	3.84±0.02 ^{ABa}	3.85±0.01 ^{Ba}	3.85±0.01 ^{Aa}
40		3.83±0.00 ^{Ac}	3.86±0.01 ^{Aab}	3.87±0.01 ^{Aa}	3.87±0.01 ^{Aa}

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十一、不同發酵時間的諾麗果汁之可溶性固形物

Appendix 11. The soluble solid ($^{\circ}$ Brix) of noni juice at different

Temp ($^{\circ}$ C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	8.13 \pm 0.81 ^{ab}				
30		8.53 \pm 0.31 ^{Aa}	9.13 \pm 0.12 ^{Aa}	8.07 \pm 0.64 ^{Aa}	8.20 \pm 0.40 ^{Ba}
35		8.80 \pm 0.20 ^{Aab}	8.67 \pm 0.6 ^{Aab}	8.67 \pm 0.31 ^{Aab}	9.67 \pm 0.42 ^{Aa}
40		8.60 \pm 0.40 ^{Aa}	9.47 \pm 0.42 ^{Aa}	8.60 \pm 0.40 ^{Aa}	9.27 \pm 0.81 ^{A^{Ba}}

Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十二、不同發酵時間的諾麗果汁之 L*值

Appendix 12. The L* value of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	71.92±4.66 ^a				
30		62.03±1.43 ^{Ab}	61.51±1.22 ^{Ab}	64.75±2.64 ^{Ab}	61.34±1.37 ^{Ab}
35		63.43±1.89 ^{Ab}	63.62±2.01 ^{Ab}	58.99±0.54 ^{Bb}	53.10±1.37 ^{Bc}
40		63.76±1.07 ^{Ab}	56.46±1.15 ^{Bc}	54.82±2.06 ^{Bcd}	47.99±2.85 ^{Cd}

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十三、不同發酵時間的諾麗果汁之 a*值

Appendix 13. The a* of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	2.21±0.51 ^d				
30		19.08±0.85 ^{Aa}	20.13±0.75 ^{Ba}	16.24±0.77 ^{Cb}	19.00±0.82 ^{Ca}
35		17.86±0.33 ^{Ac}	19.37±1.07 ^{Bb}	21.72±0.78 ^{Bb}	24.88±0.88 ^{Ba}
40		18.51±0.37 ^{Ac}	23.90±0.68 ^{Ab}	24.38±0.9 ^{Ab}	26.78±0.66 ^{Aa}

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十四、不同發酵時間的諾麗果汁之 b*值

Appendix 14. The b* of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	37.59±1.04 ^e				
30		65.35±1.54 ^{Ba}	68.7±1.32 ^{Aa}	69.24±1.11 ^{Aa}	65.18±0.95 ^{Aa}
35		65.56±1.04 ^{ABa}	69.85±1.51 ^{Aab}	66.89±1.36 ^{Ab}	60.50±0.82 ^{Bc}
40		70.61±1.25 ^{Aa}	65.15±1.94 ^{Ab}	61.98±1.24 ^{Bc}	53.49±0.86 ^{Cd}

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{a-e}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十五、不同發酵時間的諾麗果汁之總酚含量

Appendix 15. The total phenolic compound content of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	1.68±0.10 ^a				
30		1.74±0.03 ^{Aa}	1.73±0.03 ^{Aa}	1.43±0.05 ^{Bab}	1.59±0.06 ^{Bb}
35		1.68±0.02 ^{Aa}	1.52±0.10 ^{Ba}	1.59±0.05 ^{Aa}	1.69±0.05 ^{ABb}
40		1.64±0.07 ^{Aa}	1.75±0.06 ^{Aa}	1.64±0.07 ^{Aa}	1.73±0.05 ^{Aa}

The total phenolic compound content was expressed as mg of gallic acid equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-b}Means among same samples with different superscripts are ignificantly different ($p < 0.05$).

附錄十六、不同發酵時間的諾麗果汁之類黃酮含量

Appendix 16. The flavonoid content of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	42.28±0.89 ^a				
30		41.34±0.58 ^{Aa}	6.19±0.56 ^{Ab}	35.40±0.99 ^{Ab}	31.76±0.85 ^{Ac}
35		39.49±0.34 ^{Bb}	37.49±0.81 ^{Ac}	34.03±0.52 ^{Ad}	29.59±0.23 ^{ABe}
40		39.69±0.43 ^{Bb}	34.58±0.44 ^{Bc}	33.54±0.97 ^{Ac}	30.68±0.84 ^{Bd}

The flavonoid content was expressed as µg of quercetin equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十七、不同發酵時間的諾麗果汁之縮合單寧含量

Appendix 17. The condensed tannin content of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	127.43±10.33 ^c				
30		183.31±9.07 ^{Bb}	206.76±8.04 ^{Ba}	169.28±2.36 ^{Bb}	183.72±4.10 ^{Bb}
35		200.72±6.99 ^{ABb}	210.72±5.78 ^{Bab}	206.98±5.27 ^{Aab}	224.39±7.27 ^{Aa}
40		212.72±7.75 ^{Aa}	234.30±9.66 ^{Aa}	211.67±8.28 ^{Aa}	212.89±7.35 ^{Aa}

The condensed tannin content was expressed as μ g of (+)-catechin equi./mL.

Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十八、不同發酵時間的諾麗果汁之東莨菪素含量

Appendix 18. The scopoletin content of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	162.23±9.33 ^c				
30		231.26±5.19 ^{Ab}	258.80±7.60 ^{Aa}	217.20±2.80 ^{Ab}	221.14±5.74 ^{Ab}
35		226.48±5.40 ^{Aa}	214.59±8.04 ^{Ba}	214.33±7.25 ^{ABa}	227.62±6.75 ^{Aa}
40		207.70±2.96 ^{Ba}	215.98±12.41 ^{Ba}	201.05±6.01 ^{Ba}	200.10±4.78 ^{Ba}

The scopoletin content was expressed as mg of µg/mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄十九、不同發酵時間的諾麗果汁之芸香素含量

Appendix 19. The rutin content of noni juice at different fermentation time

Temp (°C)	Fermentation time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	119.64±3.04 ^a				
30	119.32±3.64 ^{Aa}	106.82±2.03 ^{Ab}	71.89±1.59 ^{Ac}	65.54±2.61 ^{ABc}	
35	113.13±2.13 ^{ABa}	83.57±3.53 ^{Cb}	69.10±3.68 ^{Ac}	69.12±1.44 ^{Ab}	
40	112.62±1.38 ^{Ba}	95.75±4.93 ^{Bb}	66.00±3.61 ^{Ac}	61.43±2.10 ^{Bc}	

The rutin content was expressed as mg of µg/mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十、不同發酵時間的諾麗果汁之 DPPH 自由基掃除能力

Appendix 20. The DPPH scavenging activity of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	Temp (°C)			Temp (°C)			
	DPPH scavenging activity (%)			BHA equivalent (µg/mL)			
	30	35	40	30	35	40	
0	35.23±1.14 ^d			532.67±13.58 ^d			
1	46.75±0.96 ^{Aa}	47.60±1.72 ^{Abc}	48.68±0.88 ^{Ac}	730.83±6.71 ^{Ab}	733.83±17.01 ^{Abc}	764.67±6.79 ^{Ac}	
2	50.07±1.93 ^{Ba}	44.44±1.77 ^{Cc}	55.51±0.75 ^{Aa}	802.5±7.21 ^{Ba}	683.11±24.94 ^{Cc}	854.33±12.01 ^{Ab}	
3	45.39±1.27 ^{Bb}	46.63±1.32 ^{Bb}	52.50±0.88 ^{Ab}	661.00±10.90 ^{Cc}	741.33±21.10 ^{Bb}	806.25±14.82 ^{Ac}	
4	52.09±0.40 ^{Ba}	51.58±1.06 ^{Ba}	54.02±0.64 ^{Ab}	800.08±23.43 ^{Ba}	821.67±17.42 ^{Ba}	921.33±24.61 ^{Aa}	

The capability of DPPH scavenging activity was expressed as µg of BHA equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十一、不同發酵時間的諾麗果汁之總抗氧化能力

Appendix 21. The Trolox equivalent antioxidant capacity of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	Temp (°C)			Temp (°C)		
	ABTS · + scavenging activity (%)			Trolox equivalent (µg/mL)		
	30	35	40	30	35	40
0	26.79±2.11 ^d			1550.19±75.33 ^d		
1	38.70±1.08 ^{Aa}	37.45±1.00 ^{Aa}	37.42±1.29 ^{Aab}	2032.96±35.69 ^{Aa}	2002.78±80.73 ^{Aa}	1970.74±45.33 ^{Aab}
2	38.51±1.00 ^{Aa}	37.20±1.22 ^{Aab}	38.82±1.59 ^{Aa}	2060.56±94.79 ^{Aa}	1943.89±51.22 ^{Aab}	2038.70±61.19 ^{Aa}
3	30.31±0.69 ^{Bb}	33.08±0.62 ^{Abc}	34.07±1.39 ^{Ac}	1588.15±56.39 ^{Bb}	1736.11±73.23 ^{Abc}	1766.30±75.89 ^{Ac}
4	33.41±1.85 ^{Ab}	35.50±1.20 ^{Abc}	35.88±0.79 ^{Abc}	1735.37±95.86 ^{Ab}	1813.15±38.15 ^{Abc}	1852.22±51.81 ^{Abc}

The capability of ABTS·+ scavenging activity was expressed as µg of Trolox equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十二、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的總酚化合物變化

Appendix 22. Total phenol content in terms of gallic acid equivalent of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45 and 60 min

