

國立臺灣大學生物資源暨農學院園藝學研究所

碩士論文

Department of Horticulture

College of Bioresources and Agriculture


National Taiwan University

Master Thesis

檄樹（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

Changes of Phenolic Compounds in  
the Juice and Dried Pulp of Noni (*Morinda citrifolia*)  
Fruits during Natural Fermentation



羅宇展

Yu-Chan Lo

指導教授：許明仁 博士

Advisor: Ming-Yen Sheu, Ph.D.

中華民國 98 年 6 月

June, 2009



## 謝誌

首先感謝指導老師許明仁博士兩年來的照顧，在學業及實驗上給予指導並協助批改論文，教導學生處事態度，受益良多，師恩浩蕩永誌不忘。

感謝輔導委員兼口試委員的戴三堡博士及口試委員陳開憲博士，於實驗及撰寫論文期間給予鼓勵及指導，論文初成更細心批閱，由衷感謝！其中戴三堡博士協助學生於南部產地調查，實是感激不盡。

實驗期間，復蒙許輔博士及徐源泰博士慷慨借用儀器設備，陳右人博士大方借用 HPLC 設備，王自存博士慨借 SPE 裝置，使學生之論文得以順利完成，感謝之情不敢或忘。

修業期間，感謝加工館四研鐘毅學長、思節學姐，處理室威博學長於實驗上的幫助及指教，感謝一研同學志良、智翔、姿秀，四研同學睿紘、彥惠，處理室子瑩、睿焄、德駿、賴淵及加工館學弟妹貞穎（小 ya）、崑騰（小火）、安生（鄭大哥）、鎮豪、肖芹、綵籟的協助，感謝！

特別感謝毓翔學長、書妍學姐細心教導 HPLC 的使用，小廖、大寶、美玲姐以及 2531 的大家，謝謝你們的貼心，讓我的實驗得以順利完成，感激不盡。

三研的伙伴們，縣長、包子、莉雯、紹亦以及學長姐品光、光漢、豐銘、雞蛋、多多，謝謝你們幫忙處理研究室的事務與我討論實驗，以及伴著我度過兩年的時光，因為有你們，這些日子得以安然度過，並留下深刻的回憶！謝謝！

此外，感謝最可愛的女友半糖，聽我訴苦聽我抱怨，給予我支持與鼓勵，伴我度過研究生涯，謝謝你！

最後，感謝我最最親愛的父母，謝謝你們的支持與鼓勵，感謝你們的養育之恩，我永遠愛你們。

宇展 (iver) 謹誌於

國立臺灣大學園藝學研究所

中華民國九十八年七月



## 摘要

檫樹 (*Morinda citrifolia* L.) 也稱為諾麗 (noni)，原產於東南亞至澳洲一帶，主要加工產品為諾麗果汁，但果汁發酵時間各家不同，未有統一的製程。故本實驗以酚類化合物含量變化為評估基準，作為建立諾麗果最佳發酵時間的依據，並比較諾麗果發酵期間離心汁與自流汁，以及冷凍乾燥和熱風乾燥所得諾麗果肉粉末成分的差異。

實驗結果顯示，諾麗果汁的總榨汁率隨發酵時間由 25% (unripe) 增加至 53% (第 168 天)；總酚與類黃酮含量則隨發酵時間延長而降低 (總酚由 1.6mg/mL 降至 1.0mg/mL gallic acid (GA) equivalent 左右，類黃酮則由 37.5 $\mu$ g/mL 降至約 6.0 $\mu$ g/mL quercetin equivalent)；果汁中縮合單寧含量在第 2 週時達到 0.23mg/mL catechin equivalent 之最高量，且離心汁與自流汁之間差異不大。冷凍乾燥果肉研磨之粉末經 50 倍之甲醇萃取後之總酚含量，較熱風乾燥之樣品高，水萃取部分則沒有明顯差異，其中發酵初期以甲醇萃取之果肉粉末約在 10.9mg/g GA equivalent，隨發酵時間下降至 6.0mg/g GA equivalent，而甲醇萃取之熱風乾燥粉末則穩定維持在 5.5-6.0mg/g equivalent；水萃取之熱風乾燥粉末類黃酮含量較冷凍乾燥處理者多，由 356 $\mu$ g/g 隨發酵時間下降至 24 週時約 179 $\mu$ g/g quercetin equivalent；甲醇及水萃取粉末之縮合單寧含量隨發酵時間增長而降低。整體來說，冷凍乾燥處理之粉末較熱風乾燥處理者含有較多酚類化合物。

以 HPLC 分析樣品中 rutin、scopoletin 及 quercetin 含量，隨發酵時間延長，離心諾麗汁樣品 rutin 由 42 $\mu$ g/mL 降至檢量極限；scopoletin 由 56 $\mu$ g/mL 降至 27 $\mu$ g/mL；quercetin 含量在離心汁中低於檢量極限，只在自流汁中檢測出，且最大值只有 1.84 $\mu$ g/mL。甲醇萃取之冷凍乾燥粉末所含 rutin、scopoletin 及 quercetin 成分均較熱風乾燥為多，發酵期間的含量變化則相似，除 quercetin 於發酵前 6 週隨時間而增加外，rutin 及 scopoletin 皆隨發酵時間而下降，可能由於發酵過程 rutin 降解為 quercetin 所致。此外，甲醇萃取之果肉粉末三種機能性成分含量均較果汁

中含量高數倍。

整體而論，以總酚含量為基準，諾麗果發酵時間以 2-4 週為宜，且諾麗果榨汁後果肉脫水製成之粉末中亦含機能性成分，可進一步加工利用。

關鍵字：諾麗、發酵、芸香苷、東莨菪素、槲皮酮



## Abstract

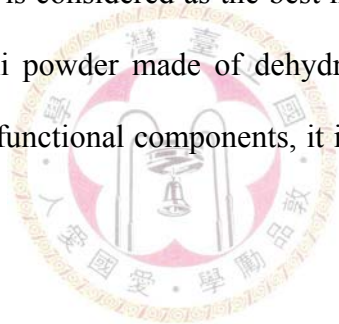
*Morinda citrifolia* L., also called “noni”, is native from Southeast Asia to Australia. The main product is noni juice, but the fermentation time and procedure for making juice are different from manufacturers and yet to be optimized. This study attempts to establish the best fermentation time for noni fruit, based on the changes of phenolic compounds, the components difference between centrifugal juice and free run juice, and noni pulp powder made from freeze dried and hot-air dried during fermentation.

The results show that total juice yield is increasing from 25% (unripe) to 53% (day 168) during fermentation. Total phenols and flavonoids are decreasing with fermentation (1.6mg/mL down to 1.0mg/mL gallic acid (GA) equivalent, 37.5 $\mu$ g/mL down to 6.0 $\mu$ g/mL quercetin equivalent, respectively). Condensed tannins attain maximum value 0.23mg/mL catechin equivalent on the second week, and the difference between centrifugal juice and free run juice are not significant. Pulp powder extractes (with 100% methanol extraction ratio to powder of 50:1) have better yield from freeze dried than hot-air dried in total phenols. The samples extracted with H<sub>2</sub>O are not significant difference from freeze dried methanol extract. On the early fermentation period, the total phenols of pulp powder that is extracted with methanol is about 10.9mg/g GA equivalent and is decreasing to 6.0mg/g during fermentation. The hot-air dried powder is stable at 5.5-6.0mg/g GA equivalent. However, hot-air dried pulp powder extracted with H<sub>2</sub>O has more flavonoids than freeze-dried pulp powder, and its content is decreasing from 356 $\mu$ g/g to 179 $\mu$ g/g (24 weeks) quercetin equivalent. The condensed tannins, both from pulp powder extracted with methanol and H<sub>2</sub>O are decreasing with fermentation. Overall, the freeze-dried extracts contain higher phenolic compounds than hot-air dried samples.

The results of HPLC analyses demonstrate that rutin and scopoletin in centrifuged noni juice samples are decreased with fermentation time from 42 $\mu$ g/mL to

non-detectable and 56 $\mu$ g/mL to 27 $\mu$ g/mL, respectively. Little quercetin was found in centrifuged noni juices. Quercetin is detected only in free-run noni juices with maximum quantity of 1.84 $\mu$ g/mL during fermentation. In general, methanol extracts of freeze-dried pulp powder contain higher rutin, scopoletin, and quercetin than methanol extracts of hot-air dried pulp powder, however, the quantity changes of these three compounds are similar between freeze-dried and hot-air dried samples during fermentation. While quercetin content increased during fermentation in the first 6 weeks, rutin and scopoletin decreased. This may due to the degradation of rutin into quercetin. In addition, these three functional compounds are found higher content in methanol extracts of pulp powder than in the juice samples.

In conclusion, 2-4 weeks is considered as the best noni fermentation time in terms of total phenol contents. Noni powder made of dehydrated pulp obtained from juice expression still contain many functional components, it is therefore valuable for further utilization.



Keywords: Noni, Fermentation, Rutin, Scopoletin, Quercetin.



## 目錄

中文摘要 .....	I
英文摘要 .....	III
目錄 .....	V
圖目錄 .....	IX
表目錄 .....	XI
第一章 前言 .....	1
第二章 文獻回顧 .....	2
第一節 諾麗簡介 .....	2
第二節 諾麗果的加工 .....	9
一、 傳統諾麗果汁 .....	9
二、 非傳統諾麗果汁 .....	9
三、 諾麗果粉： .....	12
四、 其他諾麗相關產品 .....	12
第三節 諾麗果的生理功效 .....	14
一、 抗氧化 .....	17
二、 抗發炎 .....	17
三、 抗菌性 .....	17
四、 抗腫瘤及抗癌 .....	18
五、 預防動脈粥狀硬化 .....	21
六、 降低血糖 .....	21
七、 止痛鎮靜 .....	23
八、 賽洛寧的功效 .....	23
第四節 酚類化合物 .....	25
一、 類黃酮 .....	25

二、單寧 .....	29
三、芸香苷 .....	32
四、東莨菪素 .....	32
五、槲皮酮 .....	34
第五節 超音波萃取原理 .....	34
第三章 材料與方法 .....	35
第一節 原料 .....	35
第二節 試劑與藥品 .....	35
第三節 儀器設備： .....	37
第四節 試驗設計 .....	39
一、發酵處理 .....	39
二、樣品的取樣與製備 .....	39
第五節 分析方法 .....	43
一、榨汁率 .....	43
二、pH 值 .....	46
三、可溶性固形物 .....	46
四、可滴定酸度含量測定 .....	46
五、總酚類化合物含量測定 .....	47
六、縮合單寧含量測定 .....	47
七、類黃酮含量測定 .....	47
八、果肉粉末萃取率 .....	47
九、HPLC 分析 .....	48
十、統計分析 .....	50
第四章 結果與討論 .....	51
第一節 諾麗果的發酵與發酵期間榨汁率的變化 .....	51



第二節 不同發酵時間諾麗果汁的一般成分分析 .....	51
一、 可溶性固形物 .....	51
二、 pH 值 .....	54
三、 可滴定酸度 .....	54
第三節 不同發酵時間對諾麗果汁所含化學成分含量之影響 .....	57
一、 總酚含量 .....	57
二、 類黃酮含量 .....	57
三、 縮合單寧含量 .....	57
第四節 乾燥處理對諾麗果肉粉末所含化學成分含量之影響 .....	61
一、 萃取率 .....	62
二、 總酚含量 .....	62
三、 類黃酮含量 .....	68
四、 縮合單寧含量 .....	68
第五節 不同發酵時間對諾麗果汁所含主要機能性化合物含量之影響 .....	72
一、 Rutin .....	73
二、 Scopoletin .....	73
三、 Quercetin .....	76
第六節 不同發酵時間對諾麗乾燥果肉粉末所含主要機能性成分含量之影響 .....	76
一、 Rutin .....	76
二、 Scopoletin .....	79
三、 Quercetin .....	79
第七節 諾麗果汁的最佳發酵時間 .....	82
一、 諾麗果汁加工之最佳發酵時間 .....	82
二、 諾麗果肉粉末加工之最佳發酵時間 .....	85
第八節 綜合討論 .....	88

第五章 結論 .....	90
第六章 參考文獻 .....	91
第七章 附錄 .....	100



## 圖目錄

圖一、諾麗 (A) 花；(B) 生長中的果實 .....	7
圖二、諾麗果 (A) 成熟果 (未後熟)；(B) 後熟果.....	8
圖三、傳統諾麗果汁的製程 .....	10
圖四、非傳統諾麗果汁的製程 .....	11
圖五、諾麗果粉的製程 .....	13
圖六、諾麗果乙酸乙酯萃取物中分離出的六種木酚素結構.....	22
圖七、諾麗果的賽洛寧系統 .....	24
圖八、類黃酮的基本結構 .....	27
圖九、類黃酮的化學結構分類 .....	28
圖十、單寧分類 (A) 縮合型單寧；(B) 水解型單寧 .....	30
圖十一、水解型單寧及其組成 .....	31
圖十二、化學結構 (A) 芸香苷；(B) 東莨菪素；(C) 槲皮酮.....	33
圖十三、諾麗果 (A) 不同成熟度果實；(B) 本實驗所用成熟果 .....	36
圖十四、實驗架構與流程 .....	40
圖十五、固液相萃取操作流程 .....	42
圖十六、諾麗果肉粉末製作流程圖 .....	44
圖十七、諾麗乾燥果肉粉末萃取流程圖 .....	45
圖十八、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁榨汁率變化 .....	52
圖十九、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含可溶性固形物含量的變化 .....	53
圖二十、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁 pH 值之變化 .....	55
圖二十一、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含可滴定酸度之變化 .....	56
圖二十二、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之總酚含量變化 .....	58
圖二十三、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之類黃酮含量變化 .....	59
圖二十四、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之縮合單寧含量變化 .....	60

圖二十五、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之甲醇萃取物收率 .....	63
圖二十六、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之水萃物收率 .....	64
圖二十七、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得總酚含量變化 ....	65
圖二十八、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得總酚含量變化 .....	67
圖二十九、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得類黃酮含量變化 ....	69
圖三十、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得縮合單寧含量變化	70
圖三十一、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得縮合單寧含量變化	71
圖三十二、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 rutin 含量的變化.....	74
圖三十三、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 scopoletin 含量的變化.....	75
圖三十四、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 quercetin 含量的變化 .....	77
圖三十五、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 rutin 含量的變化	78
圖三十六、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 scopoletin 含量的 變化 .....	80
圖三十七、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 quercetin 含量的 變化 .....	81

## 表目錄

表一、諾麗的俗名及用途 .....	3
表二、Noni 果汁中已被確認之功效性成分 .....	15
表三、100%夏威夷諾麗果汁的營養分析 .....	16
表四、諾麗果萃取物對革蘭氏陽性及陰性菌的抗菌活性 .....	19
表五、諾麗果萃取物的抗黴菌活性 .....	20
表六、日常飲食植物酚類物質的來源 .....	26
表七、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含酚類化合物成分的統計分析 ....	83
表八、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含三種機能性化合物的統計分析	84
表九、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之甲醇萃取液所含酚類化合物成分 之統計分析 .....	86
表十、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之水萃取液所含酚類化合物成分之 統計分析 .....	87
表十一、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所含三種機能性化合物 統計分析 .....	89

## 第一章 前言

隨著文明的發展，生活水準的提高，人們從只求吃的飽，到現在要求吃的好以外，更因為癌症、心血管疾病等文明病的急速上升，也開始要求吃的健康，因此健康食品逐漸抬頭，愈來愈受重視。

檄樹，俗名為諾麗，在 2000 多年前即被波里尼西亞人視為能治百病的萬靈藥，近年來，人們對諾麗果的療效感到好奇，網路上更是聲名大噪，相關產品愈來愈多，也引起科學界的關注，對其生理功效開始大量研究。

近年來，台灣地區也開始引進諾麗果樹開始大規模的種植，並進行發酵諾麗果汁的加工生產，然而各家之間的加工條件各異，除了發酵處理方式不同之外，發酵時間的長短更是大相逕庭，短則半個月，長則半年，甚至一年的時間，故加工產品的品質差異頗大，缺乏統一的生產製程，生理功能之宣稱更是南轅北轍。

前人研究指出有關諾麗果汁之具機能性功效之成分大都屬於酚類化合物，有鑑於此，本研究目的在以諾麗果之酚類化合物作為發酵諾麗果製品之品質指標，探討諾麗果在不同發酵條件下所製得之果汁及脫水果肉粉末所含酚類之變化，並比較自流汁與離心汁兩種不同取汁方式對果汁所含酚類成分之差異，以及比較冷凍乾燥與熱風乾燥之乾燥方式對製成之諾麗果果肉粉末所含酚類成分，希望藉由實驗結果，建立諾麗果汁最佳之發酵與加工條件，以及利用發酵後之果渣建立脫水加工製成粉末之製程，提供給日後研究與農民生產諾麗果發酵果汁與脫水果肉粉末的參考依據。



## 第二章 文獻回顧

### 第一節 諾麗簡介

諾麗，英文名 Noni，學名 *Morinda citrifolia* L.，隸屬茜草科 (Rubiaceae)，海巴戟天屬 (*Morinda*)，在不同國家及地區有許多的別名 (表一)，印度人稱之為印度桑椹 (Indian mulberry)、nuna 或 ach；馬來西亞人稱為 mengkudu，部分東南亞地區稱之為 nhau；在加勒比海地區被稱作止痛藥木 (painkiller bush)；在澳洲則稱之為乳酪果 (cheese fruit) (Chan-Blanco *et al.*, 2006)。台灣文獻多稱為「檄樹」，其它俗名包括：水冬瓜、紅珠樹、蘿莉、四季果、精力果、長壽果等 (陳，2007)，而其最為常見且在商業上廣泛使用的名稱即為夏威夷及波里尼西亞地區的用語—諾麗 (Nelson and Elevitch, 2006)。

諾麗原產於熱帶東南亞至澳洲一帶，現廣泛種植於波里尼西亞、印度、加勒比海地區以及中南美洲等地，是一種常綠小喬木或灌木，樹高約 3-10 公尺，樹幹直徑可達 15 公分以上，葉子為橢圓形 (長 5-17 公分，寬 10-40 公分)，花為管狀小白花聚生在花梗上 (圖一 A)，果實則為卵型 (長約 3-10 公分，寬約 3-6 公分)，是一種聚合果，果實表面具有許多凸起的皺摺 (圖一 B)，每個皺褶覆蓋有紅褐色的芽，內含 4 個三角形狀的種子，因此整個果實內可含有上百顆種子。諾麗果實顏色為綠色，隨著果實成熟慢慢轉變為黃白色，採收後的成熟果實，在 1-3 天內會迅速後熟，果實軟化後變成半透明之灰白色並會散發出強烈類似丁酸的腐臭味 (圖二) (Morton, 1992；Dixon *et al.*, 1999；Nelson and Elevitch, 2006)。在台灣除了於恆春、蘭嶼等地區有原生的諾麗樹外，近年來也愈來愈多農民引進做較大規模的栽種，目前在雲林、嘉義、台南、屏東等縣市都有諾麗果的生產。

在夏威夷地區，諾麗樹一年四季都可開花結果，在同一株植株上可同時找到不同成熟度的果實 (圖一 B)，故可全年採收 (Chan-Blanco *et al.*, 2006)。在台灣地區，諾麗果約在六、七月份開始產量漸豐，夏秋兩季為盛產期，約至十月份開始漸漸下降，可生產至隔年三、四月左右，視每年氣候的差異及品種的差異而不同，

表一、諾麗的俗名及用途

Table 1. Common names and ethnobotanical uses of *Morinda citrifolia*.

Location	Common Name <sup>a</sup>	Part used	Use	Reference
Africa	Bungbo, Bumbo	Leaves	As a purge.	von reis Altschul (1973); Lassak & McCarthy (1990); Morton (1992)
Australia	Awl Tree, Canary Wood, Cheese fruit, Great Morinda, Leichhardt's Tree	Rootbark	As an antiseptic.	
Brunei	Mengkudu	Fruits Root Leaves	Used against tooth decay. Decoction is taken orally to regulate menstruation. Heated and used for cough and enlarged spleen.	Haji Mohiddin et al (1992)
China	Je Shu, Hai-ba-ji	Whole plant Root	Extract or tincture is taken to relieve aching bones. Treatment of beri-beri, cancer, lumbago, cholecystitis, and to increase leucocyte count, and stimulate the endocrine system.	Perry (1980); Li (2002); Hu (2005)
Cook Islands	Nono	Fruits Root Bark	Included in infusion for treating urinary tract ailments and associated pains and used with other medicinal plants in treating diaphragmatic hernia and other abdominal swellings and gonorrhoea. Solution of grated root is applied to the top of the head in treating stings from the stonefish. Used externally for cancerous swellings and to localize infections. Orally with <i>Calophyllum inophyllum</i> and water from green coconut for diabetes.	Whistler (1985); Holdsworth (1991); Ross (2001)
Dominica Fiji	Pain-Killer, Feuille Froide Kura, Achi	Leaves Leaves Fruit  Stem Leaves  Leaves and flowers Shoots  Roots  Root and fruit Bark Flower	Orally with other plants to treat gonorrhoea. Used as a poultice and to wrap around rheumatic joints. Liquid from young fruit is instilled into each nostril for bad breath and a raspy voice. Placed directly to mouth ulcers and haemorrhoids. Treat ringworm. Orally for depression, fever, seizures, tuberculosis, viral infection, and as a tonic. Pressed fluid is used to treat swollen testicles or hernia. Steam of boiling leaves is used to relieve pain from barbs of poisonous fish. Chewed and applied as a poultice for inflammation, rheumatism, and a steam bath made from the leaves is used to relieve stiffness. Warm leaves used for broken bones and sprains. Treat boils, gastric ulcers and remove pus from ear infections. Fresh leaf is used topically for burns. Used with <i>Psychotria</i> sp. to treat haemorrhoids and leaves of <i>Epipremnum pinnatum</i> to relieve pregnancy pains. Hot juice is squeezed into ulcers and leaves used as bandage. In coconut oil for treatment of ringworm, scabies, itching, and acute rheumatic pains. Used with <i>Euodia hortensis</i> and <i>Geniostoma vitiense</i> to treat malnutrition. Grated root mixed with coconut and wood ash is used to treat yaws. Infusion used for insect sting and inflammation. Grated and chewed morning and evening to treat sore throat. Internally for urinary disorders. For eye inflammation.	von reis Altschul (1973) Weiner (1976); Sing (1986); Aalbersberg et al (1993); Cambie & Ash (1994); Ross (2001)

表一、諾麗的俗名及用途 (續)

Table 1. Common names and ethnobotanical uses of *Morinda citrifolia*. (continued)

Location	Common Name <sup>a</sup>	Part used	Use	Reference
Futuna	Nonu	Bark	Orally as an abortifacient and for stomach pains in women.	Parsons (1985); Cambie & Brewis (1997)
Guyana	Pain Killer, Yaw-weed	Fruit Leaves	Chewed and placed onto the lips of children with mouth ulcerations. Macerated alone or mixed with <i>Pothomorphe peltata</i> , in coconut oil for an external rub to relieve arthritic and rheumatic pains.	DeFilipps et al (2004)
Hawaii	Noni, Indian Mulberry, Large-leaved Morinda	Fruit Leaves and bark Fruit	Mixed with vinegar to smooth a swollen spleen. Pounded, cooked, and strained and used as a tonic. Orally as abortifacient. Used against tuberculosis with native blackstemmed sugar cane and root of <i>Piper methysticum</i> . As a poultice. Healing broken bones and deep cuts and bruises. Insecticide for hair. Orally for asthma. Rotten-ripe used for hypertension and lassitude of old age. Immature fruit juice internally for diabetes, hypertension, digestive disorders, menstrual cramps, and a general tonic. The mashed green fruit is used for skin conditions.	Tabrah & Eveleth et al (1966); Degener (1973); Wagner et al (1990); Locher et al (1995); Horowitz (2001); Ross (2001)
India	Al, Ach, Achi, Achu, Achuka, Ainshi, Awl Tree, Bartundi, Bo-Aal, Dilo-K, Indian Mulberry, Kattapitelavam, Kattatogaru, Maddi, Mannanatii, Mara, Minamaram, Nūna, Pindra, Surangi, Tagaru, Tagase, Tagate, Togari Wood, Togaru	Root Leaves Fruit	Cathartic, febrifuge. Juice applied externally for gout. Internally as a tonic and fever. Applied to wounds and ulcers. Throat and gum complaints, dysentery, leucorrhoea. Applied to spongy gums.	Moorthy & Reddy (970); Kamboj (1988); Jain & DeFilipps (1991); Morton (1992); Ross (2001)
Indonesia	Bengkudo	Fruit and leaves Bark Fruit Not stated <sup>b</sup>	Emmenagogue. Antihelmintic. Intestinal worms in children. Emmenagogue. Antirheumatic.	Perry (1980); Ross (2001)
Indo-China Malaysia Micronesia	Mengkudu, Nona	Fruit and leaves Fruit Root Leaves Shoots	Orally as abortifacient. Included in a remedy to treat ulcerated feet. Employed in treatment of diabetes. Used when unripe in a drink for tuberculosis. Liquid is applied to boils. Employed in a preparation on stonefish and sting-ray wounds. Salve for small-pox. Liquid is used as a rinse for injured eyes. Crushed and squeezed into baby coconuts in preparation of a liquid to treat eye infections.	Perry (1980) Morton (1992); Ross (2001) Weiner (1976)
New Guinea	Noku, Mwangum Wagugn, Oko, Pemi, Te Non, Riro, Noko, Gomor, Val, Kotambul, Urarian, Pemii	Root Leaves	Juice is taken internally for fevers, including those caused by malaria. Root bark is used internally for skin disorders. Heated and applied to relieve headaches. Young leaves are heated and applied to sores. Old leaves are heated and used on sores of leprosy. Taken internally for stomach ache and dysentery.	Weiner (1976); Cambie & Brewis (1997); Ross (2001)

表一、諾麗的俗名及用途 (續)

Table 1. Common names and ethnobotanical uses of *Morinda citrifolia*. (continued)

Philippines	Apatol, Apalot, Bangkoro, Bağuro, Bankoro, Bankundo, Bankgkudo, Pankundo, Nino, Kulit, Tumboğaso, Lino, Mambog, Rukurok, Taing-Aso, Takpus, Taliantar, Tumbong-Aso	Bark	Employed in a treatment to aid/induce labour during childbirth.	Pardo de Tavera (1901); Perry (1980); Food and Agriculture Organization of the United Nations. Forest Resources Development Branch (1983); Morton (1992) McClatchey (1996)
		Unspecified <sup>b</sup>	Treatment of sores on the feet.	
		Root	Diarrhoea and dysentery.	
		Fruit	Emmenagogue and perhaps aperient.	
Rotuma	Ura	Leaves	Mashed and applied to wounds and ulcers to hasten cicatrization. As a poultice to the enlarged abdomen of children.	
		Fruits	Bacterial infections, fungal infections, viral infection preventative, fevers, oral sores, seizures, and tuberculosis.	
		Leaves	Bacterial infections, fever, inflammation, and topical burns, and haemorrhage.	
Samoa	Nonu	Bark	Bacterial infections.	Weiner (1976); Dittmar (1993); Cambie & Brewis (1997); Ross (2001); Whistler (2004)
		Roots	Postparturition health, ictheotoxin/sting, inflammation, and pain.	
		Flowers	Inflammation of eyes.	
		Leaves	Rheumatic aches, swelling of joints, boils, inflammation of breast. Swelling caused by the parasitic disease, filariasis. Externally for chest cold in infants. Orally for fevers including those caused by malaria.	
			Chewed for inflamed, swollen and painful deep red gums; sore throat and pharyngitis.	
			Topically for centipede bite, elephantiasis, with <i>Artocarpus</i> spp. for septicaemia.	
			Used as dressing for wounds.	
		Flower	Juice is used in the eye for irritated, red, or sore eyes, conjunctivitis, sties. Coughs.	
		Bark	Orally for infant diarrhea, stomach complaints, cough, worms and woman's complaint.	
		Fruit	Orally for fever, tuberculosis, fever with vomiting. Topically for eye complaints. Orally with the roots and leaves of <i>Boerhavia diffusa</i> for diarrhoea. Orally with the root of <i>Polypodium powellii</i> for intestinal worms. As a mouthwash for inflamed, sore gums.	
Tahiti	Mona, Monii, Nono	Roots	Toothache and jaundice.	Parsons (1985); Whistler (1985); Morton (1992)
		Mixed <sup>b</sup>	Sore throat with cough, thrush, abscesses.	
			Topically or orally for spreading dark spots on the skin.	
		Fruit	Used directly on stings from stonefish. Topically for swellings of limbs, neck, ears, and the lower bowel. Orally for swellings of the lower jaw, throat, and below the ears.	