Sample	Time (min)			
	15	30	45	60
Rolling big noni leaf tea	0.338 ^{Cb} ±0.004	0.350 ^{Cab} ±0.005	0.357 ^{Ca} ±0.005	0.361 ^{Ca} ±0.006
Freeze-dry noni leaf tea	0.388 ^{Bb} ±0.006	0.409 ^{Ba} ±0.004	0.411 ^{Aa} ±0.007	0.400 ^{Aa} ±0.007
Rolling small noni leaf tea	0.408 ^{Ac} ±0.003	0.423 ^{Ab} ±0.005	0.438 ^{Aa} ±0.005	0.440 ^{Aa} ±0.005

The total phenolic compound content was expressed as mg of gallic acid equ./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same boiling time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-b}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十三、諾麗葉茶經15、30、45、60分鐘沸水萃取的類黃酮變化

Appendix 23. Flavonoids content in terms of quercetin equivalent of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45 and 60 min

Sample	Time (min)			
	15	30	45	60
Rolling big noni leaf tea	40.27±0.86 ^{Cb}	43.01±1.50 ^{Ca}	44.45±0.68 ^{Ca}	45.10±0.72 ^{Ca}
Freeze-dry noni leaf tea	72.58±0.50 ^{Ab}	77.13±0.3 ^{Aa 1}	77.82±0.84 ^{Aa}	78.47±0.98 ^{Aa}
Rolling small noni leaf tea	68.12±1.20 ^{Bc}	73.58±0.53 ^{Bb}	76.01±0.52 ^{Ba}	75.87±0.59 ^{Ba}

The flavonoid content was expressed as µg of quercetin equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same boiling time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十四、諾麗葉茶經15、30、45、60分鐘沸水萃取的縮合單寧變化

Appendix 24. Condensed tannin content in terms of (+)-catechin equivalent of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45 and 60 min

Sample	Time (min)			
	15	30	45	60
Rolling big noni leaf tea	19.24 ^{Aa} ±0.81	20.48 ^{Aa} ±0.79	21.00 ^{Aa} ±0.60	21.11 ^{Ba} ±0.69
Freeze-dry noni leaf tea	9.70 ^{Bb} ±0.77	10.78 ^{Ba} ±.98	11.81 ^{Ba} ±0.81	12.93 ^{B^{ab}} ±0.99
Rolling small noni leaf tea	19.74 ^{Aa} ±0.76	21.46 ^{Aa} ±1.53	23.09 ^{Aa} ±1.38	23.31 ^{Aa} ±0.64

The condensed tannin content was expressed as μ g of (+)-catechin equi./mL.

Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same boiling time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十五、諾麗葉茶經15、30、45、60分鐘沸水萃取的芸香素變化

Appendix 25. Rutin area of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45
and 60 min

Sample	Time (min)			
	15	30	45	60
Rolling big noni leaf tea	242.69	313.72	304.04	412.03
Freeze-dry noni leaf tea	597.75	718.12	883.12	766.76
Rolling small noni leaf tea	990.25	1066.09	1231.06	1270.52

The rutin content was expressed as mg of $\mu\text{g/mL}$.

附錄二十六、諾麗葉茶經 15、30、45、60 分鐘沸水萃取的 DPPH 自由基清除能力變化。(a)：DPPH 自由基清除能力。(b)：相對於 BHA 的量

Appendix 26. DPPH scavenging activities and BHA equivalent of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45 and 60 min.

(a): DPPH radical scavenging activity. (b): BHA equivalent

Sample	Ttime (min)				Ttime (min)			
	DPPH scavenging activity (%)				BHA concentration (µg/mL)			
	15	30	45	60	15	30	45	60
Rolling big noni leaf tea	14.85±2.83 ^{Ba}	14.30±0.69 ^{Ba}	15.63±0.59 ^{Ba}	17.05±0.56 ^{Ba}	115.65±4.34 ^{Cd}	129.99±4.20 ^{Bc}	144.30±3.00 ^{Bb}	159.69±5.61 ^{Ba}
Freeze-dry noni leaf tea	16.37±1.18 ^{Ba}	15.95±0.49 ^{Ba}	15.53±0.58 ^{Ba}	17.19±0.98 ^{Ba}	142.85±10.45 ^{Ba}	139.14±4.31 ^{Ba}	135.44±5.12 ^{Ba}	140.96±7.20 ^{Ca}
Rolling small noni leaf tea	21.90±0.69 ^{Aa}	24.57±0.42 ^{Aa}	25.36±0.53 ^{Aa}	24.98±0.58 ^{Aa}	214.36±3.66 ^{Ac}	241.74±6.14 ^{Ab}	260.57±5.75 ^{Aa}	260.46±7.31 ^{Aa}

The capability of DPPH scavenging activity was expressed as µg of BHA equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same boiling time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十七、諾麗葉茶經15、30、45、60分鐘沸水萃取的ABTS·⁺自由基清除能力變化。(a)：ABTS·⁺自由基清除能力。(b)：相對於Trolox的量

Appendix 27. ABTS·⁺ scavenging activities and Trolox equivalent of noni-leaf tea boil in water for 15、30、45 and 60 min.(a): ABTS·⁺ radical scavenging activity. (b): Trolox equivalent

Sample	Time (min)				Time (min)			
	ABTS· ⁺ scavenging activity (%)				Trolox equivalent (µg/mL)			
	15	30	35	40	15	30	35	40
Rolling big noni leaf tea	29.79±0.76 ^{Bc}	32.03± 0.16 ^{Bb}	33.29±0.36 ^{Bab}	33.90±0.54 ^{Ba}	573.67±16.26 ^{Bc}	615.33± 8.74 ^{Bb}	638.67±11.93 ^{Bab}	650.0±7.21 ^{Ba}
Freeze-dry noni leaf tea	41.32±0.70 ^{Ab}	43.14±0.93 ^{Aa}	44.08±1.40 ^{Aa}	44.85±2.86 ^{Aa}	785.00±10.82 ^{Ab}	818.67±6.66 ^{Aa}	836.0±14.73 ^{Aa}	834.0±14.73 ^{Aa}
Rolling small noni leaf tea	41.02±0.79 ^{Ab}	42.78±1.34 ^{Ab}	44.63±0.91 ^{Aa}	44.78±1.40 ^{Aa}	785.67±7.23 ^{Ab}	818.33±12.90 ^{Ab}	853.00±3.61 ^{Aa}	855.67±14.64 ^{Aa}

The capability of ABTS·⁺ scavenging activity was expressed as µg of Trolox equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same boiling time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十八、小諾麗葉揉茶經儲存後總酚之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 28.Total phenol content of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C (4c), room Temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	0.46±0.01 ^a				
4°C		0.46±0.01 ^{Ba}	0.46±0.01 ^{Ba}	0.45±0.01 ^{Ca}	0.45±0.01 ^{Aa}
RTL		0.49±0.01 ^{Aa}	0.49±0.01 ^{Aa}	0.50±0.01 ^{Aa}	0.48±0.02 ^{Aa}
RTD		0.46±0.00 ^{Ba}	0.47±0.01 ^{A^{Ba}}	0.47±0.00 ^{Ba}	0.47±0.00 ^{Aa}

The total phenolic compound content was expressed as mg of gallic acid equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-b}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十九、小諾麗葉揉茶經儲存後類黃酮之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD 為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 29. Flavonoids content of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C, room Temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	112.83±3.97 ^a				
4°C		115.88±1.32 ^{Aa}	113.79±2.22 ^{Aa}	114.16±1.6 ^{Aa}	113.04±1.84 ^{Aa}
RTL		115.72±1.75 ^{Aa}	112.23±1.85 ^{Aa}	113.59±4.09 ^{Aa}	110.87±2.51 ^{Aa}
RTD		111.70±2.01 ^{Aa}	114.13±3.89 ^{Aa}	114.30±1.31 ^{Aa}	111.76±0.98 ^{Aa}

The flavonoid content was expressed as µg of quercetin equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄三十、小諾麗葉揉茶經儲存後縮合單寧之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 30. Condensed tannin content of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C, room Temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	31.06±1.32 ^a				
4°C		30.22±0.89 ^{Aa}	30.69±1.87 ^{Aa}	31.76±1.44 ^{Aa}	31.88±0.55 ^{Aa}
RTL		27.20±1.00 ^{Bb}	27.92±1.53 ^{Ab}	29.76±0.15 ^{ABab}	28.50±0.64 ^{Bab}
RTD		27.55±0.76 ^{Bb}	29.26±0.51 ^{Aab}	28.97±0.66 ^{Bab}	29.32±0.91 ^{Bab}

The condensed tannin content was expressed as μ g of (+)-catechin equi./mL.

Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

^{A-B}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄三十一、小諾麗葉揉茶經儲存芸香素後之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 31. Change of rutin content of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C (4c), room Temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)				
	0	1	2	3	4
	136.55±10.40 ^a				
4°C	126.98±2.96 ^{Aab}	119.55±4.74A ^b	122.89±1.06 ^{Aab}	146.56±6.01 ^{Aab}	
RTL	119.45±8.27 ^{Aab}	114.70±1.00 ^{Ab}	120.44±4.71 ^{Aab}	120.27±6.31 ^{Aab}	
RTD	103.99±2.09 ^{Bb}	116.18±6.32 ^{Ab}	116.80±3.06 ^{Ab}	110.22±8.90 ^{Ab}	

The rutin content was expressed as mg of µg/mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄三十二、小諾麗葉揉茶經儲存後DPPH自由基清除能力之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 32. BHA equivalent of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C (4c), room temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)					Storage time (weeks)				
	DPPH scavenging activity (%)					BHA equivalent (µg/mL)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	26.41±0.60 ^{ab}					249.00±6.14 ^{ab}				
4°C		25.45±0.78 ^{Ba}	25.18±0.13 ^{Ba}	25.28±0.77 ^{Ba}	25.16±1.43 ^{Aa}		239.17±7.97 ^{Ba}	236.5±1.32 ^{Ba}	237.50±7.86 ^{Ba}	236.28±14.60 ^{Aa}
RTL		29.55±0.77 ^{Aa}	26.31±1.05 ^{Bb}	25.66±0.97 ^{Bb}	26.47±0.47 ^{Ab}		281.00±7.86 ^{Aa}	244.00±4.27 ^{Bb}	241.39±9.88 ^{Bb}	249.61±4.83 ^{Ab}
RTD		28.05±0.89 ^{Aab}	28.60±0.55 ^{Aa}	28.77±0.52 ^{Aa}	26.98±0.69 ^{Abc}		268.89±4.48 ^{Aab}	271.28±5.59 ^{Aa}	273.00±5.29 ^{Aa}	254.78±7.08 ^{Abc}