表一、諾麗的俗名及用途 (續)

Table 1. Common names and ethnobotanical uses of *Morinda citrifolia*. (continued)

Location	Common Name <sup>a</sup>	Part used	Use	Reference
Thailand	Awl Tree, Indian Mulberry, Kura, Mataasuea, Nhau, Yae-Yai, Yo, Yor Ban	Root	Treatment of diseases causing cachexia. As a laxative.	Farnsworth & Bunyaphatsara (1992); Morton (1992); Ross (2001); Chearskul et al (2004)
		Leaves	Treatment of diseases causing cachexia, gout, and as a pediculicide.	
		Fruits	For use after giving birth, as a cardi tonic, fainting, treatment of hiccough, hoarseness, gingivitis, diseases causing cachexia, heartburn, as a carminative, as a central nervous system stimulant, element tonic, appetite stimulant, blood purifier, and antiemetic.	
Tonga	Nonu	Not stated <sup>b</sup>	Treat diarrhoea in infants.	von reis Altschul (1973); Singh et al (1984); Cambie & Ash (1994)
		Leaves	Crushed and moistened with water, leaves are applied to aching joints or massaged into aching muscles. Leaves used in conjunction with other plants as a poultice to be applied to carcinomas, induration, and pain of the breast. Used in infusions for postpartum discharge, secondary amenorrhoea, and severe bleeding in early pregnancy.	
		Bark	Used as a general tonic and boils. Used for afterbirth, infertility, menorrhagia, postpartum haemorrhage and vaginal bleeding.	
Virgin Islands	Pain-Killer, Headache Tree	Not stated <sup>b</sup>	Heart trouble.	Oakes & Morris (1958)
Vietnam	Cây, Grand Morinda, Ngao, Nhàu, Nhau Lon, Nhau Nui, Nhàu Rùng	Root-bark	Internally for hypertension, osteodynia, and lumbago. Orally for fever, dysentery and diarrhoea.	Nguyen (1990); Morton (1992)
		Leaves	Poultice of pounded fresh leaves for furunculosis.	
		Fruit	Stomachic, aperient, active on dysentery, uterine haemorrhage, metrorrhoea, cough, coryza, oedema, and neuralgia.	
West Indies	Feuille Froide, Pain Killer, Rubarbe Caraibe, Bilimbi, Pomme Macaque	Leaves	Wrapped around rheumatic joints, as a poultice, and for headaches. Brewed and used externally for pain.	Ayensu (1981)
		Fruit	Heated and put on sores or inflammation.	

<sup>a</sup>Additional common names given to *M. citrifolia* where no reported medicinal uses have been found and, therefore, not listed in this table include: Barbados: forbidden fruit, wild pine, Cambodia: nhor prey, nhor thom, Cayman Islands: hog apple, mulberry, Cuba: mora de la India, Dominica: feuille froide, pain killer, Dominican Republic: бага, buñuela, coca, huevo de reuma, nigua, piña de Puerco, piñuela, El Salvador: ruibarbo caribe, Florida: limburger tree, French West Indies: bilimbi, Guadeloupe: rubarbe caraibe, ruibarbo caribe, Guam, Lada, Ladda (Safford 1905), Haiti: boi douleur, douleur, feuille douleur, fromagier, Jamaica: hog apple, Japan: Yaeyama-aoki, Laos: nho, Malaysia: awl tree, great morinda, mengkudu, menkudi besar, menkudu besar, Seychelles: mirier de Java, (Morton 1992; Takashima et al 2007).

<sup>b</sup>More specific information on plant part used was not provided in original publication.

(Wang *et al.*, 2002)



(A)



(B)



圖一、諾麗 (A) 花；(B) 生長中的果實

Fig. 1. Noni (A) flower; (B) growing fruit.

(A)



(B)



(<http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/botany.asp>)

圖二、諾麗果 (A) 成熟果 (未後熟)；(B) 後熟果

Fig 2. Noni fruit (A) mature (unripe); (B) riping fruit.


屏東地區有些農民也可全年採收，不過三至六月左右的產量較低。

諾麗樹在兩千多年前就已被波里尼西亞的人當作民俗藥物使用，被認為是上天的恩賜，能治百病而被稱為萬靈藥，近幾年諾麗產品受到國際上的重視，在美國已成功在市場上銷售諾麗果汁且已被歐盟認定為新興食品 (European Commission, 2002)。在台灣，近年來農民開始自產自銷，在網路上相關產品的販售也是日亦漸增，逐漸受到國內消費者的重視。

## 第二節 諾麗果的加工

諾麗在兩千多年前，就已被波里尼西亞人所使用，除了根可作為染料，花、果、莖、葉等都具有對人體保健有益的成分，而目前市面上，諾麗果的加工製品種類繁多，包括：發酵果汁、鮮榨汁、果粉以及果茶等，其中以果汁為其最大宗。

### 一、傳統諾麗果汁



傳統諾麗果汁即為經過發酵所生產的諾麗果汁，其加工製程如圖三所示。首先選取成熟的諾麗果，去除不良果（被鳥吃過、微生物感染等）後，以人工或機器將表面的污垢灰塵等清洗乾淨，隨後置於架上進行自然風乾，再將果實放入發酵桶內密封進行自然發酵，發酵桶需以玻璃、不鏽鋼或食用級的塑膠桶進行為宜，發酵時間為 2-8 週不等 (Nelson and Elevitch, 2006)。發酵諾麗果汁隨發酵時間而自然滲出，傳統上直接收集自然流出的汁液（從收集桶前下方的出料口取汁），也可將諾麗果取出以壓榨方式將果汁與果肉分離，經過濾後即可得到發酵的諾麗果汁，一般發酵時間較長則諾麗果果汁的酸度較高、糖度較低，色澤則隨發酵時間延長而由原先的黃褐色變深褐色 (Nelson and Elevitch, 2006)。

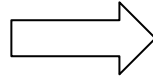
### 二、非傳統諾麗果汁

非傳統諾麗果汁即為未經過發酵過程的天然諾麗果汁，其製程如圖四所示。

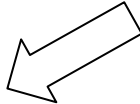




1. 成熟諾麗果



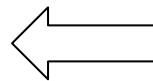
2. 清洗



3. 諾麗果自然風乾



4. 放入收集桶發酵 2-8 週



5. 傳統諾麗果發酵汁

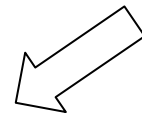
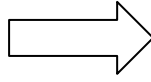
圖三、傳統諾麗果汁的製程

Fig. 3. Procedure of traditional noni juice.

([http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit\\_juices.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit_juices.asp))



1. 成熟諾麗果



2. 破碎壓榨取汁  
(水壓式，hydraulic)



3. 非傳統諾麗果汁



圖四、非傳統諾麗果汁的製程

Fig. 4. Procedure of non-traditional noni juice.

([http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit\\_juices.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit_juices.asp))

處理過程類似發酵諾麗果汁，只是成熟諾麗果清洗風乾後，通常在採收後立即進行榨汁步驟，並且為了避免果汁發酵，在榨汁後必須立即進行冷藏、冷凍或巴斯德殺菌 (pasteurization)。由於果汁未經過發酵的過程，非傳統諾麗果汁的酸度較低且糖度較高，色澤也較傳統發酵諾麗果汁來的亮麗 (Nelson and Elevitch, 2006)。

### 三、諾麗果粉：

諾麗果粉的製作流程如圖五所示，首先選取成熟諾麗果 (黃白色的硬果) 進行清洗及風乾，待其後熟軟化後破碎成泥狀或經發酵製汁後，以過篩的方式去除種籽，然後將所得果肉置入食品乾燥器 (food dehydrators) 或熱風乾燥機中脫水，一般將此乾燥的果肉磨成粉後製成膠囊，作為諾麗果粉之製品。此外，也有其他不同的製作方法，其中之一為將未成熟的綠色諾麗果或成熟的黃白色諾麗果，經清洗後切成片狀，然後放入熱風乾燥機中乾燥，然後將乾燥所得果乾研磨成粉末，得到含種籽的諾麗果粉 (Nelson and Elevitch, 2006)。

目前市面上大多數的諾麗果粉為含種籽的全果乾燥磨粉而成，但目前所知的諾麗果活性成分主要存在果汁及果肉中，而不在種籽內 (Ram, 2002)。此外，冷凍乾燥的諾麗果粉的近年來也頗受到重視，有些學者認為，諾麗果粉在製作過程中不應該經過熱處理，以維持它所含的酵素活性，但酵素為蛋白質的一種，在人體內經過消化器官時是否能有作用，仍有待商榷 (Ram, 2002)。

### 四、其他諾麗相關產品

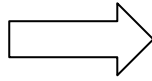
Nelson 與 Elevitch (2006) 指出除了上述的三種主要諾麗果製品外，還有下列諾麗果的相關製品：

- (一) 諾麗果混合汁：將諾麗果汁與其他果汁混合，然後加水稀釋並加糖以提升果汁的口感與風味，常用的果汁有葡萄汁、草莓汁、桑椹汁及百香果汁等，目前世界上的商業諾麗果汁主要為此。

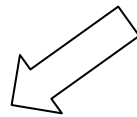




1. 諾麗果泥 (含種籽)



2. 將諾麗果肉與種籽分離



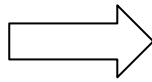
3. 分離的諾麗果肉與種籽



4. 將諾麗果泥平鋪於乾燥器上



5. 乾燥後的諾麗果泥



6. 磨粉後製成諾麗粉末

圖五、諾麗果粉的製程

Fig. 5. Procedure of noni powder.

([http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/powders\\_products.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/powders_products.asp))

- (二) 諾麗果粉飲品：將諾麗果粉與水混合後，加入其他果汁或添加物製成諾麗果粉的還原飲品。
- (三) 諾麗果泥飲品：將去籽的諾麗果泥以水稀釋後，加入諾麗汁或其他果汁製成的諾麗飲品。
- (四) 諾麗果濃縮還原汁：將諾麗果汁濃縮 3-10 倍後，以水或果汁還原成不同比例的果汁，也可將濃縮的諾麗果汁再加以乾燥製成諾麗果汁粉末 (juice powder)。
- (五) 諾麗茶：將諾麗的葉子或諾麗果切片進行乾燥後，直接加水沖茶飲用。
- (六) 其他：利用諾麗葉、果粉、果汁或濃縮果汁，也可製成香皂、潤手乳及洗髮乳等，應用層面廣泛。

### 第三節 諾麗果的生理功效

諾麗中已被鑑定出來的化學成分超過 160 種，主要的化合物有萜烯類化合物 (terpene compounds)、蒽醌類 (anthraquinones)、桑色素酐 (morindone)、檫樹苷 (morindin)、車葉草苷 (asperuloside)、acubin、己酸 (caproic acid)、辛酸 (caprylic acid)、damnacanthal、東莨菪素 (scopoletin)、多醣類 (polysaccharide) 和生物鹼 (alkaloids) 等 (Wang and Su, 2001)。其中有許多成分已被證實具有生理功效，對人體有益 (楊，2005) (表二)。除此之外，諾麗果中也含有許多營養素，以夏威夷所產諾麗果汁中的成分分析為例，除了醣類、蛋白質、維生素外，亦含有豐富的礦物質 (表三)，可作為人體補充營養的來源之一 (Nelson and Elevitch, 2006)。

目前在坊間及網路上皆盛傳諾麗果對許多疾病具有療效，但許多功效目前尚未得到科學的證實，不足以採信。近年來諾麗果的生理功效研究漸盛，經實驗證實的功效整理如下：

表二、Noni 果汁中已被確認之功效性成分

Table 2. Functional components in noni fruit juice.

xeronine	scopoletin	proxeronine	morindadiol	proxeronase
rubiadin	serotonin	magnesium	damnacanthal	carbonate
nordamnacanthal	protein	anthraquinones	sodium	carotene
bioflavonoids	morindine	morindone	terpenes	soranjidiol
plant sterols	iron	sitosterol	phosphate	glycosides
MME rubiadin	munjistin	acetin GlucoP	ursolic acid	MM-MA-R glycolipid
caproic acid	caprylic acid	serum albumin	asperuloside	cofactor
vitamin	trace element	chlororubin	flavonols	threonine
valine	serine	methionine	alanine	isoleucine
araginine	leucine	aspartate	lysine	cysteine
phenylalanine	cystine	threonine	glutamic acid	histidine

(楊，2005)

表三、100%夏威夷諾麗果汁的營養分析

Table 3. Nutritional analysis of 100% Hawaiian noni juice.

per 100 mL (3.4 oz)	content
Dry matter	7.6 g
Water	94.8 g
Fat	<0.1 g
total protein	0.5 g
ash	0.5 g
total dietary fiber	0.6 g
sucrose	1.3 g
glucose	1.5 g
fructose	1.5 g
carbohydrates	6.0 g
calories	27 (113KJ)
sodium (Na)	9 mg
potassium (K)	150 mg
calcium (Ca)	6 mg
magnesium (Mg)	11 mg
iron (Fe)	0.4 g
phosphorous (P)	10 mg
chloride (Cl)	62 mg
vitamin B1	0.006 mg
vitamin B2	0.035 mg
vitamin B6	<0.05 mg
vitamin B12	70.0 µg
panthothenic acid	0.169 mg
niacin	0.194 mg
biotin	4.07µg
folic acid	11.4 µg
ascorbic acid	53.2 mg
vitamin E (total)	0.05 mg
beta-carotene	<0.0005 mg
total carotene	0.0035 mg
acidity	pH 3.43



(Nelson and Elevitch, 2006)

## 一、抗氧化

Zin 等人 (2002) 以乙酸乙酯萃取諾麗果粉末，發現諾麗果粉末與同重量之純  $\alpha$ -tocopherol (Vit. E) 和 butylated hydroxyl toluene (BHT) 具有相同抑制脂肪氧化的能力，此外，諾麗果的乙酸乙酯萃取物較甲醇萃取物的效果較強，推測可能在抑制脂肪氧化方面的成分，主要為一些較非極性的化合物。比較大溪地諾麗果汁 (Tahitian Noni<sup>®</sup>) 與葡萄籽粉末、Vit. C 以及 pycnogenol (PYC) 清除超氧陰離子自由基 (superoxide anion radical) 的能力，結果顯示，大溪地諾麗果汁較其他幾種物質擁有更高的抗氧化能力，分別為 Vit. C 的 2.8 倍、PYC 的 1.4 倍，而與葡萄籽粉末具有相同的能力 (Wang and Su, 2001)。

## 二、抗發炎

Mckoy 等人 (2002) 將諾麗汁萃取物以腹腔注射法注射至大鼠體內，再於其後腳注射促發炎因子 bradykinin 和 carrageenan，觀察其發炎狀況，發現諾麗汁萃取物在 0.2mL 50mg/mL 與 1mL 200mg/mL 之濃度，可分別抑制 bradykinin 和 carrageenan 引起的發炎反應，且口服亦有效果。

此外，諾麗果汁對引起乳癌、結腸癌和肺癌有關的環氧酵素 (cyclooxygenase) COX-1 和 COX-2 活性具有抑制作用，而此酵素也與抗發炎活性相關，在體外試驗對 COX 酵素的活性亦具有抑制能力，效果與發炎藥 Celebrex<sup>®</sup>相當，且可能無副作用 (Su *et al.*, 2001)。Li 等人 (2003) 的研究也指出諾麗果萃取物具有良好的抑制 COX-1 的活性，IC<sub>50</sub> (half maximal inhibitory concentration) 為 163 $\mu$ g/mL。

## 三、抗菌性

諾麗果在很早以前就已被波里尼西亞及澳洲地區的原住民部落利用來對抗傳染疾病 (Locher *et al.*, 1995; Peerazda *et al.*, 1990)，顯示諾麗果可能具有一些抗菌或抗病毒的作用。Jayaraman 等人 (2008) 將諾麗果以不同溶劑萃取，觀察其抗菌



活性，結果顯示甲醇萃取物的效果較乙酸乙酯及正己烷萃取物為佳（表四、五）；對革蘭氏陽性菌及陰性菌皆有抑制的效果之結果與 Isami 等人 (2007) 之研究報告相似，其中甲醇萃取物對副傷寒沙門氏桿菌 (*Salmonella paratyphi A*)、青黴菌屬 (*Penicillium sp.*)、梭黴菌屬 (*Fusarium sp.*) 以及酒麴菌屬 (*Rhizopus sp.*) 的抑制效果特別好。

諾麗果中的 Acubin、*L*-asperuloside、alizarin 以及諾麗根中所含的一些蒽醌類 (anthraquinone) 化合物經 Wang 等人 (2002) 證實具有抑制 *Pseudomonas aeruginosa*、*Proteus morgani*、*Staphylococcus aureus*、*Bacillus subtilis*、*Escherichia coli*、*Salmonella* 以及 *Shigella* 等細菌之活性。Saludes 等人 (2002) 指出諾麗果的甲醇及正己烷萃取物均具有抑制結核桿菌 (*Mycobacterium tuberculosis*) 生長的效果。

#### 四、抗腫瘤及抗癌

Hirazumi 與 Furusawa (1999) 發現諾麗果汁中含有一種酒精不溶性的多醣類成分 (polysaccharide-rich substance)，稱之為 noni-ppt，主要由葡萄糖醛酸 (glucuronic acid)、半乳糖 (galactose)、阿拉伯糖 (arabinose) 及鼠李糖 (rhamnose) 所組成，其主要鑰結方式為 homogalacturonan、rhamnogalacturonan I、arabinan、type I arabinogalactan 及 arabinogalactan-protein 等，鍵結方式可能與其功效有關 (Bui *et al.*, 2006)。Hirazumi 和 Furusawa (1999) 之研究亦指出 noni-ppt 對路易士肺癌細胞 (Lewis lung carcinoma, LLC) 具有細胞毒殺性 (cytotoxicity)，若將 noni-ppt 與化療用藥 adriamycin (Adria)、cisplatin (CDDP)、5-fluorouracil (5-FU)、Methotrexate (MTX)、vincristine (VCR) 一起使用 (腹腔注射)，可大幅提高罹患路易士肺癌小鼠 (C57BL/6) 的存活率。此外，同一研究亦發現 noni-ppt 可能藉由促進巨噬細胞釋放一些與抗腫瘤有關的細胞激素，來調節抗腫瘤的活性。Furusawa 等人 (2003) 的研究更進一步顯示 noni-ppt 具有預防及治療免疫敏感的腹水性肉瘤 180 系統

表四、諾麗果萃取物對革蘭氏陽性及陰性菌的抗菌活性

Table 4. 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>	10.0 ± 1.0	6.3 ± 0.6	-
<i>Staphylococcus aureus</i>	11.3 ± 0.6	6.7 ± 0.6	-
<i>Lactobacillus lactis</i>	10.0 ± 0.0	5.7 ± 0.6	6.3 ± 0.6
<i>Streptococcus thermophilus</i>	11.3 ± 0.6	6.0 ± 1.0	-
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	10.3 ± 0.6	-	-
<i>Salmonella typhi</i>	10.3 ± 0.6	6.0 ± 0.0	-
<i>Escherichia coli</i>	11.0 ± 0.0	6.3 ± 0.6	-
<i>Vibrio harveyi</i>	11.3 ± 0.6	6.3 ± 0.6	-
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	9.3 ± 0.6	-	-
<i>Shigella flexneri</i>	11.0 ± 0.0	8.0 ± 0.0	-
<i>Salmonella paratyphi A</i>	26.0 ± 1.0	15.7 ± 0.6	-
<i>Aeromonas hydrophila</i>	12.3 ± 0.6	11.3 ± 0.6	-
<i>Vibrio cholerae</i>	7.7 ± 0.6	10.7 ± 0.6	-
<i>Chromobacterium violaceum</i>	12.3 ± 0.6	12.0 ± 1.0	-
<i>Enterobacter faecalis</i>	13.0 ± 1.0	14.7 ± 0.6	-

Note: There was no inhibition found in control.

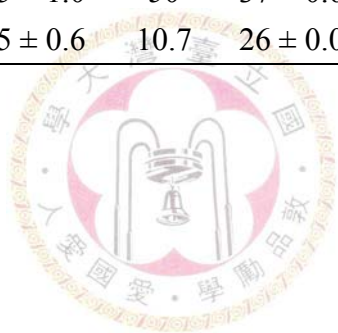
(Jayaraman *et al.*, 2008)

表五、諾麗果萃取物的抗黴菌活性

Table 5. Antifungal activity of fruit extracts of *Morinda citrifolia*.

Microorganism	Control (in mm)	Methanol extract (in mm)	% inhibition	Ethyl acetate extract (in mm)	% inhibition	Hexane extract (in mm)	% inhibition
<i>Candida albicans</i>	12 ± 0.0	11 ± 0.0	8.3	11 ± 0.0	8.3	12 ± 0.0	0
<i>Aspergillus niger</i>	67 ± 1.0	60 ± 0.0	10.5	63 ± 0.6	5.9	66 ± 0.6	1.4
<i>Trichophyton mentagrophytes</i>	58 ± 0.0	12 ± 0.0	79.3	22 ± 0.6	62.06	41 ± 0.6	29.3
<i>Penicillium sp.</i>	25 ± 0.6	13 ± 0.6	48	18 ± 0.0	28	24 ± 0.0	4
<i>Fusarium sp.</i>	35 ± 1.0	18 ± 0.6	48.5	23 ± 0.6	34.2	33 ± 1.0	5.7
<i>Aspergillus fumigatus</i>	25 ± 0.0	22 ± 0.6	12	22 ± 0.6	12	24 ± 0.6	4
<i>Mucor sp.</i>	90 ± 1.0	50 ± 0.6	44.4	60 ± 1.0	33.33	75 ± 0.6	16.6
<i>Rhizopus sp.</i>	70 ± 0.0	35 ± 1.0	50	37 ± 0.6	47.1	58 ± 1.0	17.1
<i>Aspergillus flavus</i>	28 ± 0.6	25 ± 0.6	10.7	26 ± 0.0	7.14	28 ± 0.0	0

(Jayaraman *et al.*, 2008)



(immunomodulator sensitive Sarcoma 180 ascites tumour system) 的能力，治癒率為 25%-45%，並推測 noni-ppt 可能可刺激 Th1 細胞調節免疫反應，達到抗腫瘤的功效。

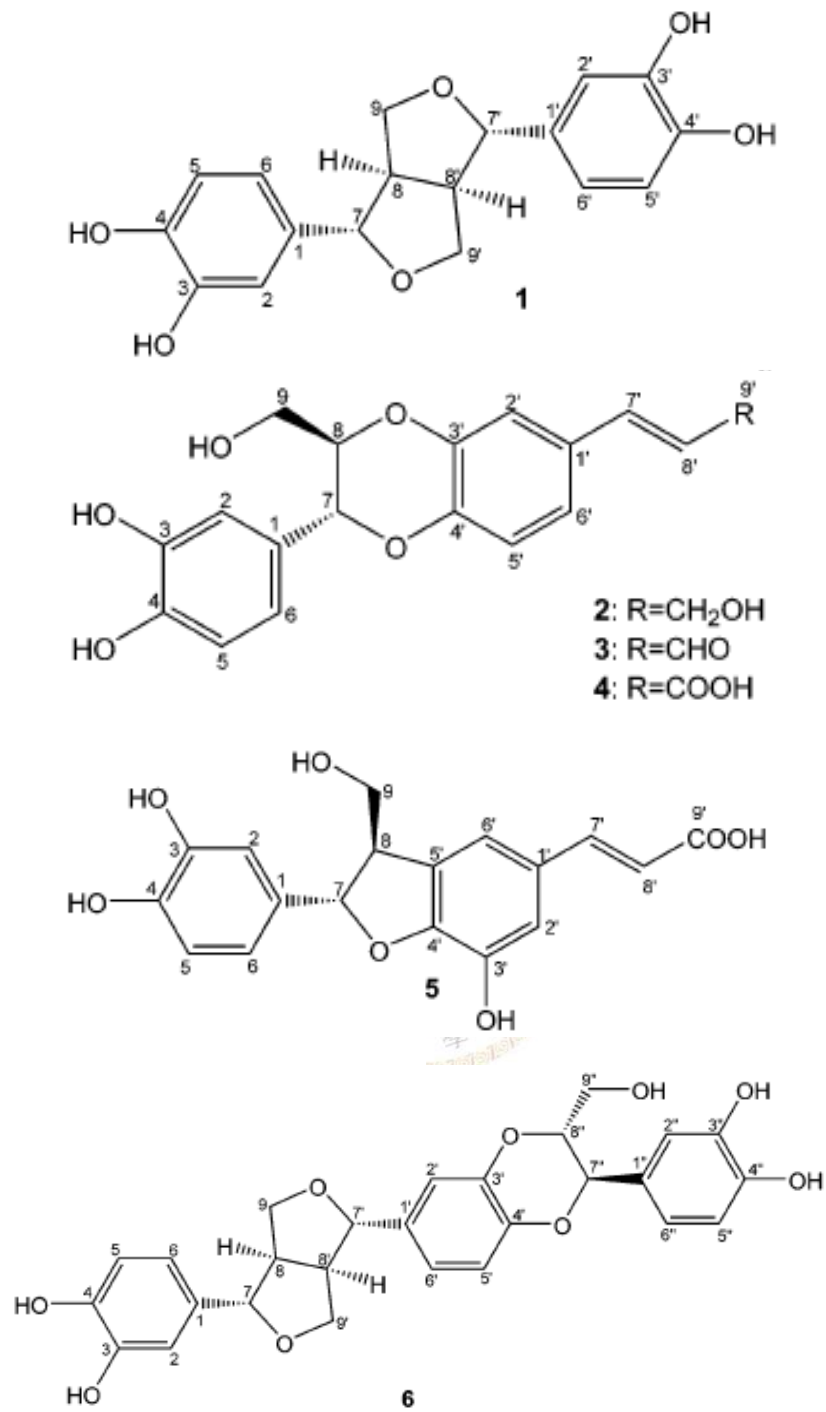
Jayaraman 等人 (2008) 研究顯示諾麗果的甲醇及乙酸乙酯萃取物對人類喉癌細胞 (human laryngeal epithiloma cells) 具有抑制作用。此外，Wang 和 Su (2001) 以大溪地諾麗果汁 (Tahitian Noni<sup>®</sup>) 連續餵食大鼠 8 天，再餵食化學致癌物 DMBA (7,12-dimethylbenz(a)anthracene)，24 小時後犧牲大鼠進行觀察，發現可顯著減少 DMBA-DNA 加合物 (DMBA-DNA adducts) 在腎、肝、肺及心臟的生成。

#### 五、預防動脈粥狀硬化

低密度脂蛋白 (Low-density lipoprotein, LDL) 易受到自由基或過渡金屬的影響而氧化，而 LDL 氧化後被巨噬細胞吞噬，形成泡沫細胞 (foam cells) 是造成動脈硬化的主要原因 (Berliner and Heinecke, 1996; Kamiya *et al.*, 2004)。Kamiya 等人 (2004) 研究發現諾麗果的甲醇萃取物及衍生之乙酸乙酯、正己烷萃取物 (由甲醇萃取物中再萃取出來)，以 TBARS (thiobarbituric acid-reactive substances) 方法測量，對抑制銅離子所誘導之 LDL (copper-induced LDL) 氧化能力有良好的抑制效果，且由乙酸乙酯萃取物中分離出六種木酚素 (lignans) 成分中 (圖六)，其中第 1、2、5 和 6 種木酚素的苯環上具有較多的 OH 基，可較抗氧化劑 BHT (2,6-di-*tert*-butyl-*p*-cresol) 更有效的抑制銅離子誘導的 LDL 氧化的作用，IC<sub>50</sub> 分別為 1.057、2.447、2.020 和 1.362 $\mu$ M。

#### 六、降低血糖

Su 等人 (2005) 研究發現，乾燥諾麗果實具有抑制磷酸雙酯酵素 III (phosphodiesterase III, PDE3) 對 cAMP (cyclic adenosine monophosphate) 之水解作用，並促進  $\beta$  cell 的 G-Protein-Coupled receptor (P2Y recaptor) 刺激 cAMP 的生成，



圖六、諾麗果乙酸乙酯萃取物中分離出的六種木酚素結構

Fig. 6. Chemical structures of six lignans from noni extracted by EtOAc.

(Kamiya *et al.*, 2004)

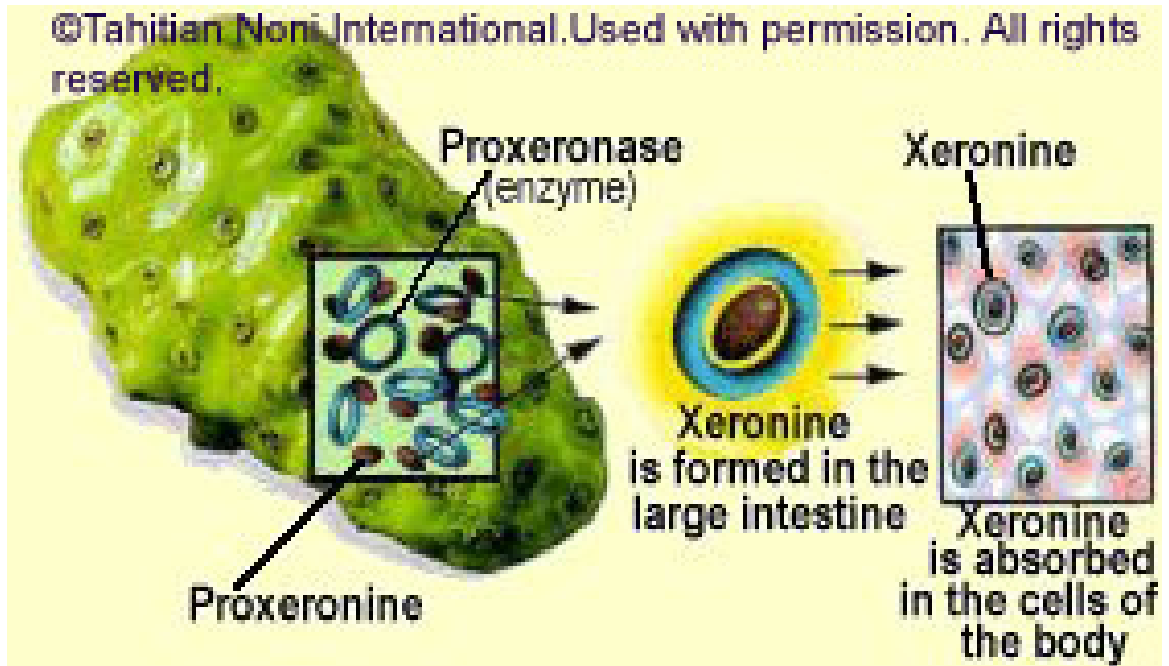
進而使胰島素的分泌增加，可達到降低血糖的功效，可能具有治療糖尿病的潛力。

#### 七、止痛鎮靜

Younos 等人 (1990) 研究顯示諾麗根的萃取物具有止痛的效果。Wang 等人 (2002) 將 SD 大鼠分為三組，分別在其飲用水中添加以大溪地諾麗果汁 (10%、20%) 或安慰劑 (placebo) 七天，再分別對 SD 大鼠進行熱板 (hot plate) 試驗，結果顯示，添加 10% 及 20% 大溪地諾麗果汁的組別，可較對照組 (添加安慰劑) 延長 162% 及 212% 的耐熱時間，顯示諾麗果汁中亦含有能止痛鎮靜的物質。

#### 八、賽洛寧的功效

生化學家 Heinicke 博士認為，諾麗果中富含賽洛寧 (xeronine) 之前驅物，稱為原賽洛寧 (proxeronine)，可在人體內藉由諾麗果的賽洛寧轉化酶 (proxeronase) 生成賽洛寧，再被細胞吸收利用，產生對人體有益的功效 (圖七)。賽洛寧是一種生物鹼，分子量約為 16000Dalton，Heinicke 博士認為賽洛寧具有修飾蛋白質結構的能力，當酵素、訊息傳遞因子等蛋白質結構發生變異而無法維持正常工作時，賽洛寧即可使其蛋白質正常化，幫助人體功能正常運作，但可能由於賽洛寧在人體內製造出來後，隨即被利用掉，因此目前在人體內尚未找到此化合物 (Heinicke, 1983; Heinicke, 1985)。目前為止，賽洛寧的化學特性及其測量的方法都尚未公開，而且除了 Heinicke 博士及 Solomon 博士外，尚未有其他人證實 proxeronine 或 xeronine 的存在 (Chan-Blanco *et al.*, 2006)。



圖七、諾麗果的賽洛寧系統

Fig. 7. Xeronine system of noni fruit.

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



#### 第四節 酚類化合物

酚類化合物為植物的二次代謝物，在一般生長及遭受逆境下都能生成，廣泛的存在於植物體內（表六）(Naczka and Shahidi, 2006)。酚類化合物為一個或多個苯環上含有-OH 基及其衍生物（例如：酯、甲基酯和糖苷等）(Harborne, 1989)，普遍被認為具有抗氧化 (Wang and Lee, 1996；Yen *et al.*, 1997；Bajpai *et al.*, 2005；Lam *et al.*, 2007)、抗突變 (anti-mutagenicity) (Yen and Chen, 1995)、抗腫瘤 (Amin and Buratovich, 2007)、抗菌 (Sakanaka *et al.*, 1996；Zhou *et al.*, 2007)、抗病毒 (Chavez *et al.*, 2006)、抗黴菌 (Lee *et al.*, 2004)、保護心血管 (Hertog *et al.*, 1993)、抗發炎 (Brasseur, 1989；Kupeli *et al.*, 2007)、促進免疫系統 (Ames *et al.*, 1993) 等的能力，近年來受到廣泛的研究。

##### 一、類黃酮

類黃酮屬酚類化合物的一種，廣泛分布於植物中，多以糖苷的形式存在，有超過 4000 種以上的化合物 (Harborne, 1988；Rice-Evans *et al.*, 1997)，其名稱源自於拉丁語 'flavus' 為黃色之意，基本架構為 2-phenyl-benzo-pyrone，主要由 A、B、C 三個環所組成（圖八），依其化學結構可再細分為不同的類別（圖九）。

類黃酮類的抗氧化活性，通常取決於-OH 基的數量、位置以及形成糖苷的種類，具有許多的生理活性，近年來對其抗氧化能力及減少血膽固醇的研究特別受到重視 (沈，2009；Yang *et al.*, 2007b)。

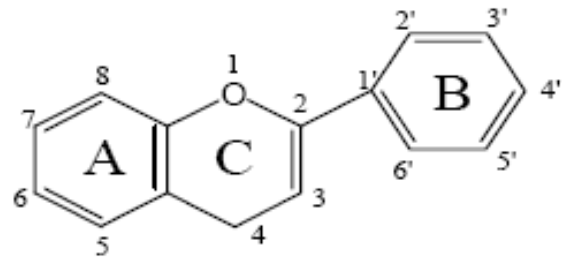


表六、日常飲食植物酚類物質的來源

Table 6. Dietary sources of plant phenolics.

Phenolic compounds	Dietary source
<b>Phenolic acids</b>	
Hydroxycinnamic acids	Apricots, blueberries, carrots, cereals, pears, cherries, citrus fruits, oilseeds, peaches, plums, spinach, tomatoes, eggplants
Hydroxybenzoic acids	Blueberries, cereals, cranberries, oilseeds
<b>Flavonoids</b>	
Anthocyanins	Bilberries, black and red currants, blueberries, cherries, chokecherries, grapes, strawberries
Chalcones	Apples
Flavanols	Apples, blueberries, grapes, onions, lettuce
Flavanonols	Grapes
Flavanones	Citrus fruits
Flavonols	Apples, beans, blueberries, buckwheat, cranberries, endive, leeks, lettuce, onions, olive, pepper, tomatoes
Flavones	Citrus fruits, celery, parsley, spinach, rutin
Isoflavones	Soybeans
Xanthones	Mango, mangosteen
<b>Tannins</b>	
Condensed	Apples, grapes, peaches, plums, mangosteens, pears
Hydrolyzable	Pomegranate, raspberries
<b>Other phenolics</b>	
Alk(en)ylresorcinols	Cereals
Arbutin	Pears
Avenanthramides	Oats
Capsaisinoids	Pepper
Coumarins	Carrots, celery, citrus fruits, parsley, parsnips
Lignans	Buckwheat, flaxseed, sesame seed, rye, wheat
Secoiridoids	Olives
Stilbenes	Grapes

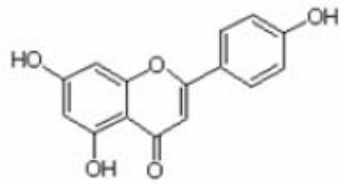
(Nacz and Shahidi, 2006)



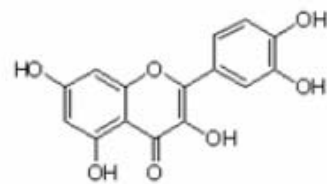
圖八、類黃酮的基本結構

Fig. 8. The basic structure of flavonoid.

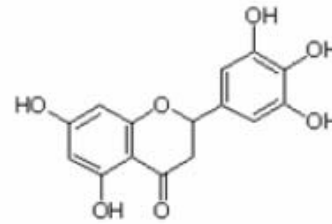




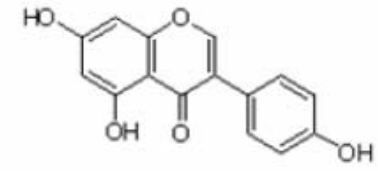
Flavones



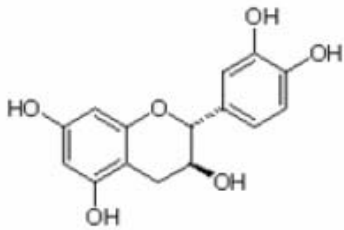
Flavonols



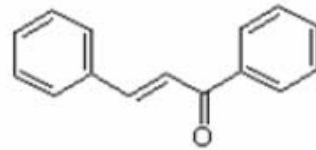
Flavanones



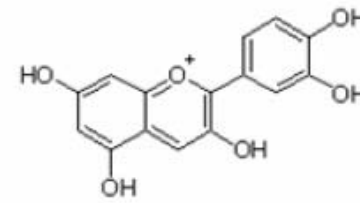
Isoflavones



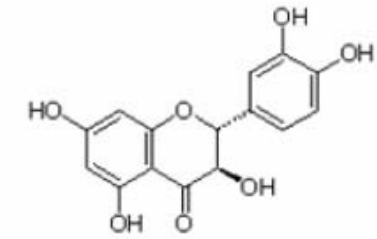
Flavans



Chalcones



Anthocyanidin



dihydroflavonols

圖九、類黃酮的化學結構分類

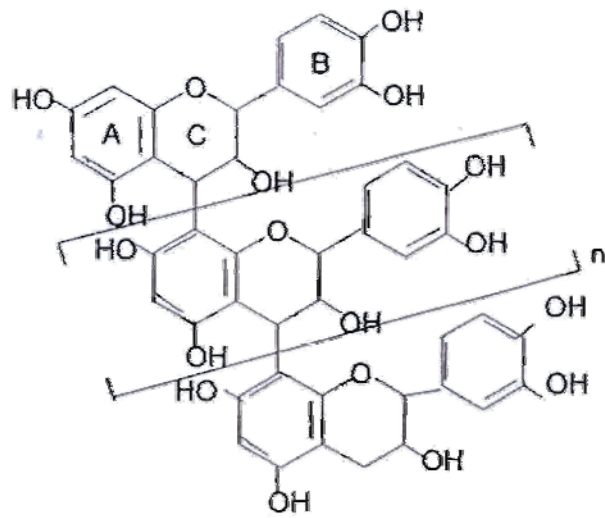
Fig. 9. Classification of flavonoids by chemical structure.

(Haslam, 1998)

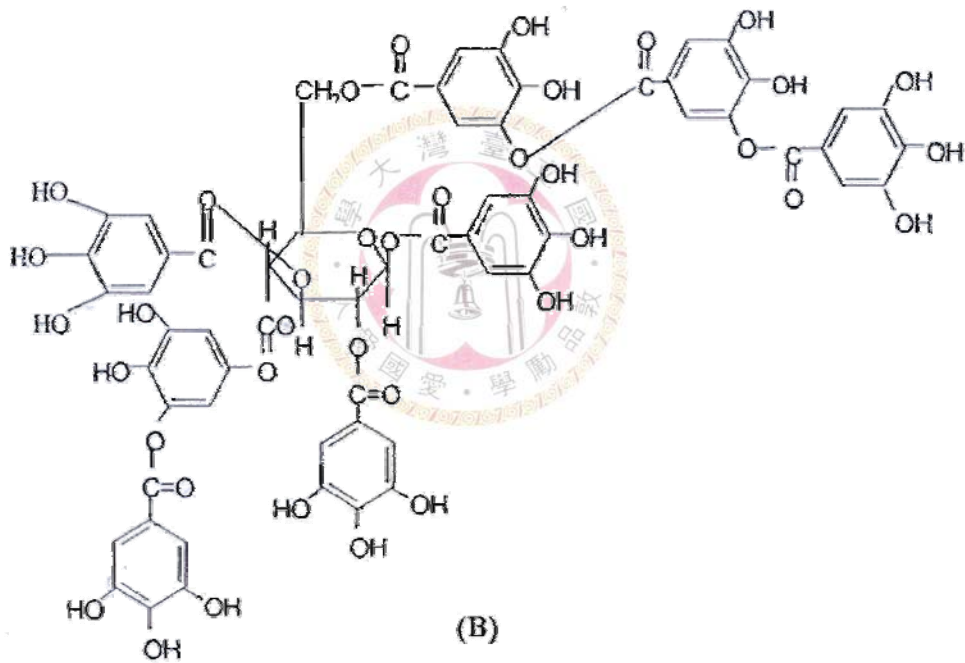
## 二、單寧

單寧 (tannins) 是一種複雜的酚類化合物，分子量約為 500-3000Dalton 之間，原指能將獸皮等鞣化成皮革的化合物，1962 年 Bate-Smith 認為單寧之定義為：水溶性之酚類化合物，除了具酚類化合物之通性外，也具有沉澱生物鹼、明膠及蛋白質之特性。單寧廣泛存在於植物體內或者是植物來源的食物內，例如：水果、豆科植物的豆莢、穀粒內或者是酒、茶、可可等飲料內 (Santos-Buelga and Scalbert, 2000；Chung *et al.*, 1998；盧，2007)。

單寧可區分為兩大類，水解型單寧和縮合型單寧 (圖十)。水解單寧之基本構造含有多數之酯鍵 (ester) 縮合，與酸、鹼或酵素作用，易加水分解為多元醇以及酚酸類物質，依水解後產生的酚酸不同，可在區分為產生沒食子酸 (gallic acid) 的 gallotannin 及產生鞣花酸 (ellagic acid) 的 ellagitannin (圖十一)。縮合單寧的結構主要以 flavan-3-ol 為中心，以碳-碳鍵和 flavanol 次單位結合，經酸水解後產生花青素配糖基 (anthocyanidin)，因此又稱為原花青素配糖基 (proanthocyanidin)。縮合單寧化合物具有抗氧化及捕捉自由基的能力，也被認為具有預防低密度脂蛋白氧化及血小板凝集的作用，進而達到預防心血管疾病的功效，並且具有抗癌的能力 (Bagchi *et al.*, 2000；Santos-Buelga and Scalbert, 2000)，近年來受到科學界廣泛的研究。



(A)

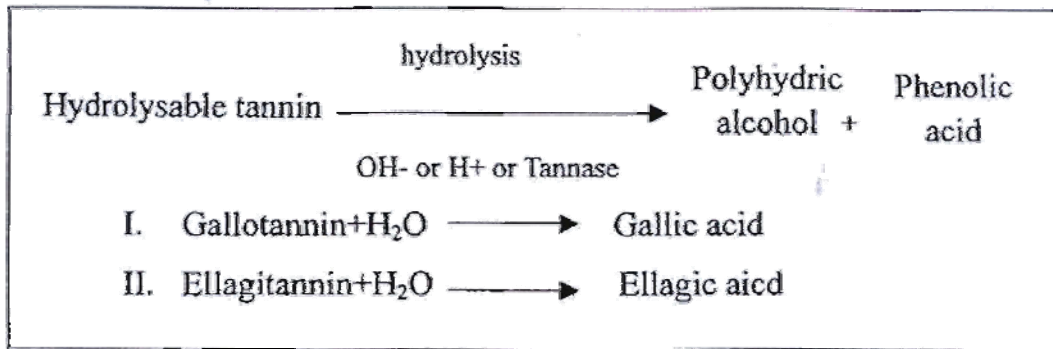


(B)

圖十、單寧分類 (A) 縮合型單寧；(B) 水解型單寧

Fig. 10. Types of tannin: (A) condensed tannin; (B) hydrolysable tannin.

(許，1988)



圖十一、水解型單寧及其組成

Fig. 11. Constitutes of hydrolysable tannin.

(許，1988)



### 三、芸香苷

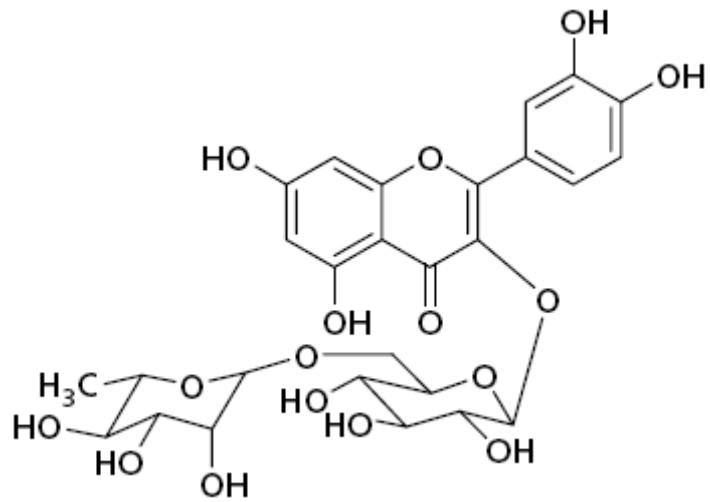
芸香苷 (Rutin, 3,3',4',5,7-Pentahydroxyflavone-3-rutinoside,  $C_{27}H_{30}O_{16}$ ), 分子量為 610.53Dalton, 屬於類黃酮糖苷化合物 (圖十二)。芸香苷為淡黃色的黃色結晶, 水溶性低, 最早於芸香 (rue, *Ruta graveolens*) 中被分離出來, 許多植物皆含有此種化合物, 尤以蕎麥為盛 (許, 2007)。芸香苷具有良好的抗氧化能力 (Watanabe, 1998), 研究顯示具有預防高血壓 (Matsubara *et al.*, 1985)、減少動脈硬化 (Wojcicki *et al.*, 1995)、強化血管結構及預防水腫的功效 (Ihme *et al.*, 1996), 並且對於微血管性中風、視網膜出血、冠狀動脈阻塞等疾病均有助益 (Matsubara *et al.*, 1985; Iwata *et al.*, 1990; Yildioglu-Ari *et al.*, 1991)。此外, 芸香苷可抑制脂氧合酶 (lipoxygenase) 與前列腺素合成酶 (prostaglandin synthase) 的活性, 且能增加微血管緻密度與通透性 (Jenkins *et al.*, 1993)。動物實驗結果顯示, 芸香苷可降低總膽固醇與三酸甘油酯在肝臟中的含量 (Wójcicki *et al.*, 1985)。



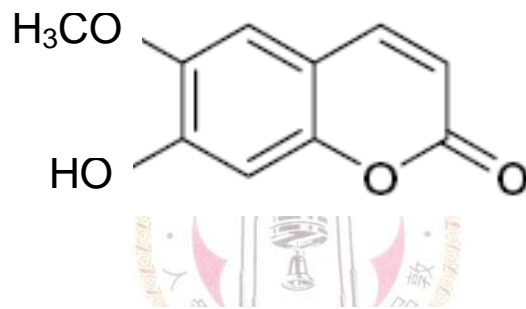
### 四、東莨菪素

東莨菪素 (Scopoletin, 7-hydroxy-6-methoxycoumarin,  $C_{10}H_8O_4$ ) 分子量為 192.17Dalton, 屬於香豆素類 (coumarin) 的化合物 (圖十二)。東莨菪素在自然界中並不常見, 但在諾麗果中含量豐富 (Chan-Blanco *et al.*, 2007), 為重要的酚類化合物之一, 具有許多生理功效, 包括: 抗氧化 (Shaw *et al.*, 2003)、抗菌 (Carpinella *et al.*, 2005)、抗發炎 (Kim *et al.*, 2004)、止痛 (Huang *et al.*, 1993)、預防高血壓 (Solomon, 1990)、保護肝臟 (Sung *et al.*, 1998; Sang *et al.*, 2001) 以及控制體內血清素的含量 (Levand and Larson, 1979)。此外, Hirazumi 等人 (1994) 研究報告指出諾麗果中富含的 scopoletin 具有促進免疫系統的作用, 可能與巨噬細胞 (macrophages) 和淋巴球 (lymphocytes) 有關。Jang 等人 (2003) 證實 scopoletin 具有抑制 Hepa 1c1c7 小鼠肝癌細胞增生的作用。Manuele 等人 (2006) 也認為 scopoletin 具有抗腫瘤的潛力, 可用來作為癌症用藥。

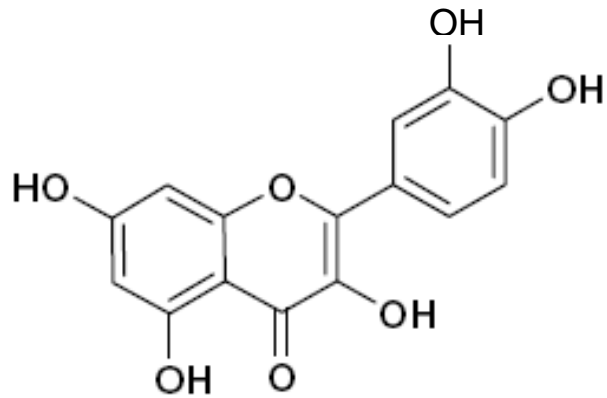
(A)



(B)



(C)



圖十二、化學結構 (A) 芸香苷；(B) 東莨菪素；(C) 槲皮酮

Fig. 12. Chemical structure (A) rutin ; (B) scopoletin ; (C) quercetin.