The capability of DPPH scavenging activity was expressed as µg of BHA equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-C}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

附錄三十三、小諾麗葉揉茶經儲存後總抗氧化之變化。4 °C 為冰箱儲存、RTD為室溫避光儲存、RTL 為室溫透光儲存

Appendix 33. Trolox equivalent of rolling small noni-leaf tea storage at various conditions. Store at 4 °C (4c), room temperature in dark (RTD) and room temperature under light (RTL)

Storage condition	Storage time (weeks)					Storage time (weeks)				
	ABTS · + scavenging activity (%)					Trolox equivalent (µg/mL)				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
	36.641±1.10 ^b					811.33±23.18 ^b				
4°C		37.06±1.39 ^{Aa}	36.91±1.66 ^{Aa}	36.84±1.67 ^{Aa}	36.49±1.46 ^{Aa}		820.11±29.21 ^{Aa}	816.89±34.95 ^{Aa}	815.56±35.26 ^{Aa}	808.11±30.68 ^{Aa}
RTL		39.10±1.37 ^{Aa}	39.00±1.21 ^{Aa}	38.21±1.49 ^{Aa}	38.84±1.38 ^{Aa}		863.00±28.79 ^{Aa}	860.89±25.38 ^{Aa}	844.33±31.34 ^{Aa}	857.56±28.99 ^{Aa}
RTD		39.48±0.58 ^{Aa}	39.83±0.87 ^{Aa}	39.46±0.69 ^{2Aa}	39.35±0.82 ^{Aa}		871.00±12.12 ^{Aa}	878.44±18.26 ^{Aa}	870.56±14.48 ^{Aa}	868.33±17.24 ^{Aa}

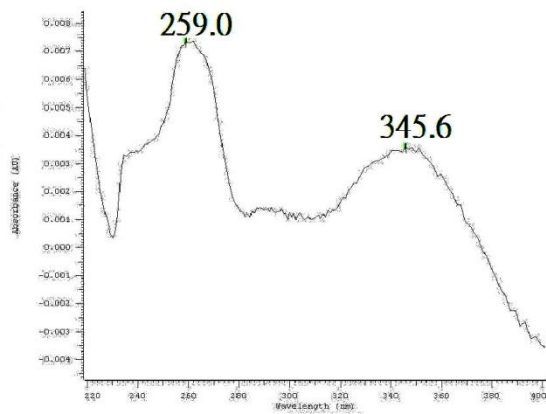
The capability of ABTS·+ scavenging activity was expressed as µg of Trolox equi./mL.

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

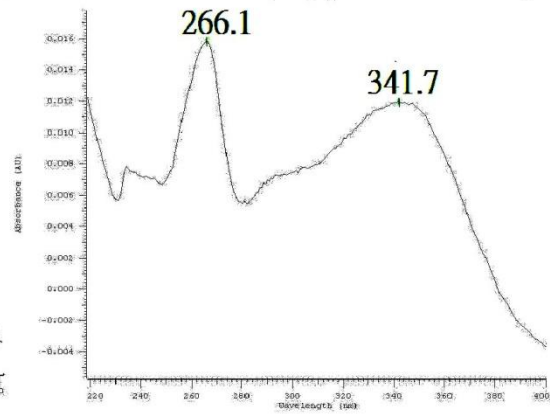
^{A-C}Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-c}Means among same samples with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