(Pawlus *et al.*, 2007)



## 五、槲皮酮

槲皮酮 (Quercetin, 3,3',4',5,7-Pentahydroxyflavone,  $C_{15}H_{10}O_7$ ) 分子量為 302.24 Dalton, 屬於類黃酮類化合物 (圖十二)。Quercetin 是自然界中廣泛存在的類黃酮之一, 且在早期即被大量研究 (Peterson and Dwyer, 1998)。Hang 等人 (1993) 研究顯示 quercetin 具有預防動脈心臟疾病的作用。Nègre-Salvayre 和 Salvayre (1992) 指出 quercetin 可保護細胞免受 LDL 氧化的傷害。其他研究也指出 quercetin 具有抗氧化、抗過敏及抗病毒的功效 (Pearce *et al.*, 1984; Rice-Evans *et al.*, 1995)。在諾麗果當中也有研究指出具有 quercetin 的存在, 並且證實此 quercetin 具有抗發炎的功效 (Yu *et al.*, 2004)。

## 第五節 超音波萃取原理

一般可聽見的聲波頻率範圍約在 20~18,000 Hz 之間, 而當音波頻率大於 20 KHz 時則稱為超音波, 具有頻率高、波長短、穿透力強等特點, 在食品工業方面最早應用於食品品質分析, 近年研究指出, 超音波在萃取方面具有效用, 可以縮短加工時間並提高加工效率 (陳, 2005)。

超音波常產生三種效應, (1) 空化效應 (或稱空洞現象, cavitation): 超音波在液體中傳播時, 會產生許多極小的氣泡, 並且在震盪的過程中會持續生成、增大、收縮並崩潰, 使氣泡附近的液體產生強烈激波, 而在局部極小的空間內形成瞬間的高溫高壓, 稱之為空化效應。(2) 力學效應: 超音波傳播時, 介質質點間的震動、加速度衝撞等, 可加速被萃取物質的釋放、擴散及溶解, 並且保持生物活性不變。(3) 熱效應: 超音波的能量在傳播時釋放在介質中, 使被萃取物的溫度瞬間升高, 加速有效成分的溶出, 且不改變成分的性質。由上述三種效應, 使超音波萃取具有縮短時間、增加產量、破壞較少、萃取溫度低等優點, 漸為廣泛使用 (陳, 2005; 葉等, 2008)。故本實驗採用此萃取方法, 對諾麗果肉粉末內的物質進行分析。

## 第三章 材料與方法

### 第一節 原料

本實驗所用諾麗果，為屏東縣內埔鄉川永生技休閒農場所栽種，以有機方式栽培並通過慈心有機農業發展基金會認證。選用成熟諾麗果，果實顏色為黃白色且外表堅硬者（圖十三），採收後尚未後熟軟化的果實稱之為未後熟諾麗果 (unripe noni)，採收後經過瀝乾一天所得後熟軟化的果實則稱之為後熟諾麗果 (ripe noni)，並以後熟果為發酵第 0 天，以此類推發酵時間最長為 168 天 (24 週)。

### 第二節 試劑與藥品

#### 一、總酚類含量測定

- (一) 沒食子酸：Gallic acid (Trihydroxybenzoic acid)，購自美國 sigma 公司。
- (二) 碳酸鈉：Sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )，購自美國 J. T. Backer 公司。
- (三) 酚試劑：Phenol reagent (Folin-Ciocalteu reagent)，購自日本林純藥工業株式會社。

#### 二、類黃酮含量測定

- (一) 槲皮酮：Quercetin，購自美國 sigma 公司。
- (二) 醋酸鉀：Potassium acetate ( $\text{CH}_3\text{COOK}$ )，購自美國 J. T. Backer 公司。
- (三) 硝酸鋁：Aluminum nitrate ( $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ )，購自美國 J. T. Backer 公司。

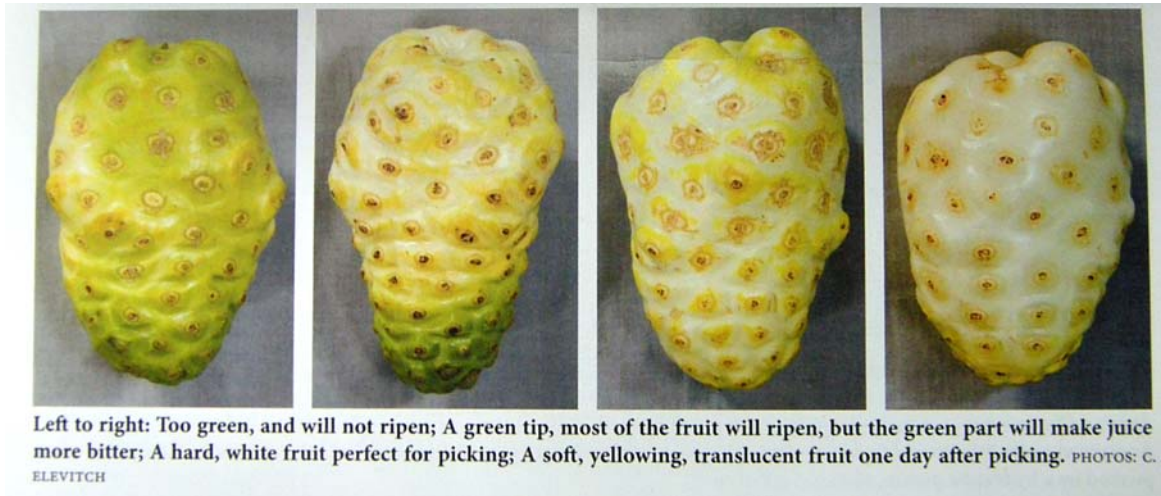
#### 三、縮合單寧含量測定

- (一) 兒茶素：(+)-Catechin，購自美國 sigma 公司。
- (二) 香草醛：Vanillin (4-hydroxy-3-methoxy-benzaldehyde)，購自美國 sigma 公司。
- (三) 濃鹽酸：Hydrochloric acid min. 37% (HCl)，購自美國 sigma-aldrich 公司。

#### 四、萃取

- (一) 甲醇：Methanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ , MeOH)，購自美國 Mallinckrodt 公司。

(A)



(Nelson and Elevitch, 2006)

(B)



圖十三、諾麗果 (A) 不同成熟度果實；(B) 本實驗所用成熟果

Fig. 13. Noni fruit (A) fruit of different maturity; (B) mature fruit is used by this experiment.

## 五、HPLC 移動相與標準品

- (一) 乙腈：Acetonitrile ( $\text{CH}_3\text{CN}$ ，ACN)，購自美國 J. T. Backer 公司。
- (二) 磷酸：Phosphoric acid ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )，購自美國 J. T. Backer 公司。
- (三) 芸香苷：Rutin，購自美國 Fluka 公司。
- (四) 東莨菪素：Scopoletin，購自美國 sigma 公司。
- (五) 槲皮酮：Quercetin，購自美國 sigma 公司。

## 第三節 儀器設備：

### 一、取樣設備

- (一) 果汁機 (Blender)：上豪果汁機，BM-382 型，台灣金宏新科技股份有限公司總代理。
- (二) 落地型冷凍離心機 (Ultra-centrifuge)：RC-5C Plus，美國 Sorvall-Kendro 公司出品。

### 二、一般成分分析

- (一) 屈折計 (Refractometer)：Abbe-3L 型，美國 Bausch & Lomb 公司出品。
- (二) 酸鹼度計 (pH meter)：Microcomputer pH/mV/temp meter 6171 型，美國 JENCO 公司出品。

### 三、機能性成分測定

- (一) 分光光度計 (UV/Vis spectrophotometer)：SP8001 型，台灣 Metertech 公司出品。
- (二) 微量高速離心機 (Centrifuge)：Biofuge pico，德國 Heraeus 公司出品。

### 四、萃取設備

- (一) 超音波震盪器 (Ultrasonic)：LC 130 H 型，頻率為 35KHz，德國 Elma 公司出品。
- (二) 減壓濃縮設備 (Rotavapor)：RE111 型，瑞士 BÜCHI 公司出品。
- (三) 濾紙 (Filter paper)：Whatman 4 號，英國 whateman 公司出品。

(四) 固液相萃取設備 (Solid phase extraction, SPE)：由台灣伯昂興業有限公司出品。

(五) 固液相萃取管柱 (SPE column)：Bakerbond™ spe Octadecyl (C18) Disposable Extraction Columns，美國 J. T. Baker 公司出品。

(六) 桌上型細胞冷凍離心機：Allerra™ X-22R centrifuge，美國 Beckman coulter 公司出品。

(七) 冷凍乾燥機 (Freeze dryer)：Alpha 1-4 LD 型，德國 Christ 公司出品。

(八) 真空幫浦 (Vacuum pump)：RV3 型，英國 Edwards 公司出品。

## 五、HPLC 設備

(一) HPLC 系統配件：HPLC 系統，美國 Thermo 公司出品。

1. 脫氣機 (Degaser)：ERC-3415α 型。

2. 幫浦 (Pump)：P1000 型。

3. 自動進樣器 (Autosampler)：AS1000 型。

4. 檢測器 (Detector)：UV6000LP 型 (光電二極體陣列檢測器，photodiode array，PDA)。

5. 交換機 (Intercafe)：SN4000 型。

6. 儀器控制與資料分析軟體為 ChromQuest Version 4.0 Build 1120 (Thermo Finnigan)。

(二) 分離管柱 (HPLC column)：YMC-Pack Pro C18 (粒徑 5μm，250 x 4.6mm I.D.)，日本 YMC 公司出品。

(三) 注射器濾膜 (Syringe filter)：PVDF 材質，孔徑 0.45μm，美國 Critical process filtration ins. 公司出品。



#### 第四節 試驗設計

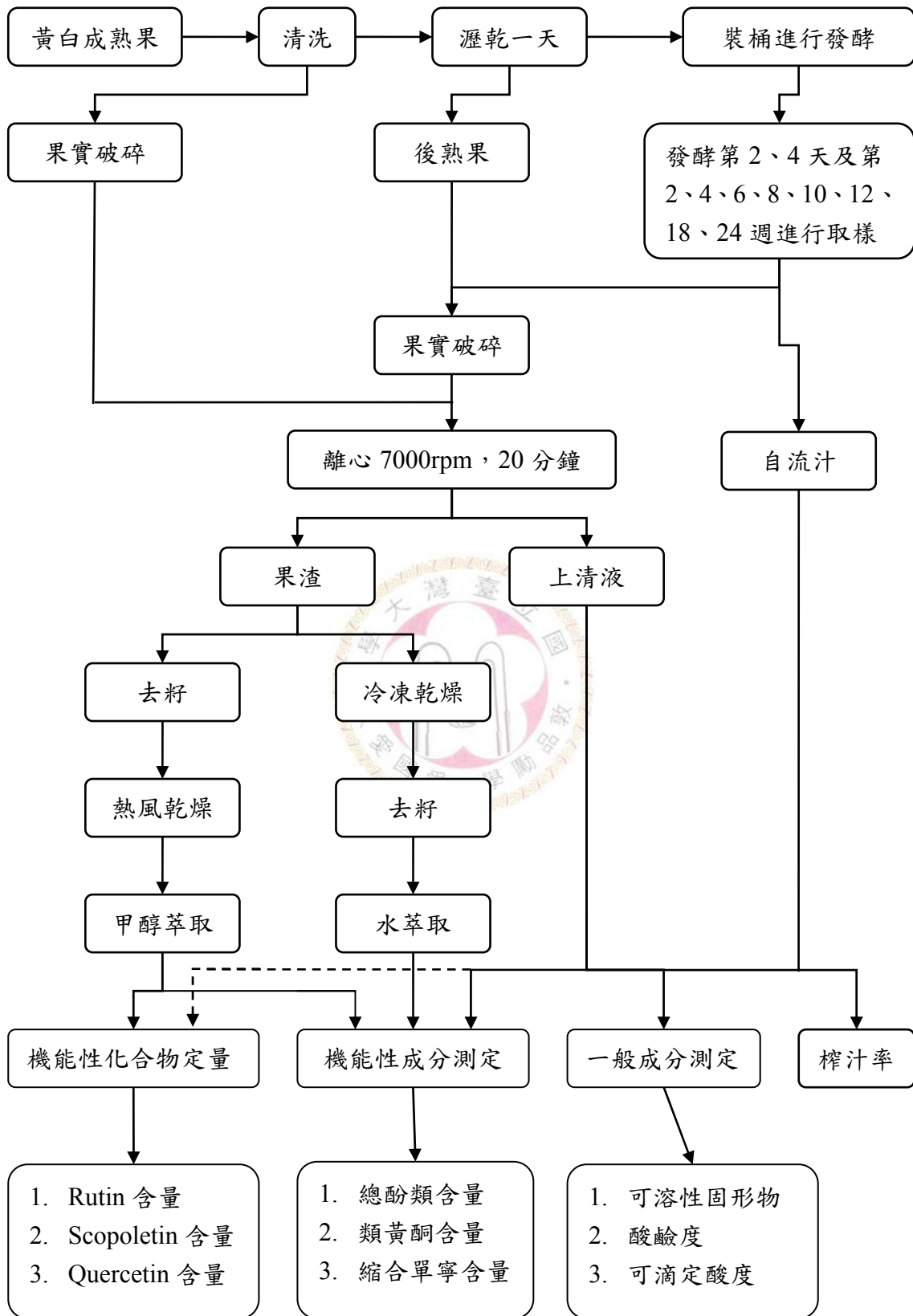
##### 一、發酵處理

本實驗由農場代為選取黃白色硬熟的諾麗果，於下午進行採收，以宅急便於隔日上午送達本實驗室後，立即開始原料的處理。首先，以清水清洗並以鬃刷將其表面塵垢等去除，洗淨後再以蒸餾水潤洗，靜置於網狀鐵盤上，室內室溫下瀝乾一天待其表面乾燥並後熟 (ripe)，取 30 個 5 公升塑膠不透明密封桶，每桶裝諾麗果約 12 顆 (重量  $1.1 \pm 0.1$  公斤) 後密封自然發酵 24 週，於發酵第 0 (ripe)、2、4 天及第 2、4、6、8、10、12、18、24 週進行取樣，並另取洗淨之黃白成熟諾麗果 36 顆，每 12 顆一組為對照組 (unripe)。在實驗進行中，每次取樣桶數為三桶，作為實驗三重複。本實驗整體步驟流程如圖十四所示。

##### 二、樣品的取樣與製備

實驗取樣分為三個部分，其一為自流汁，指果實在未經壓榨的情況下自然流出之汁液；其二為離心汁，指果實經果汁機破碎後以離心機 (轉速 7000rpm) 離心 20 分鐘所得的汁液；其三為果渣，指果實去除離心汁後所得之殘渣，去除籽後剩餘部份稱之為果肉，乾燥後製成的粉末稱之為果肉粉末。自流汁與離心汁取樣液儲藏在  $-80^{\circ}\text{C}$  冷凍櫃內備用；果渣部分則儲藏在  $-20^{\circ}\text{C}$  冷凍庫內備用。另外，記錄自流汁及離心汁重量，計算兩者的榨汁率。

自流汁與離心汁之果汁樣品，一部分自  $-80^{\circ}\text{C}$  冷凍櫃中取出解凍後，以 13000rpm 離心 10 分鐘，取上清液進行固液相萃取，所得 85% MeOH 萃取液以 HPLC 進行 rutin、scopoletin 及 quercetin 含量分析，並計算固液相萃尿管柱對此三種化合物的回收率。第三部分的果渣，以真空冷凍乾燥 (freeze dried, FD) 和熱風乾燥 (hot air dried, HAD) 去籽後將果肉乾燥製成粉末，並以甲醇及水進行萃取，以備分析其成分。各處理步驟詳述如下：



圖十四、實驗架構與流程

Fig. 14. The flow diagram of experiment design.

(一) 固液相萃取：

本實驗所用的液相層析分離管柱為 C18 材質，故選用以 C18 填充的固液相萃取管柱 (Solid Phase Extraction column, SPE column) 進行前處理，將諾麗果原汁中所含極性較低，容易滯留在 HPLC 分離管柱內的化合物先去除，再將所得淨化後的樣品進行 HPLC 的定量分析。處理方法如下 (圖十五)：

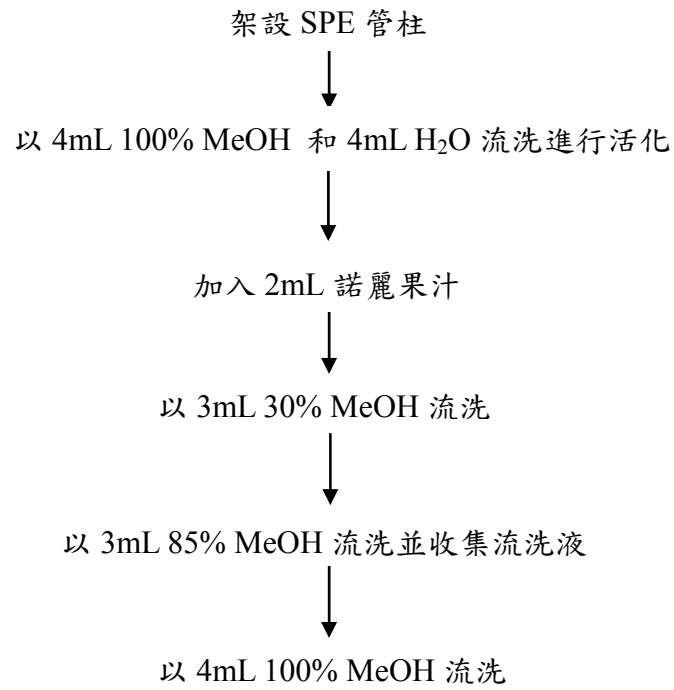
將 SPE 管柱架設在 SPE 裝置上，接上水幫浦抽真空並控制負壓程度，以控制注入液體流入管柱內的速度。先注入 4mL 100% MeOH 使 SPE 管柱內的 C18 填充物濕潤展開，再注入 4mL 去離子水將管柱內的液體置換成水相，之後加入 2mL 的諾麗果汁，流速皆為 2mL/min 以下，接著加入 3mL 30% MeOH 以 1mL/min 以下的速度流洗，然後加入 3mL 85% MeOH 並降低流速至 0.5mL/min 以下，將諾麗果樣品中欲分析之化合物從管柱內洗下收集並凍藏在 -80°C 以備分析。最後再以 4mL 100% MeOH 將管柱上附著的雜質盡可能洗下，之後重複操作步驟，再對下一個樣品進行固液相萃取。同一支 SPE 管柱至多使用三次，且注意流洗的過程保持管柱內充滿液體，以確保 SPE 管柱的萃取效果。

SPE 回收率的計算：取已知濃度之標準品溶液 0.3mL 528mg/L rutin、0.3mL 460mg/L scopoletin 及 0.2mL 1002mg/L quercetin 置於定量瓶內混合均勻，以諾麗果發酵汁定量至 10mL 做為實驗組，另以 0.8mL 甲醇溶液取代標準品溶液，以相同方法加入相同之諾麗果發酵汁定量至 10mL 做為對照組，兩組皆以上述 SPE 方法操作後，進行 HPLC 定量分析，操作過程中，每支 SPE column 皆重覆使用三次，並以三次所得結果為依據，計算其回收率，計算方法如下：

$$\text{回收率 (\%)} = \frac{\text{實驗組} - \text{對照組 (mg/L)}}{\text{理論值 (mg/L)}} \times 100$$

理論值：實驗組中加入的標準品溶液，經定量至 10mL 後所得之濃度。





圖十五、固液相萃取操作流程

Fig. 15. Procedure of solid phase extraction.



## (二) 諾麗果肉粉末製備與成分萃取

發酵諾麗果經榨汁後，所餘之果渣分別以冷凍乾燥與熱風乾燥進行脫水加工，簡易流程如圖十六所示。冷凍乾燥的部分，將諾麗果渣以真空冷凍乾燥機脫水約 5~6 天至恆重，然後將脫水果渣捏碎後，以 24mesh 篩網將諾麗種籽去除，再以磨粉機將乾燥果肉磨成粉，並以 50mesh 篩網過篩，使所得冷凍乾燥果肉粉末的粒徑小於 0.3mm。熱風乾燥的部分，取諾麗果渣，先以 24mesh 篩網將諾麗籽去除，所得果肉平鋪於盤上，以 50°C 熱風乾燥約 1 天至恆重，再將所得熱風乾燥果肉如冷凍乾燥果肉一般磨成粉末後以 50mesh 篩網過篩。上述兩種方法製得之諾麗果肉粉末皆以 -20°C 密封凍藏備用。

### 1. 甲醇萃取

參考 Chan-Blanco 等人 (2007) 的萃取方法，取 1.00g 乾燥果肉粉末，加入 50mL 甲醇，均勻搖晃後以超音波連續震盪萃取 1 小時，再經攪拌子連續攪拌 30 分鐘，以 Whatman 4 號濾紙進行過濾，將此濾液以 40°C 減壓濃縮至乾，計算萃取率並以甲醇進行回溶，凍藏在 -80°C 備用 (圖十七)。

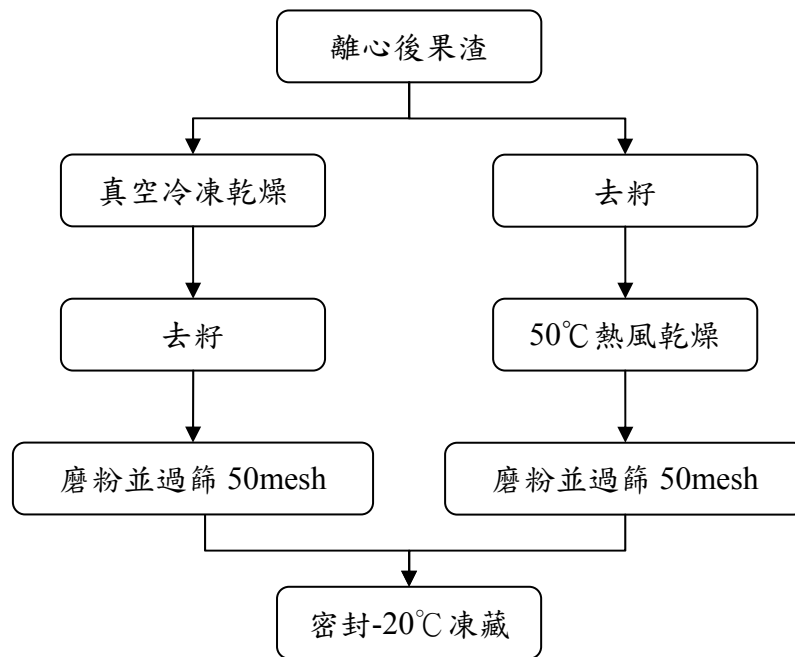
### 2. 水萃取

參考 Chan-Blanco 等人 (2007) 的萃取方法，取 0.50g 乾燥果肉粉末，加入 25mL 去離子水，均勻搖晃後以超音波連續震盪萃取 1 小時，再經攪拌子連續攪拌 30 分鐘，以 9000 x g 離心 20 分鐘，將上清液以 Whatman 4 號濾紙進行過濾，此濾液以冷凍乾燥脫水至乾，再以去離子水回溶，凍藏在 -80°C 備用 (圖十七)。

## 第五節 分析方法

### 一、榨汁率 (yield)

離心汁與自流汁榨汁率分別以下列公式計算之，所得結果以 % 表示。



圖十六、諾麗果肉粉末製作流程圖

Fig. 16. Procedure of noni powder processing.





圖十七、諾麗乾燥果肉粉末萃取流程圖

Fig. 17. Extraction procedure of soluble solids from noni powder.

$$\text{榨汁率 (\%)} = \frac{\text{離心汁 (或自流汁) 重量 (g)}}{\text{果實重量 (g)}} \times 100$$

## 二、pH 值

先將 pH meter 以 pH 7 及 pH 4 的標準溶液進行校正後，取樣品在室溫下測定之。

## 三、可溶性固形物 (total soluble solids)

將樣品離心 (3500 x g, 10 分鐘) 後，以屈折計於室溫 (25°C) 下測定之，結果以°Brix 表示。

## 四、可滴定酸度 (titratable acidity) 含量測定 (AOAC, 1984)

參考 AOAC (1984) 測定方法稍加修改，取 20.0g 果汁樣品，以 0.1N NaOH 滴定至 pH 8.1，並記錄 0.1N NaOH 之滴定量 (mL)。

計算方式：

$$\text{可滴定酸度 (\%)} = \frac{0.1N \text{ 氫氧化鈉滴定量 (mL)} \times F \times b}{\text{樣品重量 (g)}} \times 100$$

F: 0.1N 氫氧化鈉之力價 (1.005)。

b: 相當於 0.1N 氫氧化鈉標準溶液 1mL 的有機酸量(g)。

檸檬酸	0.0064	醋酸	0.0060
蘋果酸	0.0067	酒石酸	0.0075

Chunhieng 等人 (2005) 之研究報告指出，諾麗果中所含主要有機酸成分為蘋果酸，故所得結果以蘋果酸為代表計算。

#### 五、總酚類化合物 (total phenolic compounds) 含量測定 (Julkunen-Tiitto, 1985)

將樣品離心 (3500 x g) 20 分鐘後取上清液稀釋一倍，取 50 $\mu$ L 樣品，加入 5mL 去離子水和 500 $\mu$ L Folin-Ciocalteu's phenol reagent，搖晃混合後加入 2.5mL 20% (w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 再次搖晃均勻後，於室溫下靜置 20 分鐘，以分光光度計測樣品在 A<sub>735</sub> 之吸光值。以 gallic acid 標準品製作檢量線 (附錄一)，將樣品吸光值換算總酚類含量，並以每毫升所含 gallic acid equivalent 的毫克數表示。

#### 六、縮合單寧 (condensed tannins) 含量測定 (Julkunen-Tiitto, 1985)

將樣品離心 (3500 x g) 20 分鐘後取上清液 100 $\mu$ L，加入 0.3mL 去離子水和 2mL 4% (w/v) vanillin 甲醇溶液後搖勻，再加入 1mL 濃 HCl 混合均勻後，於室溫下避光靜置 20 分鐘待其反應，以分光光度計測定樣品在 A<sub>500</sub> 之吸光值。以 catechin 標準品製作檢量線 (附錄一)，並以不添加 4% vanillin 甲醇溶液之試驗為空白對照組，將樣品所得吸光值扣除空白對照組之吸光值，以此吸光值換算求得樣品中縮合單寧含量，並以每毫升所含 catechin equivalent 的毫克數表示。

#### 七、類黃酮 (flavonoids) 含量測定 (Jia *et al.*, 1999；楊，2005)

將樣品離心 (3500 x g) 20 分鐘後取上清液 500 $\mu$ L，加入 200 $\mu$ L 10% (w/v) 硝酸鋁及 1M 醋酸鉀後混合均勻，再加入 2.8mL 去離子水搖勻，於室溫下靜置 40 分鐘待其反應，以分光光度計測定 A<sub>415</sub> 之吸光值。以 quercetin 標準品製作檢量線 (附錄一)，並以不添加 10% 硝酸鋁溶液之樣品為空白對照組，將樣品所測得的吸光值扣除空白對照組的數值後，以此吸光值換算求得樣品中類黃酮含量，並以每毫升所含 quercetin equivalent 的微克數表示。

#### 八、果肉粉末萃取率

果肉粉末以甲醇及水分別進行萃取所得萃取率計算如下列公式所示，所得結

果以%表示。

$$\text{萃取率 (\%)} = \frac{\text{萃取後瓶重} - \text{瓶重 (g)}}{\text{樣品粉末重量 (g)}} \times 100$$

萃取後瓶重：指樣品甲醇（水）萃取液進行減壓濃縮（冷凍乾燥）後，瓶重及殘留物重總合。

## 九、HPLC 分析

### (一) 條件

移動相 A 液：0.1% acetonitrile + 0.1% phosphoric acid

移動相 B 液：100% acetonitrile


流速：1mL/min

管柱溫度：40°C

樣品注射量：5μL

移動相梯度條件：

條件 1：檢測波長：345 nm



時間 (min)	A 液 (%)	B 液 (%)
0	75	25
8	55	45
12	0	100
17	0	100
17.1	75	25
22	75	25



條件 2：檢測波長：225 nm

時間 (min)	A 液 (%)	B 液 (%)
0	80	20
8	80	20
9	0	100
16	0	100
16.1	80	20
21	80	20

### (二) HPLC 檢量線製作

Rutin、scopoletin、quercetin 標準品分別以四位數天平稱取 0.0125g、0.0046g、0.0501g，再以甲醇分別定量至 25mL、10mL、50mL，製得 528mg/L rutin、460mg/L scopoletin 及 1002mg/L quercetin 標準溶液，將此三種標準溶液以等比例混合，得到混合標準液後，再稀釋成 1/2、1/4、1/8、1/16、1/32、1/64 製作成檢量線 (附錄二)。

### (三) HPLC 定性分析

本實驗將欲分離之化合物進行分離後，以標準品所得 HPLC 圖譜的滯留時間 (retention time) 為第一項定性條件，再將欲分析之化合物波峰以 PDA (photo diode array) 進行 220-360nm 的波段掃描，將此圖譜與標準品所得此波段圖譜進行比對，若兩者的圖譜相似，則視其為相同化合物，做為第二項定性條件。定性標準需兩項定性條件皆達成，才視該波峰為所欲分析之化合物。

### (四) HPLC 定量分析

根據比爾定律 (Beer's law) 得知，稀薄溶液內分析物濃度與吸光度

(Absorbance, Abs) 成正比，故以波峰面積 (peak area) 值做為定量的依據。

#### 十、統計分析

使用 Statistical Analysis System (SAS) 軟體進行變異性分析 (analysis of variance, ANOVA)，並以 Duncan's multiple range test 作不同發酵時間樣品間差異顯著性的比較。