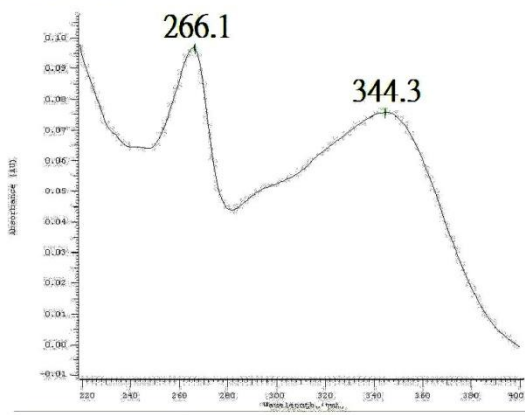
Peak 4



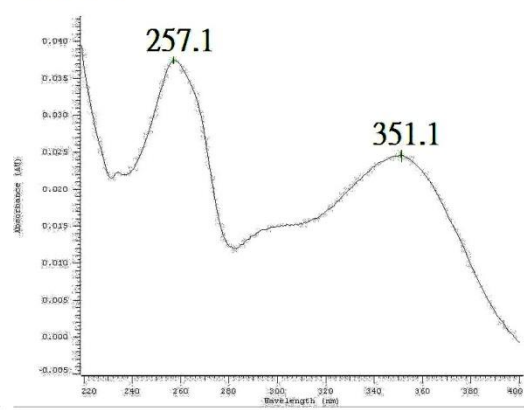
Peak 5



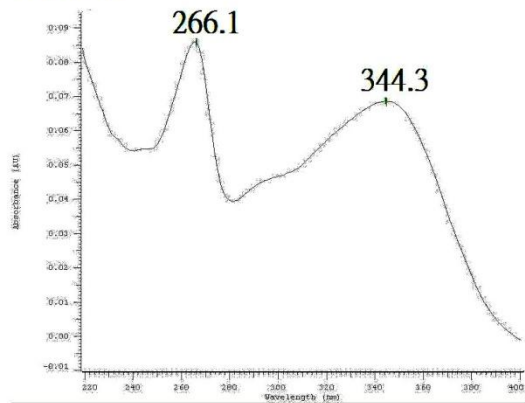
Peak 6



Peak 7



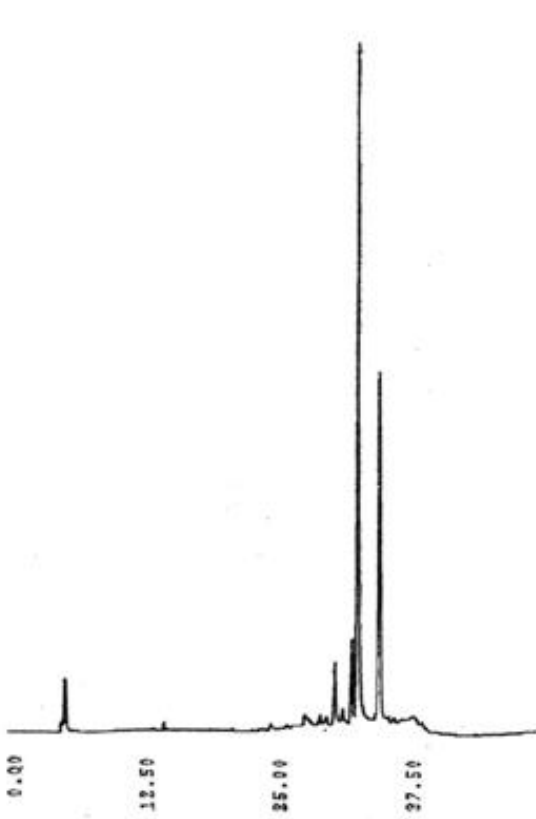
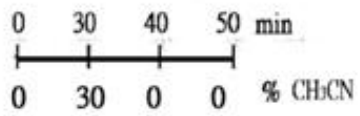
Peak 8



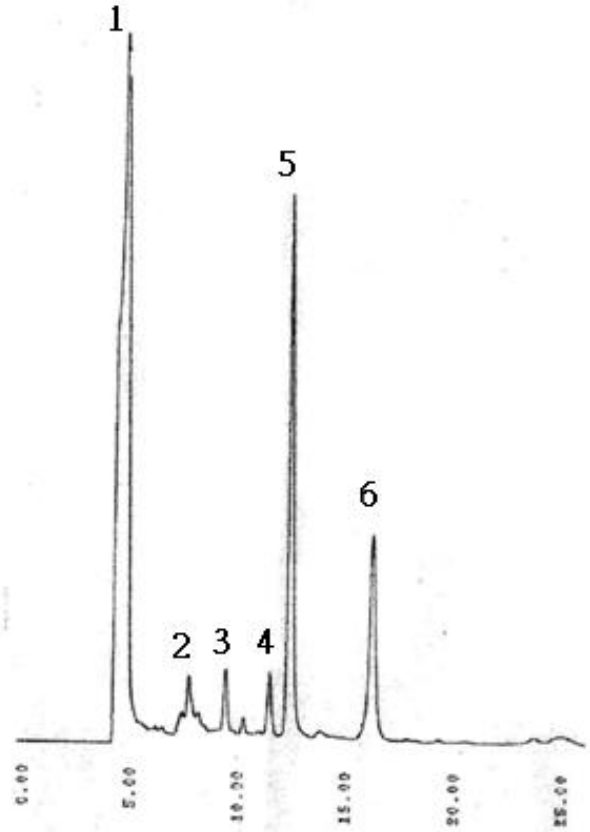
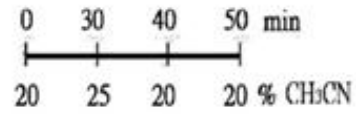
附錄三十四、諾麗葉茶中 5 個化合物之全波掃描圖譜。

Appendix 34. Photo Diode Array of 5 compound in noni-leaf tea.