## 第四章 結果與討論

### 第一節 諾麗果的發酵與發酵期間榨汁率的變化

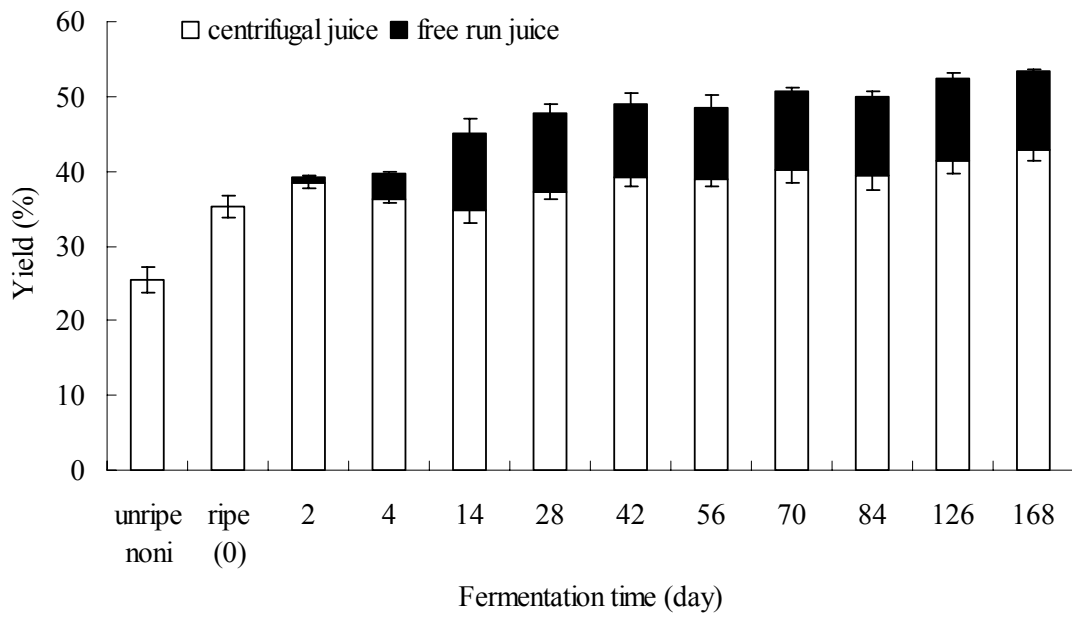
成熟的諾麗果在剛採收下來時，果實為黃白色的硬果，約經過瀝乾 1 天的時間，果實會迅速後熟而成半透明狀，並且隨著發酵時間的延長，果實會逐漸軟化產生自流汁，果實顏色也會逐漸變深，從一開始的黃白色，到後期接近深褐色。

新鮮之未後熟諾麗果以果汁機打碎後離心取得的汁液約只有 25%，由於新鮮之未後熟諾麗果果實較硬不易打成泥狀，所得汁液較少，但隨發酵時間延長而逐漸軟化分解，使得果實總榨汁率（離心汁+自流汁）也隨著逐漸提升（圖十八）。諾麗果在發酵第 2 天開始會有少量自流汁產生但是產量極微，只有約 0.25%，第 4 天開始可能因為果實內自流汁流出量增加，使得離心汁量稍微下降，但總榨汁率還是有些微上升。發酵第 2 週開始果實軟爛至一捏即碎的程度，自流汁產量也大幅提升至一個穩定狀態，約為 10%左右，而離心汁產量隨發酵時間延長而逐漸上升，故總榨汁率也隨發酵時間增加而逐漸增加，約從第 2 週的 45%上升至發酵後期第 24 週的 53%左右。另外，榨汁率在第 6 週開始達到 49%左右，之後呈現較緩慢的上升，故單以榨汁率為考量的話，建議採用發酵 6 週後的諾麗果發酵汁。

### 第二節 不同發酵時間諾麗果汁的一般成分分析

#### 一、可溶性固形物

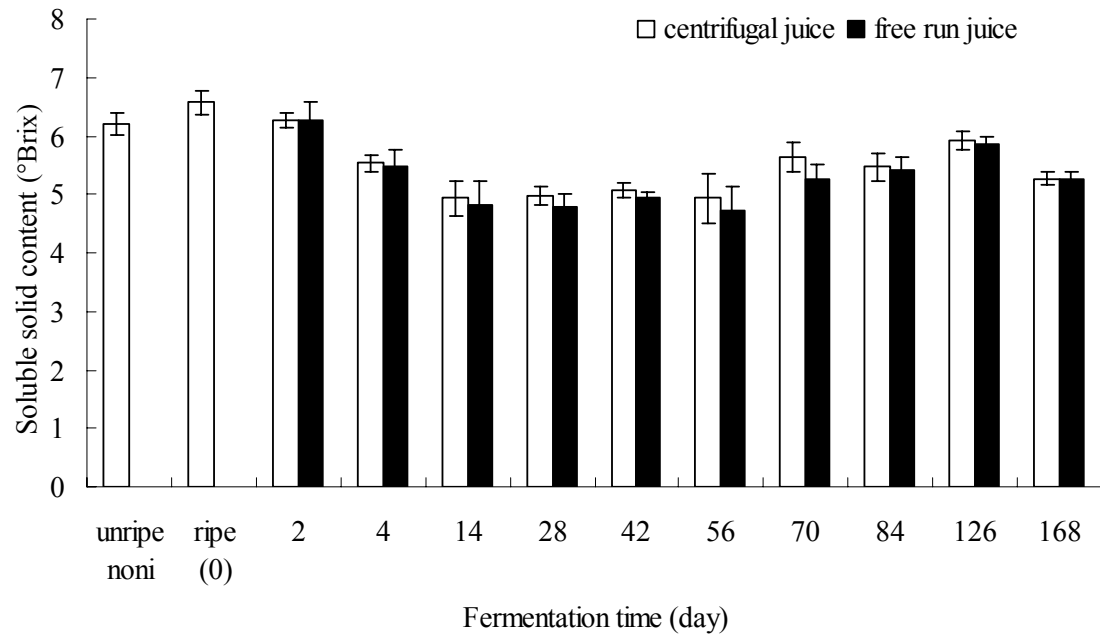
諾麗果在未後熟 (unripe) 時離心汁的可溶性固形物含量約為 6.2°Brix，後熟後的諾麗果離心汁可溶性固形物會上升至 6.6°Brix 左右，之後隨發酵時間的延長開始下降，至第 14 天開始達到一個穩定狀態約為 5.0°Brix 左右，但在第 70 天開始諾麗果離心汁的可溶性固形物會開始上升，從約 5.6°Brix 上升到第 126 天的 5.9°Brix 左右，最後第 168 天又再下降至 5.3°Brix 左右（圖十九）。自流汁的可溶性固形物含量與離心汁相較之下較低，最大差異在第 70 天，兩者相差達 0.36°Brix，但在其他發酵天數下兩者相差皆不超過 0.2°Brix。發酵前期（發酵 14 天內）及發酵後期



圖十八、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁榨汁率變化

Fig. 18. Yields of noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.





圖十九、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含可溶性固形物含量的變化  
 Fig. 19. Changes of soluble solid content in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.

(發酵 84 天後)，自流汁與離心汁之可溶性固形物差異更在 0.1°Brix 內，兩者之間差異不大。

另外，推測諾麗果汁在不同發酵時間下，可溶性固形物的含量呈現波動的上起伏，可能是受到發酵期間菌相變化的影響，有待進一步的菌相研究。另外，初期可溶性固形物的下降也可能是因為榨汁率上升，使得果汁溶液被稀釋所致，有待進一步研究。

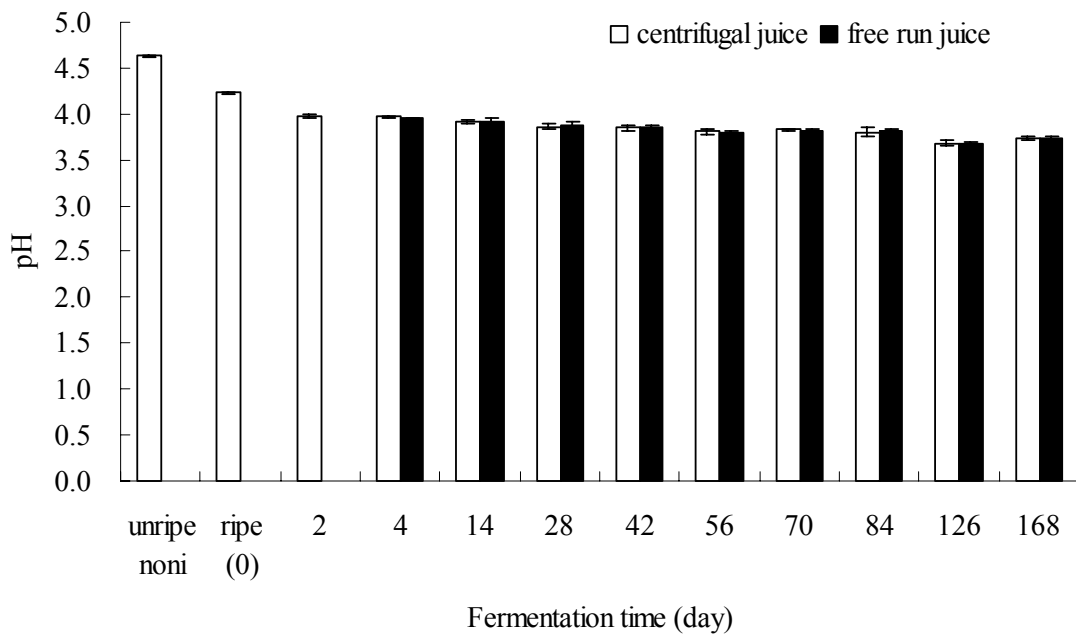
## 二、pH 值

諾麗果離心汁與自流汁在發酵期間 pH 值的變化如圖二十所示，離心汁從 unripe 時的 pH 4.6，經過後熟軟化後在發酵 2 天內急速下降至 pH 4.0 左右，隨後離心汁與自流汁的 pH 值皆緩慢下降，到發酵第 24 週時降至 3.7 左右，兩者差異不大，最大差異只有 0.02 個單位，皆屬於高酸性果汁。

張等 (2007) 將諾麗果發酵 90 天後測其 pH 值為 3.55，楊 (2005) 發酵 12 週的諾麗果汁 pH 為 4.00 左右，結果皆與本實驗測得之 pH 值為 3.70 左右不同，可能是諾麗果品種及發酵所用方法的差異所造成。此外，張等 (2007) 推測 pH 值隨發酵時間延長而下降，可能與發酵過程中微生物生長代謝產生酸性物質相關。

## 三、可滴定酸度

諾麗果離心汁與自流汁在發酵期間可滴定酸度的變化如圖二十一所示。離心汁從一開始 unripe 時期的 0.35%，隨發酵時間的延長，在發酵 2 天內迅速上升至 0.60% 左右，隨後呈現緩慢的上升，至發酵 24 週時達到 1.27% 左右，而自流汁與離心汁的變化大致上相同，皆隨時間的延長而緩慢的上升，此結果與 pH 值的緩慢下降相呼應，推測 pH 的下降與可滴定酸的上升具有相關性。

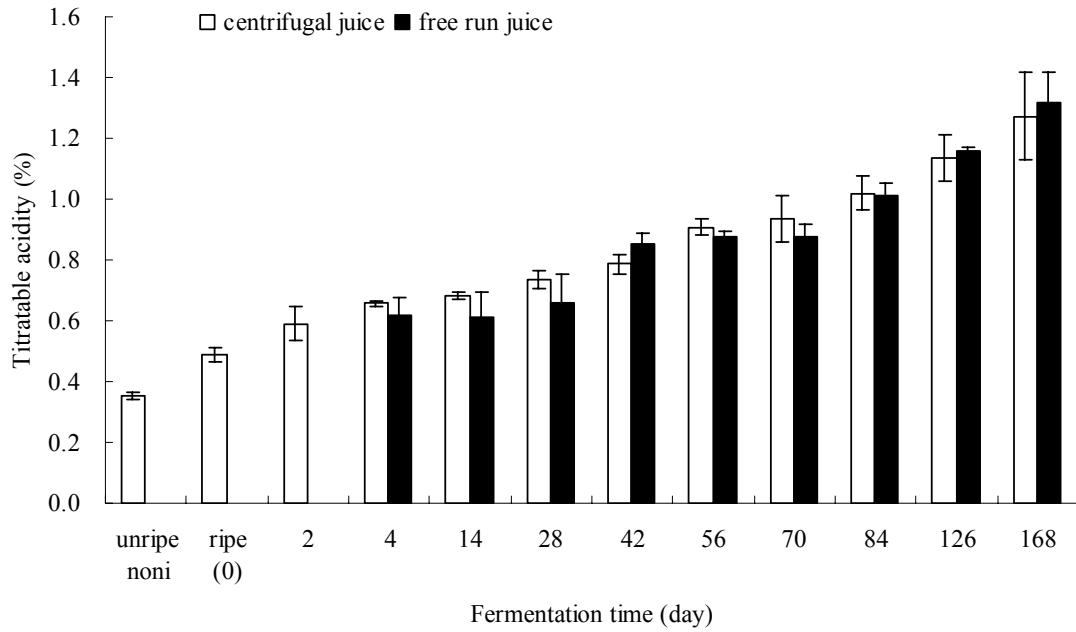


圖二十、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁 pH 值之變化

Fig. 20. Changes of pH value of noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.







圖二十一、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含可滴定酸度之變化

Fig. 21. Changes of titratable acidity in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.



### 第三節 不同發酵時間對諾麗果汁所含化學成分含量之影響

#### 一、總酚含量

不同發酵時間所得諾麗果果汁的總酚含量如圖二十二所示。樣品所含之總酚顯著的隨發酵時間之延長而下降；離心汁在 unripe 時的含量約為 1.6mg/mL 沒食子酸 equivalent (gallic acid, GA, equivalent)，後熟後大幅下降至 1.35mg/mL 左右，之後隨時間增加而緩慢下降，至發酵後期 24 週時約為 0.95mg/mL GA equivalent。自流汁內總酚含量在發酵初期 (2 週內) 較離心汁稍多，從發酵第 2 天為 1.39mg/mL 至後期第 24 週下降至 0.99mg/mL GA equivalent，但在第 4 週開始，離心汁與自流汁之間的含量差異不大，推測可能在發酵初期所流出的自流汁內含較多酚類物質，但在發酵 28 天後大多數自流汁都已流出，且與空氣直接接觸，造成部分較易氧化的酚類化合物降解或聚合成其他化合物，因此總酚下降至與果實內所含汁液相近之含量。

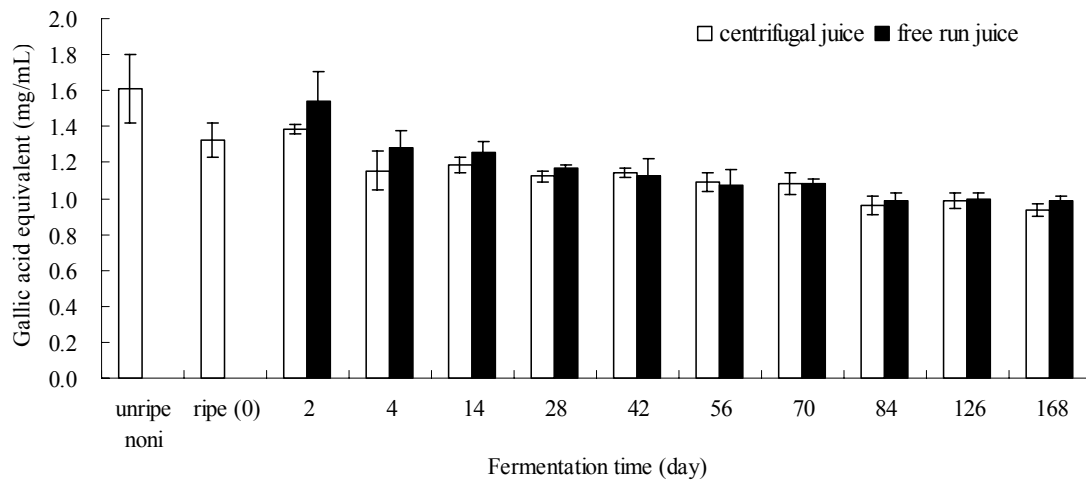


#### 二、類黃酮含量

諾麗果在 unripe 時期的果汁所含類黃酮量最多，約為 37.5 $\mu$ g/mL quercetin equivalent，果實後熟後隨即下降至 20.4 $\mu$ g/mL quercetin equivalent；發酵 2 天後繼續下降至約 13 $\mu$ g/mL quercetin equivalent，然後在發酵第 2 至 14 天維持穩定狀態，之後又隨著發酵時間的延長緩慢下降至約 5.5 $\mu$ g/mL quercetin equivalent 才呈現穩定狀態 (圖二十三)。此下降之趨勢與楊 (2005) 之研究數據相近，但含量較楊之報告低，推測可能與品種不同有關。自流汁的含量稍高於離心汁但差異不大，皆隨發酵時間延長而下降，整體趨勢相同。

#### 三、縮合單寧含量

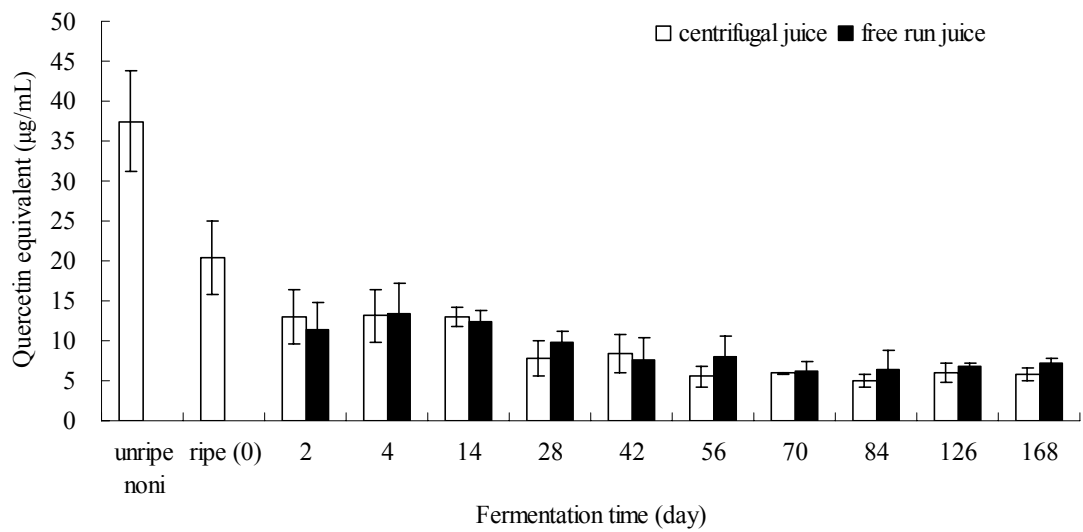
未後熟 (unripe) 諾麗果汁樣品添加反應試劑後由於會有不溶性顆粒生成，造成樣品混濁而影響吸光值之判讀，故未計數據。後熟的諾麗果離心汁所含縮合單寧之含量約為 0.14mg/mL catechin equivalent，在發酵第 4 天開始上升；至發酵第 2



圖二十二、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之總酚含量變化

Fig. 22. Changes of total phenolic compounds in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.

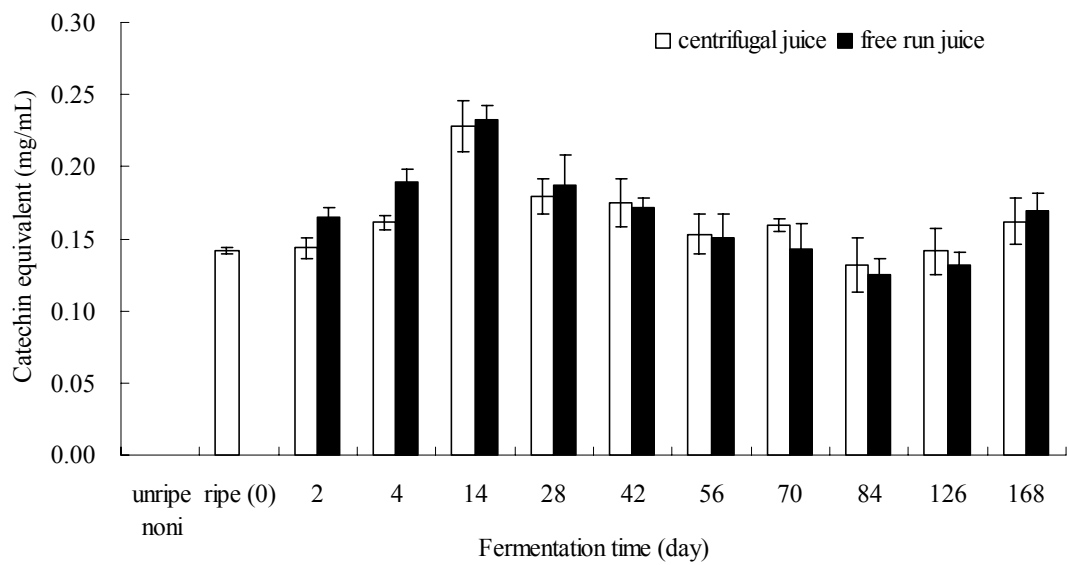




圖二十三、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之類黃酮含量變化

Fig. 23. Changes of total flavonoids in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.





圖二十四、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁之縮合單寧含量變化

Fig. 24. Changes of condensed tannins in noni centrifugal juice and free run juices during fermentation.



週時縮合單寧含量最高達 0.23mg/mL，之後隨發酵時間的延長而逐漸下降，至第 12 週時下降至 0.13mg/mL，隨後至第 24 週又微幅上升至 0.16mg/mL (圖二十四)。對照類黃酮含量在發酵前 2 週急速下降 (圖二十三)，推測發酵 2 週縮合單寧含量的上升可能是由於類黃酮類成分縮合成縮合單寧所致。楊 (2005) 的研究報告也有類似之情形。

諾麗果汁樣品之縮合單寧含量在發酵第 2 週後與前述其他成分一樣又開始下降，此結果與楊 (2005) 之研究在第 10 週後縮合單寧含量才下降而有所不同，推測可能是發酵方式有所差異，亦或是不同諾麗果品種之間的差異，有待進一步探討。另外，造成縮合單寧下降的原因，推測可能是縮合單寧間彼此相互聚合成更大的分子，形成非單寧類的物質，亦或是在發酵的過程中氧化降解所致。

#### 第四節 乾燥處理對諾麗果肉粉末所含化學成分含量之影響

本實驗諾麗果肉粉末分別以冷凍乾燥 (freeze dried, FD) 與熱風乾燥 (Hot air dried, HAD) 製備，藉以比較乾燥過程中，加熱與否對果肉粉末機能性成分的影響。實驗過程中，由於在諾麗果果泥尚未乾燥前去籽，果泥與諾麗籽分離較難完全，果肉容易附著在種籽上，故冷凍乾燥處理於凍乾後去籽，再利用過篩方式將大顆種籽去除，較易完整取得乾燥果肉。熱風乾燥果泥因為乾燥後果肉與種籽相互黏合，乾燥後去籽不易，會造成更多果肉的損失，故於果泥在熱風乾燥前先將種籽過篩去除，如此可回收較多的乾燥果肉，因此，實驗流程中冷凍乾燥與熱風乾燥果肉的去籽處理順序不同。此外，由於兩種乾燥方式所用諾麗果果泥來源相同，且於破碎過程中，果實種籽皆保持完整未破損，為提升所得果肉粉末量，不考慮去籽順序對乾燥果肉內含成分的影響。

實驗過程中發現，冷凍乾燥所得諾麗果肉粉末的色澤較亮，可能熱風乾燥經過長時間較高溫的處理，造成果肉褐變，使外觀色澤較為暗沉。

另外，以三種不同溶劑，極性由高至低為水、甲醇及乙酸乙酯進行預試驗萃取果肉粉末成分，結果發現，諾麗果肉粉末以水及甲醇萃取具有較高之萃取率及

總酚含量，而乙酸乙酯的萃取率較低，且總酚含量不高，推測諾麗果中大部分酚類化合物為較偏極性者，故本實驗選用水及甲醇兩種溶劑作為萃取溶劑，一併比較兩種萃取溶劑所得結果的差異。

### 一、萃取率

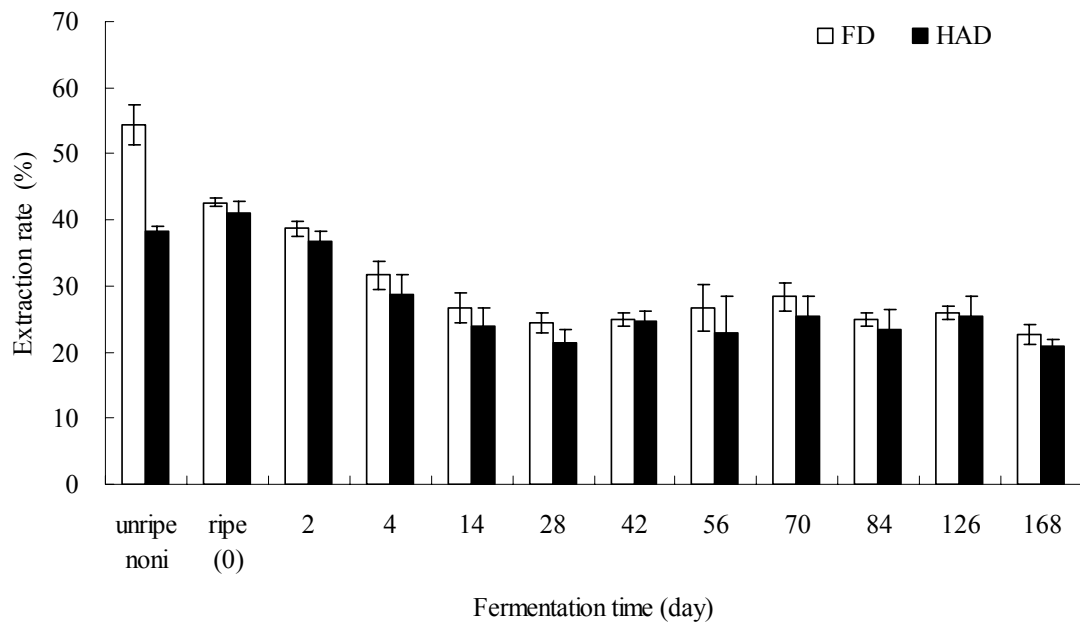
以甲醇萃取諾麗果肉粉末的萃取率如圖二十五所示。Unripe 時期的萃取率可達 54%，之後隨發酵時間的延長，甲醇所能萃取得到的化合物含量逐漸減少，至發酵第 2 週開始達到一個穩定狀態，萃取率約在 25% 左右。整體來說，冷凍乾燥之樣品含有較多的甲醇萃取物，尤其在 unripe 時期可較熱風乾燥之樣品多約 15% 的萃取率，推測可能冷凍乾燥對產品的破壞較少，能保持果肉內絕大多數的成分所致；而果實後熟後兩種乾燥方式之間萃取率的差異則變小。

以水萃取樣品所得之物質於發酵初期，除 unripe 時期外，在 2 週內以熱風乾燥處理者較冷凍乾燥處理者為多，最高萃取率可達 49%；至第 4 週後兩者的萃取率相當，約穩定維持在 35% 左右，推測可能因為能溶於水中的醣類成分等減少，使可溶性固形物含量下降，造成萃取率的下降（圖二十六）。此外，冷凍乾燥與熱風乾燥處理所得萃取率的差異，可能因為諾麗果實在發酵前期的某些物質受熱破壞後的水溶性上升，故在發酵前期熱風乾燥處理者的水萃物萃取率較高，但這些物質隨著發酵時間的延長而減少，故兩者的差異也減少，有待進一步研究。

### 二、總酚含量

冷凍乾燥諾麗果肉粉末的甲醇萃取物總酚含量較熱風乾燥者高（圖二十七），unripe 時含量最高，每克粉末約相當於 10.9mg gallic acid，但後熟後的乾燥果肉粉末內含量即大幅下降至 8.4mg/g GA equivalent，之後則隨發酵時間的延長而緩慢下降，至發酵後期每公克粉末總酚含量下降至 6.0mg/g GA equivalent。熱風乾燥之諾麗果肉粉末甲醇萃取物的總酚含量從一開始的 6.5mg/g GA equivalent 至發酵後期

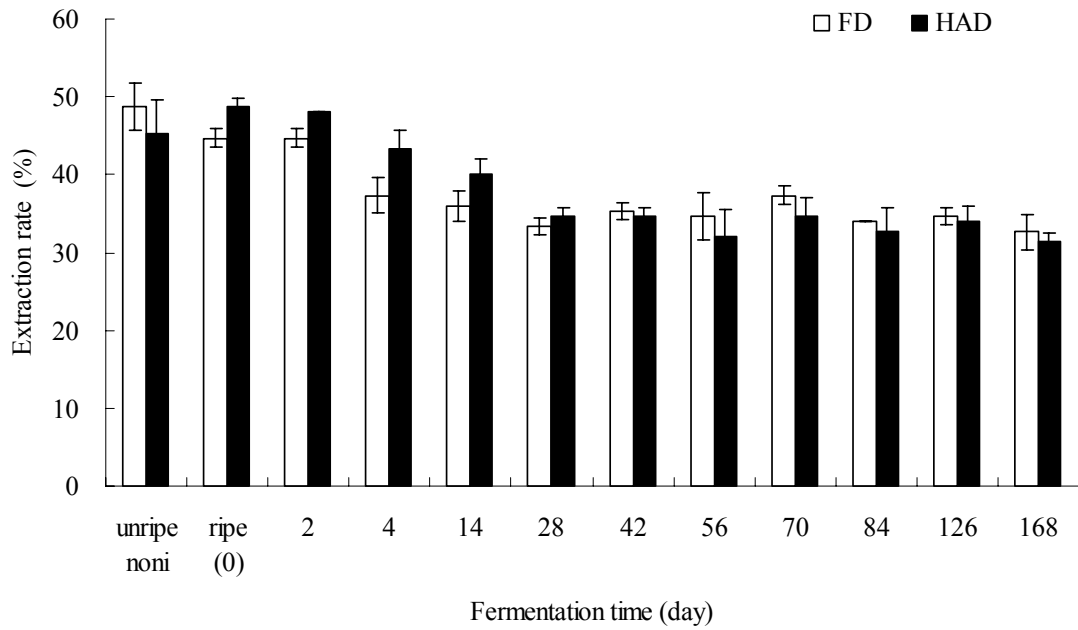




圖二十五、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之甲醇萃取物收率

Fig. 25. Extraction rates of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.

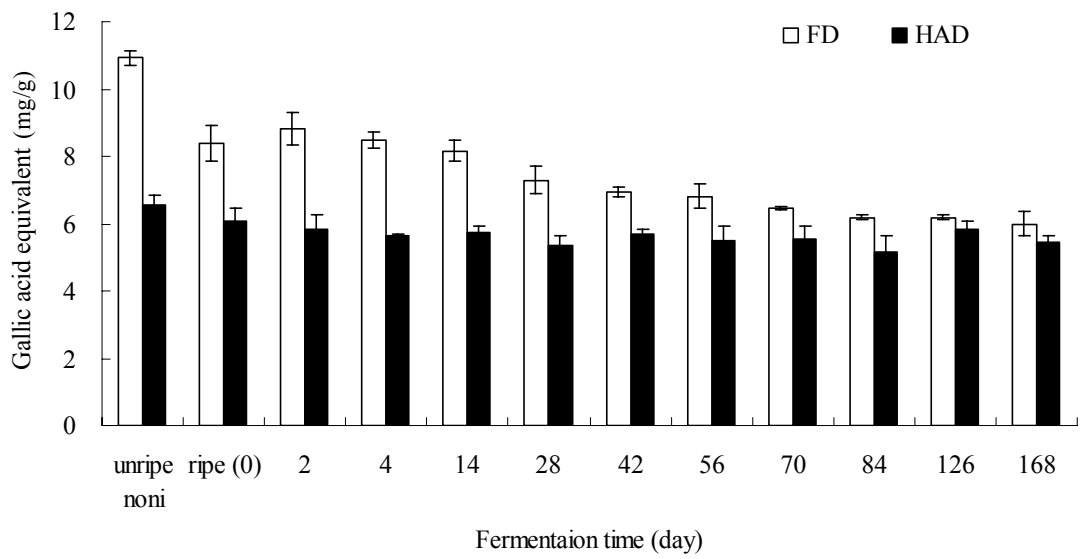




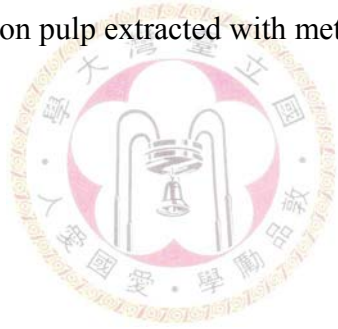
圖二十六、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之水萃物收率

Fig. 26. Extraction rates of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with H<sub>2</sub>O.





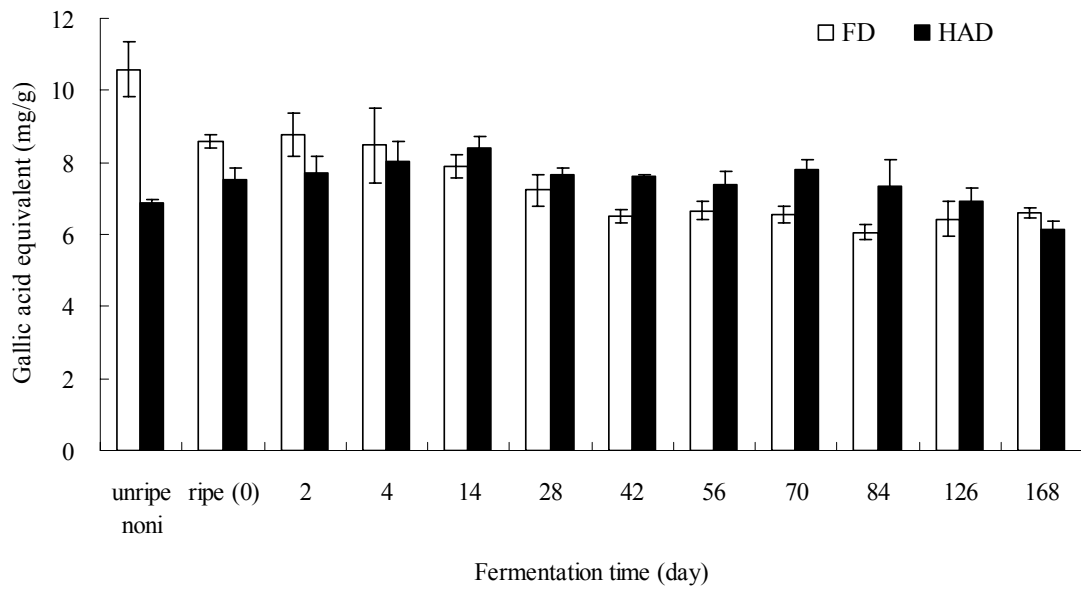
圖二十七、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得總酚含量變化  
 Fig. 27. Changes of total phenolic compounds of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.



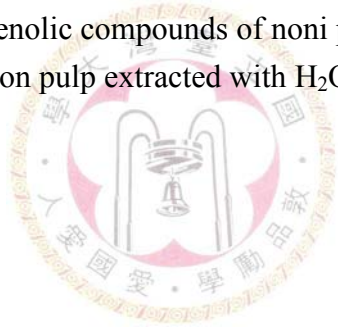
24 週時的 5.5mg/g GA equivalent，雖然仍隨發酵時間之延長緩慢下降，但幾乎呈一個穩定狀態，差異不大。此外，由圖中可發現，冷凍乾燥與熱風乾燥諾麗果肉粉末甲醇萃取物的總酚含量變化，隨發酵時間延長而兩者差異逐漸縮小，至第 18 週開始兩者的差異已不明顯，顯示諾麗果肉中所含可溶於甲醇中之酚類物質，可能有部分是易受熱破壞者，故冷凍乾燥者具有較高之總酚含量，但隨著發酵時間的延長，這些易受熱破壞的酚類物質也相對較不穩定而逐漸被破壞，相較之下，經過熱處理後仍然未受破壞的酚類物質則相對穩定，不受發酵時間延長而被破壞，使冷凍乾燥與熱風乾燥所得諾麗果果肉甲醇萃取物的總酚含量差異隨發酵時間延長而拉近。

諾麗果肉粉末水萃物的部份，冷凍乾燥之樣品在發酵初期的總酚含量較熱風乾燥之樣品為高。Unripe 之樣品每克粉末可萃出相當 10.6mg 之沒食子酸，果實後熟後隨即下降至 8.6mg/g GA equivalent，之後隨發酵時間延長總酚含量緩慢下降至 24 週時之 6.6mg/g GA equivalent 與冷凍乾燥甲醇萃取物之結果相近 (圖二十八)。熱風乾燥果肉水萃取的部分 unripe 時也較冷凍乾燥者低很多，約只有 6.9mg/g GA equivalent，但較熱風乾燥甲醇萃取者稍高，且熱風乾燥果肉粉末水萃物的總酚含量隨著發酵時間延長而上升，至第 2 週時達到最大值 8.4mg/g GA equivalent，之後則隨時間開始緩慢下降至 24 週時約為 6.1mg/g GA equivalent。

整體來說，諾麗果果肉中所含酚類化合物，能溶於水中者較能溶於甲醇者多。隨著發酵時間延長，果肉內能產生較多耐熱處理的水溶性酚類化合物，但這些酚類化合物還是會隨發酵時間延長而緩慢減少。



圖二十八、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得總酚含量變化  
 Fig. 28. Changes of total phenolic compounds of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with H<sub>2</sub>O.



### 三、類黃酮含量

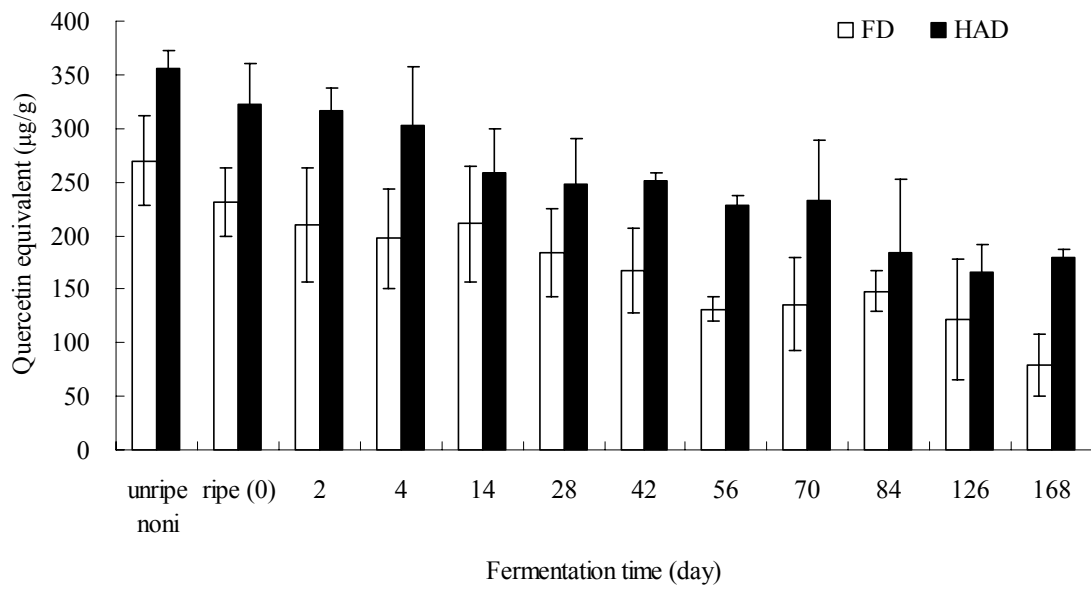
諾麗果肉粉末甲醇萃取的實驗，因甲醇萃取物中含有某些未知化合物，在加入硝酸鋁和醋酸鉀時，會與甲醇萃取溶液分別產生沉澱物，造成溶液混濁而影響吸光值判讀，故諾麗果肉甲醇萃取的類黃酮含量無法測定。

諾麗果肉水萃物所含類黃酮含量，熱風乾燥之樣品明顯較冷凍乾燥之樣品為多，兩者皆隨發酵時間延長而下降。熱風乾燥之樣品由 unripe 時相當於每克粉末中含有 356 $\mu$ g quercetin 下降至 24 週時約 179 $\mu$ g/g quercetin equivalent，冷凍乾燥者則從 unripe 時約 270 $\mu$ g/g 下降至 24 週時約 79 $\mu$ g/g quercetin equivalent (圖二十九)。由此可知，諾麗果肉在經過熱風乾燥處理後會產生較多的類黃酮成分，但這些類黃酮成分皆隨發酵時間的延長而下降。

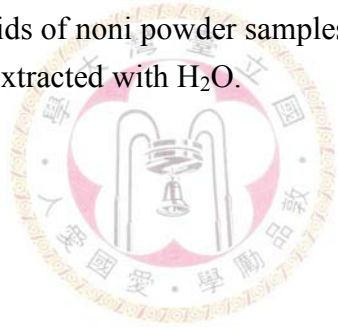
### 四、縮合單寧含量

諾麗果肉粉末以甲醇萃取所得縮合單寧含量如圖三十所示。冷凍乾燥之樣品在發酵初期 2 週內的含量差異不大，約介於 1.00-1.15mg/g catechin equivalent 之間，之後隨發酵時間的延長而下降至 0.70mg/g catechin equivalent 左右，至發酵後期 24 週時則急速下降至 0.53mg/g catechin equivalent。熱風乾燥之樣品則從 unripe 時的 1.10mg/g 上升至發酵第 2 天的最大值 1.43mg/g，之後下降至第 4 週的 0.70mg/g catechin equivalent 左右，隨時間延長呈現穩定的狀態，至 24 週後又在下降至 0.60 catechin equivalent 左右。整體來說，熱風乾燥果肉的甲醇萃取物所含縮合單寧含量變化較大，但不論冷凍乾燥或熱風乾燥之樣品皆在約第 2 週之後呈現穩定的狀態，兩者之間的差異不大。

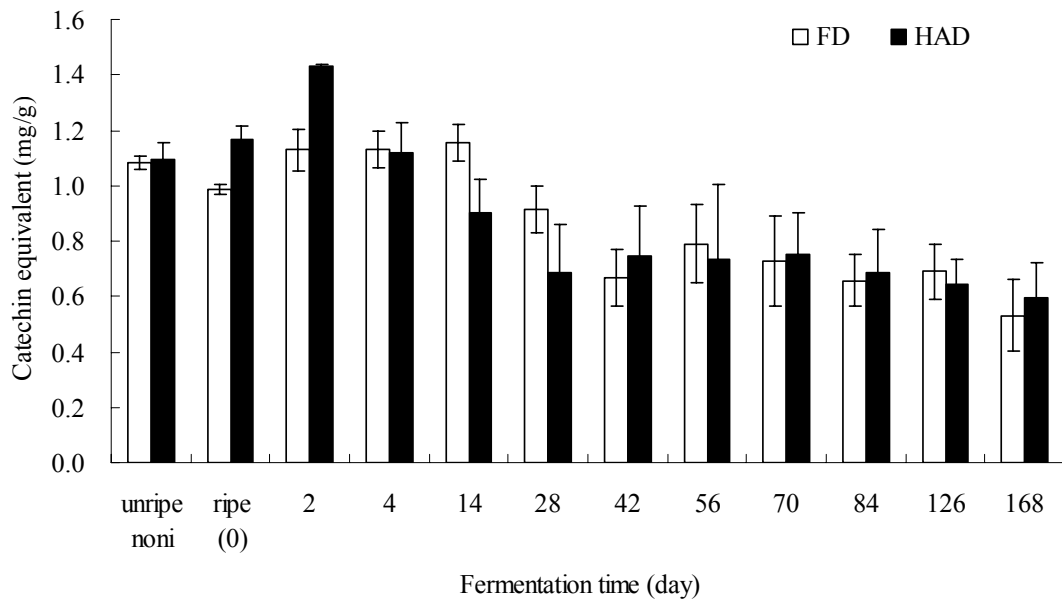
諾麗果肉粉末以水萃取所得縮合單寧含量如圖三十一所示，冷凍乾燥之樣品在 unripe 時約為 1.3mg/g catechin equivalent，後熟後上升至 1.6mg/g catechin equivalent，之後下降至第 6 週後穩定維持在 1.0mg/g catechin equivalent 左右。熱風乾燥之樣品在 unripe 時較冷凍乾燥之樣品為低，約為 1.0mg/g catechin



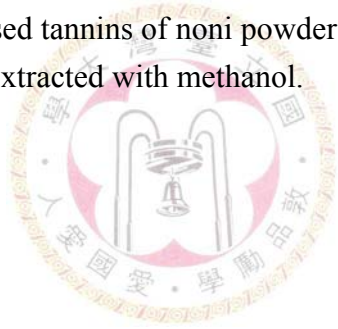
圖二十九、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得類黃酮含量變化  
 Fig. 29. Changes of flavonoids of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with H<sub>2</sub>O.

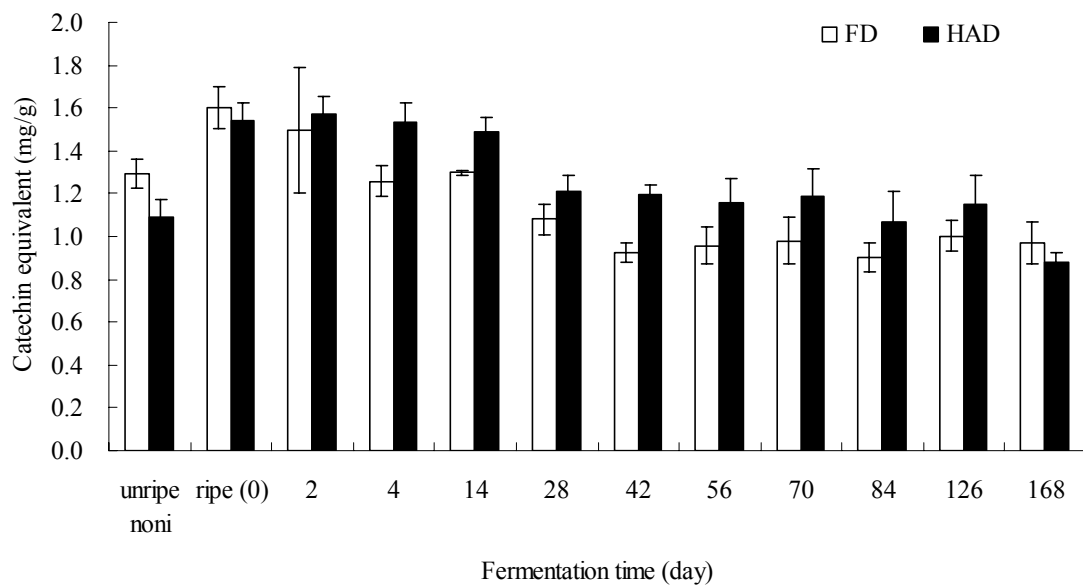






圖三十、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得縮合單寧含量變化  
 Fig. 30. Changes of condensed tannins of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.





圖三十一、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末水萃取所得縮合單寧含量變化  
 Fig. 31. Changes of condensed tannins of noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with H<sub>2</sub>O.



equivalent，之後在發酵 0-14 天穩定維持在 1.55 mg/g catechin equivalent，4-18 週穩定維持在 1.05-1.20mg/g catechin equivalent 之間，發酵 24 週再下降至 0.88mg/g catechin equivalent 左右。整體來說，熱風乾燥之樣品的水萃物較冷凍乾燥之樣品含有較多的縮合單寧，且穩定性也較高。

比較諾麗果肉粉末甲醇萃取與水萃取之縮合單寧含量，發現兩者含量變化趨勢相近，發酵第 4 週前含量較高，第四週後含量較低但穩定維持，至 24 週時才又下降。整體來說諾麗果肉中所含縮合單寧以溶於水溶液者較溶於甲醇者為多，且受發酵時間變化的影響較小。

#### 第五節 不同發酵時間對諾麗果汁所含主要機能性化合物含量之影響

本實驗機能性化合物成分分析以高效能液相層析儀 (high performance liquid chromatography, HPLC) 進行，由於諾麗果原汁內容物豐富，在進行 HPLC 分析時，若沒有經過萃取的步驟，直接將果汁注入分離管柱中，很容易污染管柱，使得管柱的分離效果變差、波峰對稱性變差，或者是波峰容易有拖尾的現象，並且大幅減短管柱的使用壽命，所以在進行原汁的 HPLC 分析時，需要先經過萃取的步驟。本實驗果汁部分以固液相萃取 (solid phase extraction, SPE) 進行樣品的淨化，所得萃取回收率為：

Rutin : 86.90%

Scopoletin : 83.52%

Quercetin : 55.98%

此外，由於天然物中所含成分複雜，在進行 HPLC 分析時，若只以滯留時間作為化合物定性的標準，則容易有結構較相似之物質在相同時間點出現，造成化合物定性定量上的誤判，故本實驗除了以滯留時間作為化合物定性標準外，另外以 photodiode array detector 對樣品層析圖譜進行波長 220-360nm 的光譜掃描，藉由不同化合物在不同波長下具有不同吸光強度的原理，比對標準品化合物 peak 與樣

品中相同滯留時間所得 peak 的全波段 (220-360nm) 圖譜，作為輔助定性的工具，增加化合物定性的可信度。

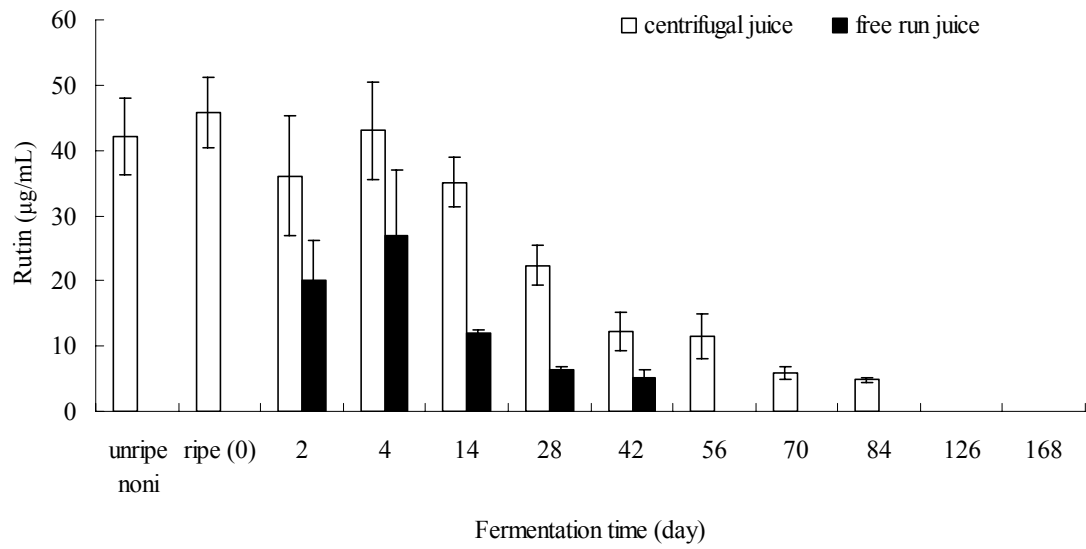
實驗過程中，以 HPLC 條件一分析三種標準品 rutin、scopoletin 及 quercetin 所得滯留時間分別為 4.4、7.0 及 10.2min (附錄三)，實際樣品以上述兩種定性方法進行分析時，發現在發酵中期 (第 14 天) 開始，rutin 滯留時間下的全波段 (PDA 220-360 nm) 圖譜與標準品的全波段圖譜有差異，推測可能是在發酵中期開始有其他未知物產生，且此未知物的滯留時間與 rutin 正好相同所造成，故本實驗另外以第三章中所提及的 HPLC 分析條件二單獨對 rutin 化合物進行分析，所得 rutin 標準品的滯留時間為 8.2min (附錄四)。

#### 一、Rutin

諾麗果離心汁所含 rutin 含量較自流汁多，如圖三十二所示。離心汁於 unripe 時期所含 rutin 約為 42 $\mu$ g/mL，發酵初期 2 週內的含量較高，維持在 35 $\mu$ g/mL 以上，之後隨發酵時間延長而下降，至第 18 週時含量低至 HPLC 檢測極限以下；自流汁之 rutin 含量則在發酵第 4 天時達到最大值 26.8 $\mu$ g/mL，隨後下降至第 6 週時即低於檢測極限。整體來說，離心汁和自流汁所含之 rutin 含量在 unripe 至發酵 4 天之間標準誤差值較大，可見 rutin 含量的多寡受個體差異影響較大，但隨發酵時間的增加，樣品三重覆所得標準誤差會縮小。

#### 二、Scopoletin

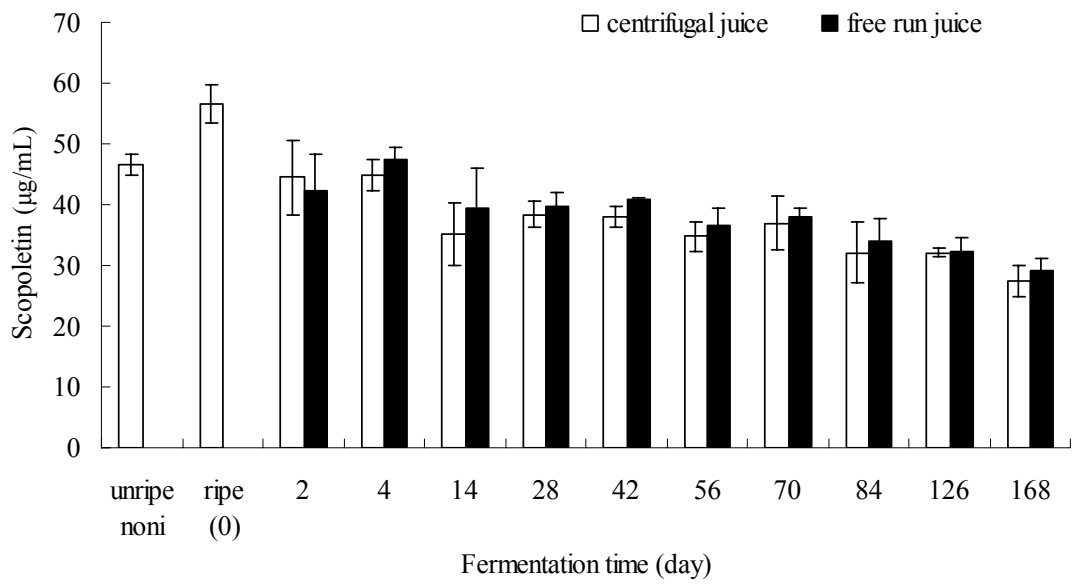
諾麗果離心汁中所含 scopoletin 含量在 unripe 時約為 46.5 $\mu$ g/mL，果實後熟後含量會增至 56.5 $\mu$ g/mL 左右，發酵第 2 天則急速下降至與 unripe 相當含量，之後隨發酵時間的延長而緩慢下降至 24 週時約為 27.5 $\mu$ g/mL；自流汁內 scopoletin 之含量與離心汁差異不大，於發酵第 4 天時達到最大值 47.3 $\mu$ g/mL 左右 (圖三十三)。



圖三十二、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 rutin 含量的變化

Fig. 32. Changes of rutin in centrifugal juices and free run juices during fermentation.