(a) Elution program :

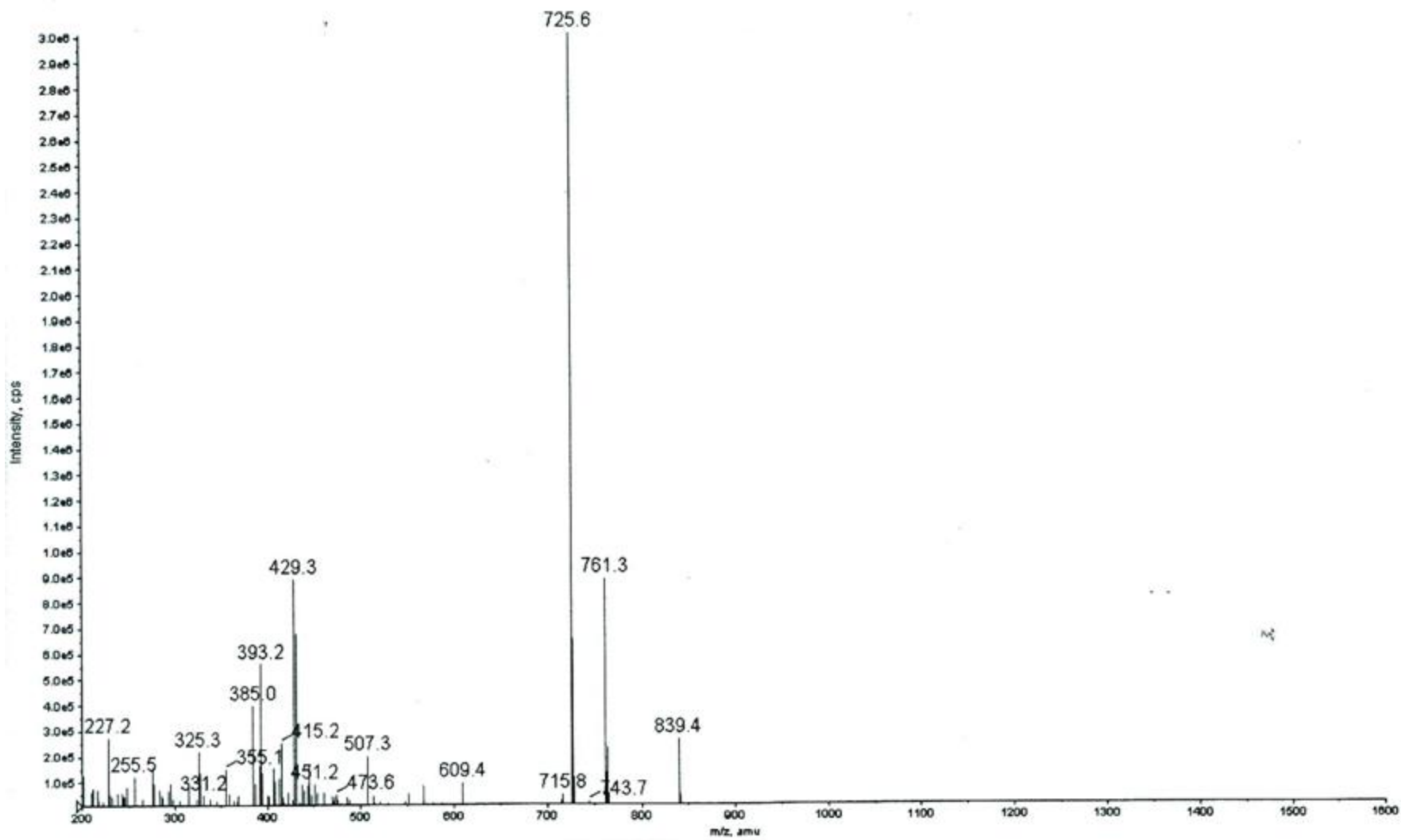


(b) Elution program :