圖三十三、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 scopoletin 含量的變化  
 Fig. 33. Changes of scopoletin in centrifugal juices and free run juices during fermentation.



整體來說，諾麗果汁中所含 scopoletin 之含量於發酵第 2-10 週的含量差異不大，於第 6 週時稍高，皆為 35 $\mu\text{g}/\text{mL}$  左右，至 12 週開始才會有較明顯的下降，所得趨勢與 Yang (2007) 的結果相近，但含量約為 Yang 所得結果的 1/5；與 Chan-Blanco 等人 (2007) 所得結果相較，則含量約高出 4 倍左右，但變化趨勢則大相逕庭，顯示諾麗果果汁中所含 scopoletin 含量可能隨品種及栽種地區不同而有所差異。

### 三、Quercetin

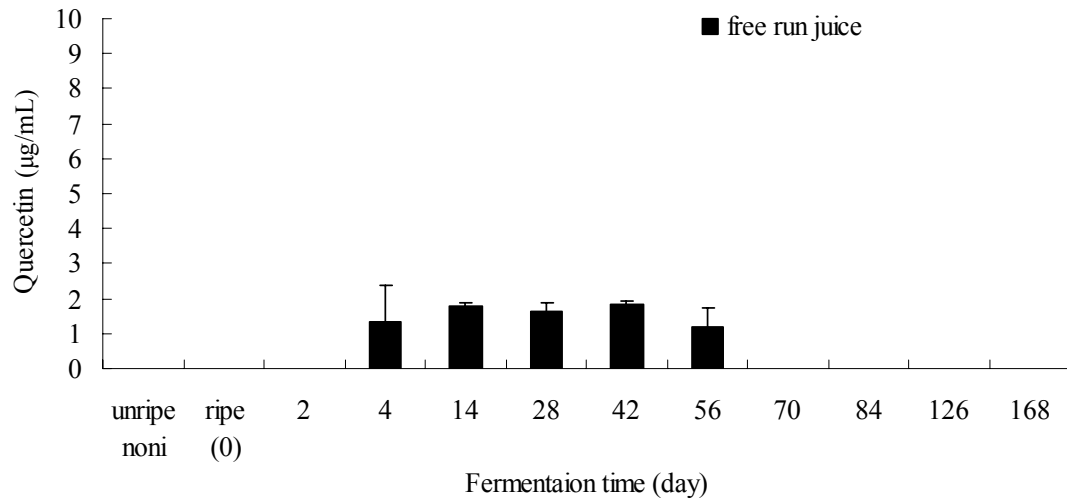
諾麗果離心汁中 quercetin 含量低於檢測極限，而自流汁中 quercetin 只在發酵 4 天至 8 週具有微量存在，接近 HPLC 的檢測極限，最大值為第 6 週的 1.84 $\mu\text{g}/\text{mL}$  (圖三十四)，可能在發酵過程中生成的 quercetin 又隨發酵時間的延長而降解或聚合成其他分子所造成。

## 第六節 不同發酵時間對諾麗乾燥果肉粉末所含主要機能性成分含量之影響

以 HPLC 分析諾麗果肉粉末的水萃取作為預試驗，發現本實驗所探討的三種機能性化合物在諾麗果肉粉末的水萃物中含量極微，皆低於檢測極限，可能由於此三種化合物 rutin、scopoletin、quercetin 的水溶性皆不佳，不易以水萃出所致，故本實驗僅分析甲醇萃取液之樣品。

### 一、Rutin

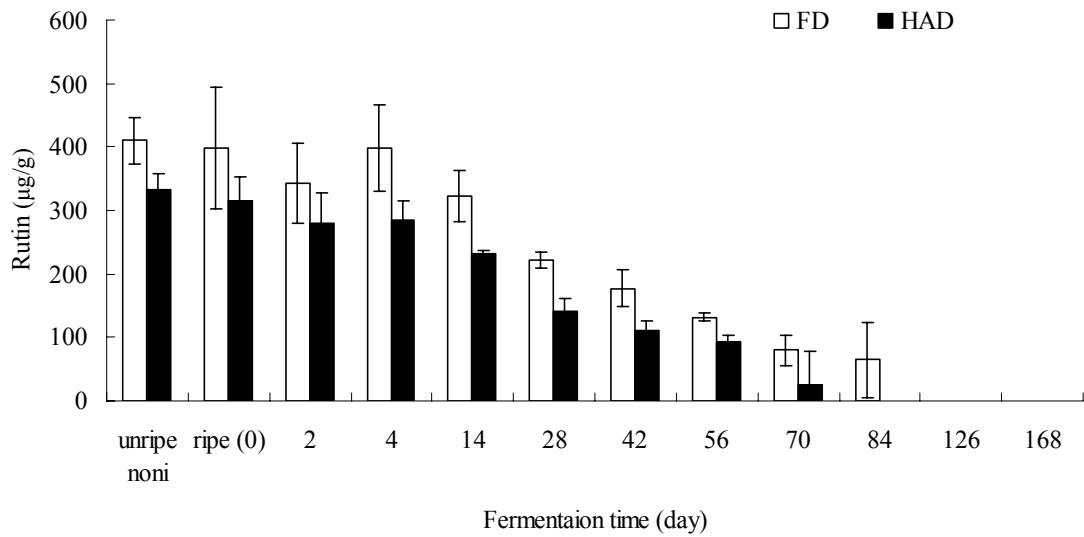
不同發酵時間諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 rutin 含量變化如圖三十五所示。冷凍乾燥樣品所含 rutin 之含量在 unripe 時約為 440 $\mu\text{g}/\text{g}$ ，果實後熟後差異不大，至發酵第 2 天則大幅下降至 340 $\mu\text{g}/\text{g}$  左右，隨後又有些微上升，可能是諾麗果本身個體間的差異造成，因此實驗三重覆的標準誤差較大，第 2 週開始 rutin 含量隨發酵時間的延長而下降，至第 12 週後低於檢測極限。整體來說，熱風乾燥樣品所含 rutin 之含量明顯較冷凍乾燥樣品低，從 unripe 時候約 330 $\mu\text{g}/\text{g}$  隨發酵時間延長而下降至



圖三十四、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁中 quercetin 含量的變化  
 Fig. 34. Changes of quercetin in centrifugal juices and free run juices during fermentation.







圖三十五、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 rutin 含量的變化  
 Fig. 35. Changes of rutin in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.



第 10 週的 26 $\mu\text{g/g}$ ，之後低於檢測極限，推測可能由於 rutin 易受熱破壞，故所得量較冷凍乾燥為低。

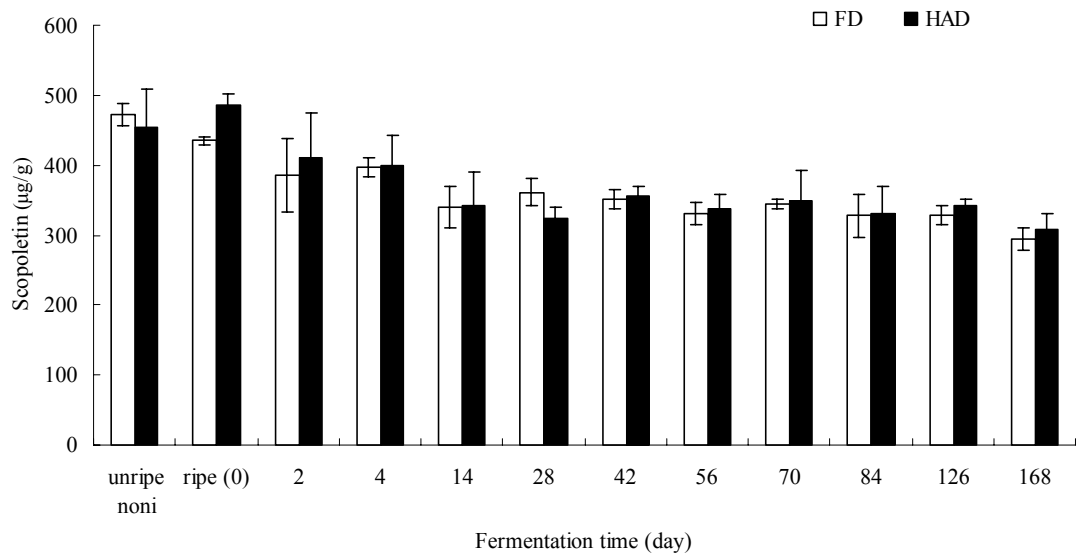
## 二、Scopoletin

Scopoletin 在不同發酵時間下諾麗果肉粉末中的含量如圖三十六所示。冷凍乾燥樣品所含 scopoletin 之含量由 unripe 時候的 473 $\mu\text{g/g}$  隨發酵時間下降，主要在 2 週前的下降速度較快，之後則緩慢下降至 24 週時約為 295 $\mu\text{g/g}$ 。熱風乾燥樣品與冷凍乾燥樣品間的差異不大，顯示 scopoletin 較不易受熱影響而改變，但隨發酵時間的延長可能因降解成其他小分子化合物，使得 scopoletin 含量緩慢下降，與楊 (2005) 所得結果相近。

## 三、Quercetin

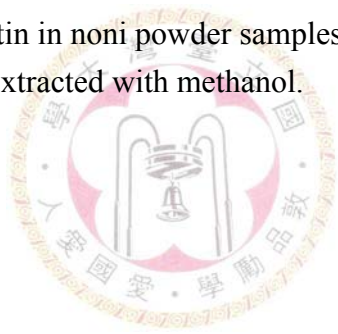
在不同發酵時間下諾麗果肉粉末所含 quercetin 的含量如圖三十七所示。Quercetin 的含量在 unripe 時最低，冷凍乾燥樣品為 9.4 $\mu\text{g/g}$ ，熱風乾燥樣品為 26.2 $\mu\text{g/g}$ ，quercetin 在兩種樣品中皆會隨發酵時間延長而上升，至發酵 6 週時達到最大值，冷凍乾燥樣品為 204 $\mu\text{g/g}$ ，熱風乾燥樣品為 181 $\mu\text{g/g}$ ，之後緩慢的下降後又再上升，在發酵 4 天內，熱風乾燥樣品的 quercetin 含量較冷凍乾燥處理者高，但在發酵第 2 週開始則轉變為冷凍乾燥樣品含量較高，推測可能因發酵初期熱處理易使果肉內 quercetin 衍生物轉變為 quercetin，使得熱風乾燥樣品的含量較高，而至發酵中期（第 2 週後）開始，因為果肉內 quercetin 衍生物多已轉變為 quercetin，加熱處理反而使 quercetin 產生降解或與其他分子聚合，使得熱風乾燥樣品的 quercetin 含量較冷凍乾燥樣品少。

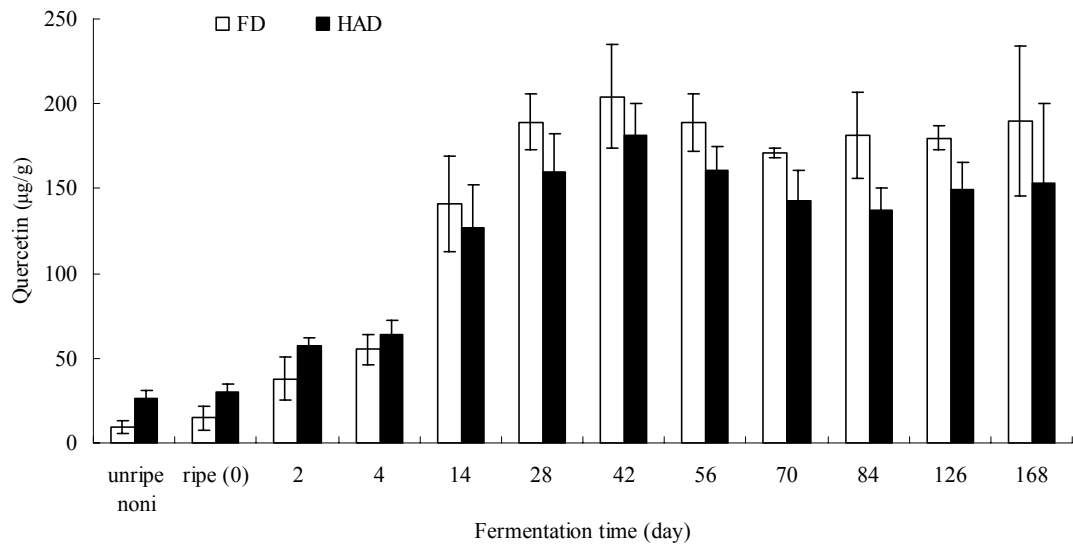
此外，rutin 結構為 quercetin 的糖苷化合物，比較 rutin 與 quercetin 含量的變化（圖三十五、圖三十七），可發現隨著發酵時間延長，rutin 含量逐漸下降，而 quercetin 含量逐漸上升，推測 rutin 的降解可能也是 quercetin 含量上升的主要因子



圖三十六、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 scopoletin 含量的變化

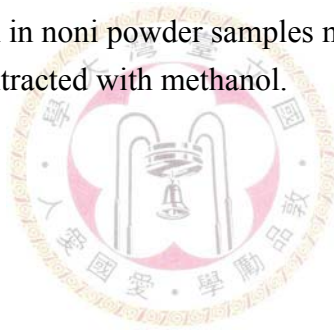
Fig. 36. Changes of scopoletin in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.





圖三十七、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所得 quercetin 含量的變化

Fig. 37. Changes of quercetin in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.



之一。

## 第七節 諾麗果汁的最佳發酵時間

諾麗果汁在發酵期間酚類化合物含量的變化，整體來說，除了果汁中縮合單寧含量、乾燥果肉粉末甲醇萃取所得 quercetin 含量外，實驗結果顯示，其他成分大多呈現隨時間延長而下降的趨勢，但果汁的總榨汁率卻隨時間延長而上升，因此，推估諾麗果的最佳發酵時間，需同時考慮榨汁率與酚類物質含量的變化，希望在適當的榨汁率下能得到最多的酚類化合物量。本實驗以統計方法對發酵期間諾麗果酚類化合物的變化進行分析，嘗試找出在較長發酵時間下與發酵生成最多酚類物質含量的時間點，以作為判斷最佳發酵利用時間點之依據。以下分為諾麗果汁（離心汁+自流汁）和諾麗果肉粉末兩部分進行討論。

### 一、諾麗果汁加工之最佳發酵時間

#### （一）酚類化合物

諾麗果汁發酵期間所含酚類化合物的統計分析如表七所示。在總酚含量部分，諾麗離心汁在發酵第 4 天與發酵第 10 週之間沒有顯著差異，自流汁也有類似結果；離心汁之類黃酮含量部分，發酵第 2 天與發酵 6 週之間沒有顯著差異，自流汁則在發酵第 2 天至第 4 週之間沒有顯著差異；縮合單寧部分，諾麗果在發酵第 2 週時達到最大量，於其他時期有顯著差異，其相鄰時間點發酵第 4 天及發酵第 4 至 10 週則沒有顯著差異。因此，考量諾麗果汁含有最多酚類化合物含量之情況下，以發酵 2-6 週為較佳之發酵時間。

#### （二）機能性化合物

三種機能性化合物 rutin、scopoletin 及 quercetin 的統計分析如表八所示。諾麗離心汁所含 rutin 的含量在發酵 2 週內沒有顯著差異，之後急遽下降，在發酵中期第 6 至 12 週也無顯著性差異，自流汁部分也是呈現急遽變化，在發酵第 2 至 4 週

表七、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含酚類化合物成分的統計分析

Table 7. Statistic analyses of phenolic compound contents in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.

Fermentation time (day)	Total phenolic compounds (mg/mL)		Flavonoids ( $\mu\text{g/mL}$ )		Condensed tannins (mg/mL)	
	Centrifugal juice	Free run juice	Centrifugal juice	Free run juice	Centrifugal juice	Free run juice
unripe	1.61 $\pm$ 0.19 <sup>a</sup>	--	37.49 $\pm$ 6.37 <sup>a</sup>	--	--	--
ripe (0)	1.32 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	--	20.39 $\pm$ 4.59 <sup>b</sup>	--	0.14 $\pm$ 0.00 <sup>cd</sup>	--
2	1.39 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	1.54 $\pm$ 0.17 <sup>a</sup>	13.01 $\pm$ 3.38 <sup>c</sup>	11.40 $\pm$ 3.50 <sup>ab</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>cd</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 <sup>cd</sup>
4	1.16 $\pm$ 0.11 <sup>c</sup>	1.28 $\pm$ 0.10 <sup>b</sup>	13.12 $\pm$ 3.31 <sup>c</sup>	13.41 $\pm$ 3.73 <sup>a</sup>	0.16 $\pm$ 0.01 <sup>bc</sup>	0.19 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>
14	1.18 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	1.26 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	13.01 $\pm$ 1.13 <sup>c</sup>	12.47 $\pm$ 1.34 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.23 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
28	1.12 $\pm$ 0.03 <sup>cd</sup>	1.17 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup>	7.81 $\pm$ 2.27 <sup>cd</sup>	9.71 $\pm$ 1.40 <sup>abc</sup>	0.18 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	0.19 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup>
42	1.14 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	1.12 $\pm$ 0.10 <sup>cd</sup>	8.39 $\pm$ 2.39 <sup>cd</sup>	7.56 $\pm$ 2.92 <sup>bc</sup>	0.18 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 <sup>bcd</sup>
56	1.09 $\pm$ 0.05 <sup>cde</sup>	1.08 $\pm$ 0.08 <sup>cde</sup>	5.52 $\pm$ 1.24 <sup>d</sup>	7.92 $\pm$ 2.74 <sup>bc</sup>	0.15 $\pm$ 0.01 <sup>bcd</sup>	0.15 $\pm$ 0.02 <sup>de</sup>
70	1.08 $\pm$ 0.06 <sup>cde</sup>	1.08 $\pm$ 0.02 <sup>cde</sup>	5.91 $\pm$ 0.11 <sup>d</sup>	6.16 $\pm$ 1.29 <sup>c</sup>	0.16 $\pm$ 0.00 <sup>bc</sup>	0.14 $\pm$ 0.02 <sup>ef</sup>
84	0.96 $\pm$ 0.05 <sup>ef</sup>	0.98 $\pm$ 0.04 <sup>e</sup>	5.09 $\pm$ 0.81 <sup>d</sup>	6.31 $\pm$ 2.46 <sup>c</sup>	0.13 $\pm$ 0.02 <sup>d</sup>	0.13 $\pm$ 0.01 <sup>f</sup>
126	0.99 $\pm$ 0.04 <sup>def</sup>	0.99 $\pm$ 0.03 <sup>de</sup>	5.99 $\pm$ 1.18 <sup>d</sup>	6.77 $\pm$ 0.47 <sup>c</sup>	0.14 $\pm$ 0.02 <sup>cd</sup>	0.14 $\pm$ 0.01 <sup>f</sup>
168	0.94 $\pm$ 0.03 <sup>f</sup>	0.99 $\pm$ 0.03 <sup>e</sup>	5.81 $\pm$ 0.81 <sup>d</sup>	7.24 $\pm$ 0.66 <sup>c</sup>	0.16 $\pm$ 0.02 <sup>bc</sup>	0.17 $\pm$ 0.01 <sup>bcd</sup>

--: Means no data.

Different superscripts on the values are significantly different at  $p < 0.05$  analyzed by Duncan's multiple range test.

Values are means $\pm$ SD of three replicate analysis (n=3).

表八、不同發酵時間諾麗果離心汁與自流汁所含三種機能性化合物的統計分析

Table 8. Statistic analyses of three functional compounds in noni centrifugal juices and free run juices during fermentation.

Fermentation time (day)	Rutin ( $\mu\text{g/mL}$ )		Scopoletin ( $\mu\text{g/mL}$ )		Quercetin ( $\mu\text{g/mL}$ )	
	Centrifugal juice	Free run juice	Centrifugal juice	Free run juice	Centrifugal juice	Free run juice
unripe	42.16 $\pm$ 5.85 <sup>ab</sup>	--	46.53 $\pm$ 1.73 <sup>b</sup>	--	--	--
ripe (0)	45.87 $\pm$ 5.39 <sup>a</sup>	--	56.66 $\pm$ 3.19 <sup>a</sup>	--	--	--
2	36.12 $\pm$ 9.15 <sup>b</sup>	20.13 $\pm$ 6.02 <sup>b</sup>	44.53 $\pm$ 6.13 <sup>b</sup>	42.15 $\pm$ 6.23 <sup>ab</sup>	tr	tr
4	42.98 $\pm$ 7.56 <sup>ab</sup>	26.83 $\pm$ 10.07 <sup>a</sup>	47.38 $\pm$ 2.06 <sup>b</sup>	47.38 $\pm$ 2.06 <sup>a</sup>	tr	1.34 $\pm$ 1.04 <sup>ab</sup>
14	35.10 $\pm$ 3.74 <sup>b</sup>	12.07 $\pm$ 0.42 <sup>c</sup>	35.15 $\pm$ 5.05 <sup>c</sup>	39.40 $\pm$ 6.62 <sup>bc</sup>	tr	1.81 $\pm$ 0.08 <sup>ab</sup>
28	22.37 $\pm$ 3.03 <sup>c</sup>	6.42 $\pm$ 0.37 <sup>cd</sup>	38.39 $\pm$ 2.08 <sup>c</sup>	39.68 $\pm$ 2.30 <sup>bc</sup>	tr	1.64 $\pm$ 0.24 <sup>ab</sup>
42	12.24 $\pm$ 2.91 <sup>d</sup>	5.07 $\pm$ 1.37 <sup>d</sup>	37.96 $\pm$ 1.81 <sup>c</sup>	40.74 $\pm$ 0.54 <sup>b</sup>	tr	1.84 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>
56	11.58 $\pm$ 3.40 <sup>d</sup>	tr	34.74 $\pm$ 2.43 <sup>c</sup>	36.60 $\pm$ 2.92 <sup>bcd</sup>	tr	1.18 $\pm$ 0.53 <sup>b</sup>
70	5.91 $\pm$ 1.06 <sup>de</sup>	tr	36.95 $\pm$ 4.40 <sup>c</sup>	37.89 $\pm$ 1.50 <sup>bcd</sup>	tr	tr
84	4.83 $\pm$ 0.41 <sup>de</sup>	tr	32.08 $\pm$ 4.95 <sup>cd</sup>	34.14 $\pm$ 3.70 <sup>cde</sup>	tr	tr
126	tr	tr	32.07 $\pm$ 0.78 <sup>cd</sup>	32.25 $\pm$ 2.38 <sup>de</sup>	tr	tr
168	tr	tr	27.48 $\pm$ 2.64 <sup>d</sup>	29.26 $\pm$ 1.87 <sup>e</sup>	tr	tr

--: Means no data.

tr: Means trace concentration.

Different superscripts on the values are significantly different at  $p < 0.05$  analyzed by Duncan's multiple range test.

Values are means $\pm$ SD of three replicate analysis (n=3).



無顯著差異；而離心汁與自流汁所含 scopoletin 皆在發酵第 2 至 10 週內沒有顯著差異；quercetin 的部分，由於含量較少，只有自流汁中有些許含量，在第 4 天至發酵 6 週內含量無顯著差異。因此，考量諾麗果汁含有最高之機能性化合物情況下，以發酵第 4 天至 4 週為最佳。

## 二、諾麗果肉粉末加工之最佳發酵時間

### (一) 酚類化合物

諾麗果實發酵期間取樣之果肉乾燥粉末之甲醇萃取液所含酚類化合物成分的統計分析如表九所示。總酚類含量部分，冷凍乾燥樣品呈階段性變化，後熟後至發酵 2 週內無顯著差異，發酵 4-8 週間也無顯著差異；熱風乾燥樣品則在發酵 2 天至 10 週內及第 18 及 24 週無顯著差異。縮合單寧含量部分，冷凍乾燥樣品也呈階段性變化，大致上於發酵後期第 6 至 18 週含量較低時無顯著差異；熱風乾燥樣品於第 2-18 週期間無顯著差異。因此，果肉粉末甲醇萃取液的利用上以未後熟至發酵 4 週內為佳。

諾麗果實在發酵期間取樣之果肉乾燥粉末之水草物所含酚類化合物如表十所示。冷凍乾燥樣品之總酚含量，於後熟後至發酵 2 週內無顯著差異，另一階段發酵 4 週至 10 週及第 18、24 週也無顯著差異；熱風乾燥樣品在第 2 週達到最大值，其餘鄰近發酵時間在果實後熟後至發酵 12 週內皆無顯著差異。類黃酮含量部分，冷凍乾燥及熱風乾燥樣品在果實後熟後至發酵 6 週內成分含量較高且無顯著差異；縮合單寧部分，冷凍乾燥樣品在發酵第 0-2 天量較大，與鄰近發酵時間點發酵 2 週內具有顯著差異，發酵 2 週後含量較低，至發酵 24 週皆無顯著差異；熱風乾燥樣品則以發酵 4 週為分界，發酵 4 週前後具有顯著差異。因此，果肉粉末水草取部分，以發酵 2-4 週為較佳的發酵時間。

表九、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之甲醇萃取液所含酚類化合物成分之統計分析

Table 9. Statistic analyses of phenolic compound contents in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.