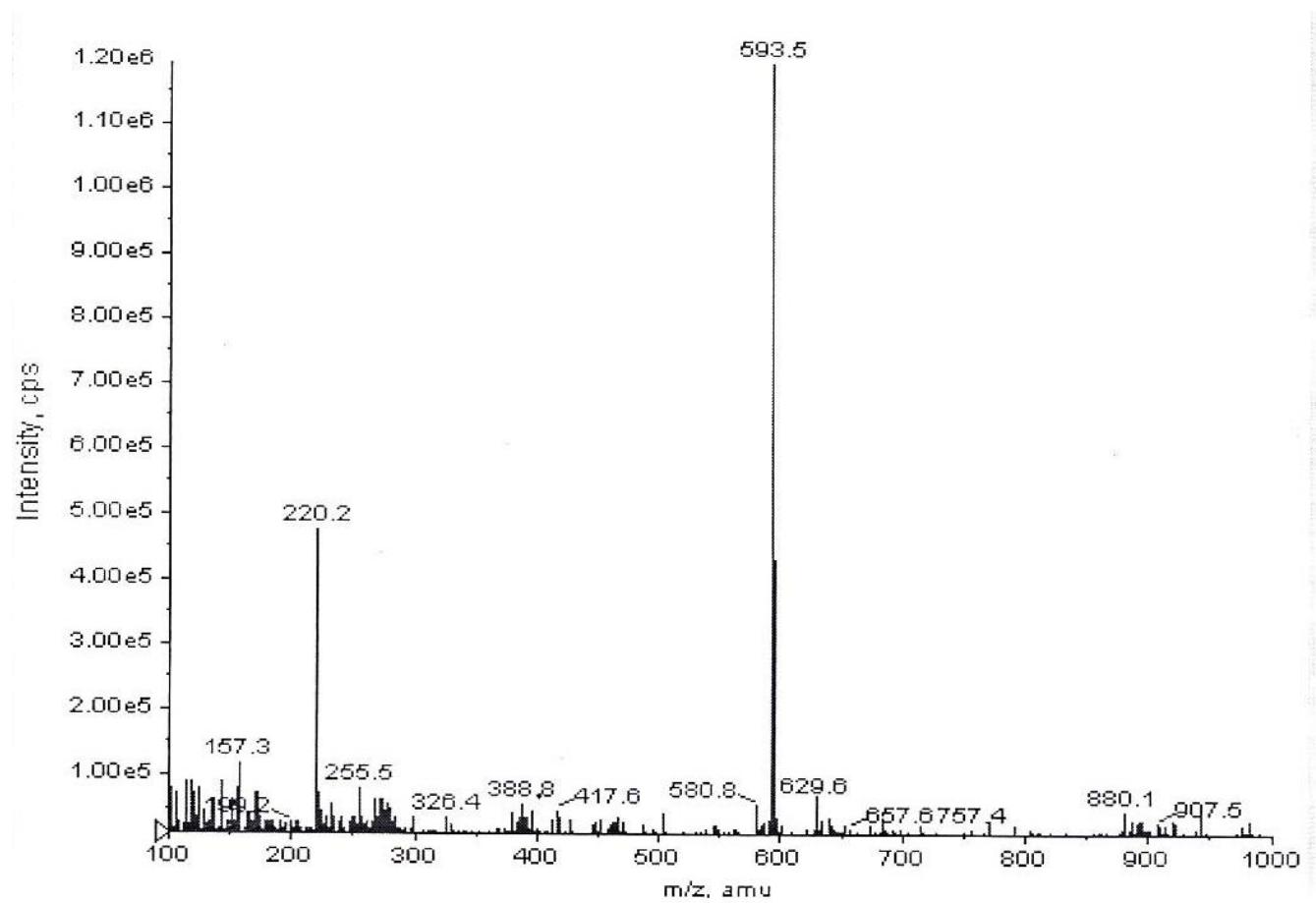
附錄三十五、濃縮諾麗葉茶經不同比例沖提液之半製備型高效液相層析圖。

Appendix 35. HPLC chromatogram of concentrated noni-leaf tea treated by different elution program.



附錄三十六、化合物 4 之液相層析-質譜圖。

Appendix 36. LC-MS spectrum of compound 4.



附錄三十七、化合物 6 之液相層析-質譜圖。

Appendix 37. LC-MS spectrum of compound 6.

附錄三十八、諾麗果控溫發酵汁於不同儲藏時間之總結論

Appendix 38. The summary of temperature-controlled fermentation of noni fruit

Temp (°C)	C	30				35				40			
Fermentation time (weeks)	0	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Total phenolic compounds	4	4	4	3.5	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Flavonoids compounds	4	4	3	3	2	3	2	1	0	3	2	2	1
Condensed tannin compounds	2	3	4	3	3	3	3.5	3.5	4	4	4	4	4
DPPH scavenging activity	1	3	4	2	4	2.5	2	3	4	2	3	3	4
ABTS ·+ scavenging activities	1	4	4	3	3	4	3.5	3	2.5	3.5	4	2	2.5
Scopoletin	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
Rutin	4	4	3	2	2	4	3	2	3	4	3	2	2
*Total	18	25	26	19.5	20	27.5	22	20.5	21.5	24.5	24	21	21.5

Values within columns of followed by the same number are not significantly different in the same temperature-controlled fermentations ($p < 0.05$).

*Mean the higher score was the best.

附錄三十九、諾麗葉最佳萃取條件之總結論

Appendix 39. The summary of the optimal conditions of noni-leaf tea

Sample	Rolling big noni-leaf tea				Freeze-dry noni-leaf tea				Rolling small noni-leaf tea			
	15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
Total phenolic compounds	2	2.5	2	2	2	3	3	2.5	1	2	3	3
Flavonoids compounds	2	3	3	3	2	3	3	3	1	2	3	3
Condensed tannin compounds	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
DPPH scavenging activity	0	1	2	3	3	3	3	3	1	2	3	3
Trolox equivalent antioxidant activity	1	2	2.5	3	2	3	3	3	3	2	3	3
*Total	8	11.5	12.5	14	12	15	15	14.5	9	11	15	15

Values within columns of followed by the same number are not significantly different in the same boiling time ($p < 0.05$).

*Mean the higher score was the best.