Fermentation time (day)	Total phenolic compounds (mg/g)		Condensed tannins (mg/g)	
	FD	HAD	FD	HAD
unripe	10.93±0.22 <sup>a</sup>	6.54±0.31 <sup>a</sup>	1.08±0.02 <sup>ab</sup>	1.09±0.06 <sup>bc</sup>
ripe (0)	8.39±0.52 <sup>bc</sup>	6.05±0.39 <sup>ab</sup>	0.99±0.02 <sup>ab</sup>	1.16±0.05 <sup>b</sup>
2	8.83±0.48 <sup>b</sup>	5.85±0.42 <sup>bc</sup>	1.13±0.08 <sup>a</sup>	1.43±0.01 <sup>a</sup>
4	8.49±0.24 <sup>bc</sup>	5.63±0.07 <sup>bcd</sup>	1.13±0.07 <sup>a</sup>	1.12±0.11 <sup>bc</sup>
14	8.17±0.33 <sup>c</sup>	5.73±0.18 <sup>bcd</sup>	1.15±0.07 <sup>a</sup>	0.90±0.12 <sup>cd</sup>
28	7.29±0.42 <sup>d</sup>	5.37±0.27 <sup>cd</sup>	0.91±0.09 <sup>bc</sup>	0.68±0.18 <sup>de</sup>
42	6.93±0.15 <sup>de</sup>	5.69±0.15 <sup>bcd</sup>	0.67±0.10 <sup>de</sup>	0.75±0.18 <sup>de</sup>
56	6.82±0.36 <sup>de</sup>	5.52±0.40 <sup>bcd</sup>	0.79±0.14 <sup>cd</sup>	0.73±0.27 <sup>de</sup>
70	6.44±0.05 <sup>ef</sup>	5.55±0.37 <sup>bcd</sup>	0.73±0.16 <sup>d</sup>	0.75±0.15 <sup>de</sup>
84	6.19±0.07 <sup>f</sup>	5.16±0.48 <sup>d</sup>	0.66±0.09 <sup>de</sup>	0.69±0.16 <sup>de</sup>
126	6.19±0.08 <sup>f</sup>	5.83±0.22 <sup>bc</sup>	0.69±0.10 <sup>de</sup>	0.64±0.09 <sup>de</sup>
168	6.00±0.31 <sup>f</sup>	5.47±0.19 <sup>bcd</sup>	0.53±0.13 <sup>e</sup>	0.60±0.12 <sup>e</sup>

Different superscripts on the values are significantly different at  $p < 0.05$  analyzed by Duncan's multiple range test.

Values are means±SD of three replicate analysis (n=3).

表十、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末之水萃取液所含酚類化合物成分之統計分析

Table 10. Statistic analyses of phenolic compound contents in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with H<sub>2</sub>O.

Fermentation time (day)	Total phenolic compounds (mg/g)		Flavonoids (µg/g)		Condensed tannins (mg/g)	
	FD	HAD	FD	HAD	FD	HAD
unripe	10.58±0.76 <sup>a</sup>	6.86±0.10 <sup>d</sup>	269.59±42.15 <sup>a</sup>	356.47±15.56 <sup>a</sup>	1.29±0.07 <sup>b</sup>	1.09±0.09 <sup>b</sup>
ripe (0)	8.60±0.19 <sup>b</sup>	7.50±0.34 <sup>bcd</sup>	230.88±31.48 <sup>ab</sup>	321.78±37.94 <sup>ab</sup>	1.60±0.10 <sup>a</sup>	1.54±0.09 <sup>a</sup>
2	8.77±0.58 <sup>b</sup>	7.69±0.50 <sup>b</sup>	210.24±53.19 <sup>abc</sup>	316.04±20.88 <sup>abc</sup>	1.49±0.29 <sup>a</sup>	1.57±0.09 <sup>a</sup>
4	8.48±1.03 <sup>b</sup>	8.04±0.53 <sup>ab</sup>	197.05±45.96 <sup>abcd</sup>	303.14±53.72 <sup>abcd</sup>	1.26±0.07 <sup>bc</sup>	1.53±0.09 <sup>a</sup>
14	7.90±0.34 <sup>bc</sup>	8.42±0.29 <sup>a</sup>	210.81±53.92 <sup>abc</sup>	258.12±41.08 <sup>bcde</sup>	1.30±0.01 <sup>b</sup>	1.49±0.06 <sup>a</sup>
28	7.23±0.44 <sup>cd</sup>	7.66±0.17 <sup>b</sup>	184.14±40.48 <sup>bcd</sup>	247.51±42.94 <sup>cdef</sup>	1.08±0.07 <sup>cd</sup>	1.21±0.08 <sup>b</sup>
42	6.52±0.19 <sup>de</sup>	7.59±0.05 <sup>bc</sup>	167.51±40.02 <sup>bcd</sup>	250.95±7.21 <sup>bcdef</sup>	0.92±0.04 <sup>d</sup>	1.20±0.05 <sup>b</sup>
56	6.67±0.27 <sup>de</sup>	7.37±0.37 <sup>bcd</sup>	131.38±11.46 <sup>de</sup>	227.44±9.92 <sup>efg</sup>	0.96±0.09 <sup>d</sup>	1.16±0.12 <sup>b</sup>
70	6.56±0.24 <sup>de</sup>	7.79±0.28 <sup>ab</sup>	135.68±43.15 <sup>cde</sup>	232.32±57.09 <sup>defg</sup>	0.98±0.11 <sup>d</sup>	1.19±0.13 <sup>b</sup>
84	6.06±0.22 <sup>e</sup>	7.34±0.75 <sup>bcd</sup>	147.73±43.15 <sup>cde</sup>	183.86±68.29 <sup>fg</sup>	0.90±0.07 <sup>d</sup>	1.07±0.14 <sup>b</sup>
126	6.43±0.49 <sup>de</sup>	6.93±0.34 <sup>cd</sup>	121.63±56.60 <sup>de</sup>	165.51±26.33 <sup>g</sup>	1.00±0.07 <sup>d</sup>	1.15±0.14 <sup>b</sup>
168	6.60±0.15 <sup>de</sup>	6.14±0.22 <sup>e</sup>	78.91±29.31 <sup>e</sup>	178.98±8.70 <sup>fg</sup>	0.97±0.10 <sup>d</sup>	0.88±0.05 <sup>c</sup>

Different superscripts on the values are significantly different at  $p < 0.05$  analyzed by Duncan's multiple range test.

Values are means±SD of three replicate analysis (n=3).

## (二) 機能性化合物

果肉粉末甲醇萃取部分的三種機能性化合物統計分析如表十一所示。冷凍乾燥樣品 rutin 含量在發酵 2 週內無顯著差異，隨後大幅下降；熱風乾燥樣品則在發酵 4 天內含量較高，與之後的發酵時間點具有顯著差異。冷凍乾燥樣品所含 scopoletin 含量於第 2 週時含量較低，發酵 2 至 18 週無顯著差異；熱風乾燥樣品與冷凍乾燥樣品情況相似，於發酵 2 週前含量較高，之後無顯著差異。Quercetin 的含量不論冷凍乾燥或熱風乾燥樣品，皆在發酵第 4 週時達到高峰，發酵 4 週後含量變化無顯著差異。因此，果肉粉末甲醇萃取所得三種機能性化合物的含量，以發酵 2-4 週為佳。

## 第八節綜合討論

由以上統計分析結果得知，若考慮發酵期間諾麗果汁榨汁率與酚類化合物的變化，建議諾麗果的發酵時間為 2-4 週為宜，則果汁部分將離心汁與自流汁混合，總榨汁率可達到 45% 以上，並且具有較多酚類化合物含量，同時可以利用諾麗果汁榨汁後之果肉乾燥製成粉末，以增加諾麗果的利用價值。

此外，諾麗果肉粉末內所含酚類化合物的成分約為果汁中的 6-10 倍，機能性化合物 rutin、scopoletin 及 quercetin 則為 10 倍左右，顯示諾麗果肉具有進一步加工利用的價值。而冷凍乾燥與熱風乾燥所得果肉粉末雖然在類黃酮含量及縮合單寧含量上以熱風乾燥含量較高，但整體酚類物質含量則為冷凍乾燥處理者較高，故整體來說諾麗果肉粉末以冷凍乾燥製造為佳。

本實驗所探討的酚類物質及特定機能性化合物僅為諾麗果中對人體有益的成分之一，未能列入考慮的機能性成分尚多，有待後續進一步研究，以建構更完整的資料，作為判斷最佳諾麗果發酵時間及製程的依據。

表十一、不同發酵時間取樣製成諾麗果肉粉末甲醇萃取所含三種機能性化合物統計分析

Table 11. Statistic analyses of three functional compounds in noni powder samples made from different fermentation pulp extracted with methanol.

Fermentation time (day)	Rutin (µg/g)		Scopoletin (µg/g)		Quercetin (µg/g)	
	FD	HAD	FD	HAD	FD	HAD
unripe	410.23±36.51 <sup>a</sup>	333.08±26.14 <sup>a</sup>	472.96±16.37 <sup>a</sup>	454.14±54.71 <sup>ab</sup>	9.37±3.97 <sup>d</sup>	26.19±5.22 <sup>d</sup>
ripe (0)	398.02±94.94 <sup>ab</sup>	314.76±38.95 <sup>ab</sup>	434.97±5.25 <sup>ab</sup>	486.19±15.20 <sup>a</sup>	14.79±6.91 <sup>d</sup>	30.04±4.31 <sup>cd</sup>
2	342.15±62.58 <sup>ab</sup>	279.14±48.91 <sup>b</sup>	385.75±51.65 <sup>cd</sup>	411.43±62.29 <sup>bc</sup>	38.02±12.96 <sup>cd</sup>	57.06±5.21 <sup>cd</sup>
4	399.17±68.10 <sup>ab</sup>	285.00±30.87 <sup>b</sup>	397.00±14.05 <sup>bc</sup>	400.00±41.93 <sup>bcd</sup>	55.06±9.24 <sup>c</sup>	63.46±9.07 <sup>c</sup>
14	322.73±40.46 <sup>b</sup>	232.07±5.89 <sup>c</sup>	339.82±30.23 <sup>c</sup>	343.00±47.46 <sup>de</sup>	141.39±28.22 <sup>b</sup>	126.99±25.21 <sup>b</sup>
28	222.83±12.44 <sup>c</sup>	140.57±20.46 <sup>d</sup>	361.09±19.48 <sup>cde</sup>	323.65±15.87 <sup>e</sup>	189.21±16.48 <sup>a</sup>	159.36±22.73 <sup>ab</sup>
42	177.73±29.27 <sup>cd</sup>	110.93±15.75 <sup>de</sup>	350.52±13.41 <sup>de</sup>	356.55±12.71 <sup>cde</sup>	204.08±30.51 <sup>a</sup>	180.98±18.92 <sup>a</sup>
56	131.84±6.02 <sup>de</sup>	93.86±9.50 <sup>e</sup>	330.60±15.31 <sup>ef</sup>	337.83±20.36 <sup>de</sup>	188.95±16.77 <sup>a</sup>	160.64±14.35 <sup>ab</sup>
70	80.10±24.46 <sup>ef</sup>	26.37±52.67 <sup>f</sup>	344.21±6.57 <sup>de</sup>	348.56±44.41 <sup>cde</sup>	171.01±2.61 <sup>ab</sup>	143.26±17.65 <sup>ab</sup>
84	64.52±59.76 <sup>ef</sup>	tr	327.95±30.48 <sup>ef</sup>	330.23±38.29 <sup>de</sup>	181.24±25.53 <sup>a</sup>	137.10±12.98 <sup>b</sup>
126	tr	tr	328.33±13.32 <sup>ef</sup>	341.60±9.05 <sup>de</sup>	179.85±6.75 <sup>a</sup>	149.46±15.56 <sup>ab</sup>
168	tr	tr	295.09±15.97 <sup>f</sup>	308.35±22.41 <sup>e</sup>	189.59±44.09 <sup>a</sup>	153.62±46.74 <sup>ab</sup>

tr: Means trace concentration.

Different superscripts on the values are significantly different at  $p < 0.05$  analyzed by Duncan's multiple range test.

Values are means±SD of three replicate analysis (n=3).

## 第五章 結論

- 一、諾麗果離心汁與自流汁在發酵過程中酚類化合物含量的差異不大，生產上可兩者並用增加榨汁率。
- 二、諾麗果於發酵過程中酚類化合物含量的變化，除了果汁中縮合單寧含量及果肉粉末甲醇萃取所含之 quercetin 含量外，其餘皆隨發酵時間延長有下降之趨勢，但果實榨汁率隨發酵時間延長而增加，故考慮榨汁率與酚類化合物含量的變化，建議諾麗果製品的發酵時間不宜過長，以 2~4 週的時間較佳。
- 三、整體來說，以冷凍乾燥方式所得諾麗果肉粉末所含機能性成分較熱風乾燥處理者稍優，故建議生產上應以冷凍乾燥生產諾麗果肉粉末為主。
- 四、以水及甲醇萃取諾麗果肉粉末，所得結果顯示其中具有豐富酚類化合物，且含量較果汁中高數倍，可進一步加工利用。



## 第六章 參考文獻

- 沈祐成 2009 番茄中酚類化合物對抗氧化、調降血脂及癌症化學預防之貢獻  
中山醫學大學營養學系博士論文
- 張惠香、陳錦樹、林金源 2007 諾麗果發酵產物對 BALB/c 小鼠脾臟細胞 Th1/Th2  
細胞激素分泌之影響 Nutr. Sci. M. 32:30-36.
- 許晉璋 2007 溫度、氮素與起灌點對蕎麥芸香苷含量之影響 國立台灣大學園  
藝學研究所 碩士論文
- 許鳳麟 1988 單寧及其相關化合物之研究化學 化學 46：282-292.
- 陳美瑩 2005 超音波技術在食品工業上的應用 食品工業 37 (11)：55-68.
- 陳富民 2007 諾麗 (Noni) 果汁最佳發酵條件之探討 國立屏東科技大學機械  
系 碩士論文
- 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 東海大學食品科學研究所 碩士論文
- 葉靜凌、劉富海、乞永豔、陳崇羔 2008 超聲技術在蜂膠提取上的應用研究 蜜  
蜂雜誌 (5)：7-9.
- 盧明傑 2007 單寧酶處理綠茶的生理活性和 *Aspergillus awamori* 製造單寧酶生  
產條件探討 國立中興大學食品暨應用生物科技學系 博士論文
- Ames, B. N., Shigenaga, M. K., and Hagen, T. M. 1993. Oxidants, antioxidants, and  
the degenerative diseases of aging. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 90:7915-7922.
- Amin, A. and Buratovich, M. 2007. The Anti-cancer charm of flavonoids: A  
cup-of-tea will do! Recent Patents Anticancer Drug Discov. 2:109-117.
- AOAC. 1984. *Official Methods of Analysis*. 14<sup>th</sup> ed. Association of Official  
Analytical Chemists, Washinton, DC.
- Bagchi, D., Bagchi, M., Stohs, S. J., Das, D. K., Ray, S. D., Kuszynski, C. A., Joshi, S.  
S., and Pruess, H. G. 2000. Free radicals and grape seed proanthocyanidin



extract: importance in human health and disease prevention. *Toxicology* 148:187-197.

Bajpai, M., Pande, A., Tewari, S. K., and Prakash, D. 2005. Phenolic contents and antioxidant activity of some food and medicinal plants. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 56:287-291.

Berliner, J. A. and Heinecke, J. W. 1996. The role of oxidized lipoproteins in atherogenesis. *Free Radical Biol. Med.* 20:707-727.

Brasseur, T. 1989. Anti-inflammatory properties of flavonoids. *J. Pharm. Belg.* 44:235-241.

Bui, A. K. T., Bacic, A., and Pettolino, F. 2006. Polysaccharide composition of the fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni). *Phytochemistry* 67 : 1271-1275.

Carpinella, M., Ferrayoli, C., and Palacios, S. 2005. Antifungal synergistic effect of scopoletin, a hydroxycoumarin isolated from *Melia azedarach* L. fruits. *J. Agric. Food Chem.* 53:2922-2927.

Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., and Perez, A. M. 2006. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Compos. Anal.* 19 : 645-654.

Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Perez, A. M., Belleville, M. P., Zuniga, C., and Brat, P. 2007. The ripening and aging of noni fruits (*Morinda citrifolia* L.): microbiological flora and antioxidant compounds. *J. Sci. Food Agric.* 87:1710-1716.

Chavez, J. H., Leal, P. C., Tunes, R. A., Nunes, R. J., Barardi, C. R., Pinto, A. R., Simoes, C. M., and Zanetti, C. R. 2006. Evaluation of antiviral activity of phenolic compounds and derivatives against rabies virus. *Vet. Microbiol.* 116:53-59.

Chung, K. T., Wei, C. I., and Johnson, M. G. 1998. Are tannins a double-edged



sword in biology and health? Trends in Food Science and Technology  
9:168-175.

Chunhieng, T., Hay, L., and Montet, D. 2005. Detailed study of the juice  
composition of noni (*Morinda citrifolia*) fruits from Cambodia. Fruit.  
60:13-24.

Dixon, A. R., McMillen, H., and Etkin, N. L. 1999. Ferment this: the  
transformation of Noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*,  
Rubiaceae). Ecological Botany. 53:51-68.

European Commission. Scientific Committee on Food, 2002. Opinion of the  
Scientific Committee on Food on Tahitian Noni® juice. SCF/CS/NF/DOS/18  
ADD2. Belgium.

Furusawa, E., Hirazumi, A., Story, S., and Jensen, J. 2003. Antitumour potential of a  
polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *morinda citrifolia* (noni) on  
Sarcoma 180 ascites tumour in mice. Phytother. Res. 17:1158-1164.

Harborne, J. B. 1988. The Flavonoids. In advances in Research since 1980.  
Chapman and Hall: New York.

Harborne, J. B. 1989. Plant phenolics. In Method in Plant Biochemistry. London,  
UK.: Academic press.

Haslam, E. 1998. Practical polyphenolics-from structure to molecular recognition  
and physiological action. Cambridge University press. Cambridge, UK.

Heinicke, R. M. 1983. Xeronine, a new alkaloid, useful in medical, food and  
industrial fields. U. S. Patent No. 4,409,144, November 10.

Heinicke, R. M. 1985. The pharmacologically active ingredient of noni. Pacific  
Tropical Botanical Garden Bulletin. 15.

Hertog, M. G. L., Feskens, E. J. M., Hollman, P. C. H., Katan, M. B., and Kromhout, D.  
1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease:the

- Zutphen Elderly Study. *Lancet*. 342:1007-1011.
- 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.
- Hirazumi, A., Furusawa, E., Chou, S. C., and Hokawa, Y. 1994. Anticancer activity of *Morinda citrifolia* (noni) on intraperitoneally implanted Lewis lung carcinoma in syngeneic mice. *Proceedings of the Western Pharmacology Society* 37:145-146.
- Huang, L., Liu, J. F., Liu, L. X., Li, D. F., Zhang, Y., Nui, H. Z., Song, H. Y., and Zhang, C.Y. 1993. Antipyretic and anti-inflammatory effects of *Artemisia annua* L.. *China journal of Chinese material medica* 18:44-48. ; 63-64.
- Isami, F., Wadsworth, J. J., Gerson, S., Palu, A. K., Zhou, B. N., Su, C., Jensen, C. J., and Story, S. P. 2007. *Morinda citrifolia* based antifungal formulations and methods. U. S. patent 0,196,524, August 23.
- Jang, D. S., Park, E. J., Kang, Y. H., Su, B. N., Hawthorne, M. E., Vigo, J. S., Graham, J. G., Cabieses, F., Fong, H. H., Metha, R. G., and Pezzuto, J. M. 2003. Compounds obtained from *Sida acuta* with the potential to induce quinone reductase and to inhibit 7,12-dimethylbenz[a]anthracene-induced preneoplastic lesions in a mouse mammary organ culture model. *Arch. Pharm. Res.* 26: 585-590.
- Jayaraman, S. K., Manoharan, M. S., and Illanchezian, S. 2008. Antibacterial, antifungal and tumor cell suppression potential of *Morinda citrifolia* fruit extracts. *I. J. I. B.* 3:44-49.
- Jia, Z. S., Tang, M. C., and Wu, J. M. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on radicals. *Food Chem.* 64:555-559.

- Julkunen-Tiitto R. 1985. Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 33:213-217.
- Kamiya, K., Tanaka, Y., Endang, H., Umar, M., and Satake, T. 2004. Chemical constituents of *Morinda citrifolia* fruits inhibit copper-induced low-density lipoprotein oxidation. *J. Agric. Food Chem.* 52:5843-5848.
- Kim, H. J., Jang, S. I., Kim, Y. J., Chung, H. T., Yun, Y. G., Kang, T. H., Jeong, O. S., and Kim, Y. C. 2004. Scopoletin suppresses pro-inflammatory cytokines and PGE<sub>2</sub> from LPS-stimulated cell line, RAW 264.7 cells. *Fitoterapia* 75:261-266.
- Kupeli, E., Sahin, F. P., Yesilada, E., Cali, I., and Ezer, N. 2007. *In vivo* anti-inflammatory and antinociceptive activity evaluation of phenolic compounds from *Sideritis stricta*. *Z. Naturforsch.* 62:519-525.
- Lam, R. Y., Woo, A. Y., Leung, P. S., and Cheng, C. H. 2007. Antioxidant actions of phenolic compounds found in dietary plants on low-density lipoprotein and erythrocytes in vitro. *J. Am. Coll. Nutr.* 26:233-242.
- Lee, D. G., Park, Y., Kim, M. R., Jung, H. J., Seu, Y. B., Hahm, K. S., and Woo, E. R. 2004. Anti-fungal effects of phenolic amides isolated from the root bark of *Lycium chinense*. *Biotechnol. Lett.* 26:1125-1130.
- Levand, O. and Larson, H. O. 1979. Some chemical constituents of *Morinda citrifolia*. *Planta. Med.* 36:186-187.
- 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.
- Locher, C. P., Burch, M. T., Mower, H. F., Berestecky, J., Davis, H., Van Poel, B., Lasure, A., Vanden Berghe, D. A., and Vlietinck, A. J. 1995. Anti-microbial activity and anti-complement activity of extracts obtained from selected Hawaiian medicinal plants. *J. Ethnopharmacology.* 49:23-32.

- Manuele, M. G., Ferraro, G., Arcos, M. L. B., López, P., Cremaschi, G., and Anesini, C. 2006. Comparative immunomodulatory effect of scopoletin on tumoral and normal lymphocytes. *Life Sci.* 79:2043-2048.
- 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). *Proc. West. Pharmacol. Soc.* 45:76-78.
- Morton, J. F. 1992. The ocean-going Noni, or Indian mulberry (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae) and some of its “colourful” relatives. *Ecological Botany.* 46:241-256.
- Nacz, M., and Shahidi, F. 2006. Phenolics in cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 41:1523-1542.
- Nègre-Salvayre, A. and Salvayre, R. 1992. Quercetin prevents the cytotoxicity of oxidized LDL on lymphoid cell lines. *Free Rad. Biol. Med.* 12:101-106.
- Nelson, S. C. and Elevitch, C. R. 2006. Noni: The complete guide for consumers and growers. 1<sup>st</sup> ed. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii.
- Pawlus, A. D. and Kinghorn, D. A. 2007. Review of the ethnobotany, chemistry, biological activity and safety of the botanical dietary supplement *Morinda citrifolia* (noni). *J. Pharm. Pharmacol.* 59:1587-1609.
- Pawlus, A. D., Su, B. N., and Keller, W. J. 2005. An anthraquinone with potent quinone reductase-inducing activity and other constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni). *J. Nat. Prod.* 68 : 1720-1722.
- Pearce, F. L., Befus, A. D., and Bienenstock, J. 1984. Mucosal mast cells. III. Effect of quercetin and other flavonoids on antigen-induced histamine secretion from rat intestinal mast cells. *J. Allergy Clin. Immunol.* 73:819-823.
- Peerzada, N., Renaud, S., and Ryan, P. 1990. Vitamin C and elemental composition of some bushfruits. *J. Plant Nutr.* 13:787-793.

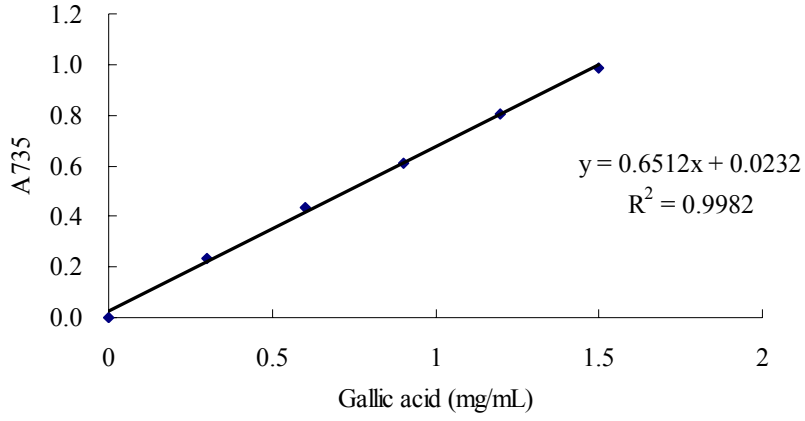
- Peterson, J. and Dwyer, J. 1998. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. *Nutr. Res.* 18:1995-2018.
- Ram, J. 2002. Noni processing and quality control: protecting the image of Hawaiian products. *Proc. 2002 Hawaii noni Conf.* p. 25-28.
- Rice-Evans C. A., Miller, N. J., Bolwell, P. G., Bramley, P. M., and Pridham, J. B. 1995. The relative antioxidant activities of plant-derived polyphenolic flavonoids. *Free Radic. Res.* 22:375-383.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., and Paganga, G. 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 2:152-159.
- Sakanaka, S., Aizawa, M., Kim, M., and Yamamoto, T. 1996. Inhibitory effects of green tea polyphenols on growth and cellular adherence of an oral bacterium, *Porphyromonas gingivalis*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 60:745-749.
- Saludes, J. P., Garson, M. J., Franzblau, S. G., and Aguinaldo, A. M. 2002. Antitubercular constituents from the hexane fraction of *Morinda citrifolia* Linn. (Rubiaceae). *Phytother. Res.* 16:683-685.
- Sang, S., Cheng, X., Zhu, N., Stark, R. E., Badmaev, V., Ghai, G., Rosen, R. T., and Ho, C. T. 2001. Flavonol glycosides and novel iridoid glycoside from the leaves of *Morinda citrifolia*. *J. Agric. Food Chem.* 49:4478-4481.
- Santos-Buelga, C. and Scalbert, A. 2000. Proanthocyanidins and tannin-like compounds-nature, occurrence dietary intake and effects on nutrition and health. *J. Sci. Food Agri.* 80:1094-1117.
- Shaw, C. Y., Chen, C. H., Hsu, C. C., Chen, C. C., and Tsai, Y. C. 2003. Antioxidant properties of scopoletin isolated from *Sinomonium acutum*. *Phytotherapy Research* 17:823-825.
- Solomon, N. 1999. The noni phenomenon. Direct source publishing, Utah, pp. 62-70.

- Su, C. X., Jensen, J. C., and Zhou, B. N. 2005. *Morinda citrifolia* (Noni): Its effect on insulin secretion by G-protein-coupled receptor systems. 229<sup>th</sup> ACE National Meeting, March 13-17.
- Su, C., Wang, M., Nowicki, D., Jensen, J., and Anderson, G. 2001. Selective COX-2 inhibition of *Morinda citrifolia* (Noni) in vitro. In: The Proceeding of the Eicosanoids and other Bioactive Lipids in Cancer, Inflammation and Related Disease. The 7<sup>th</sup> Annual Conference, October 14-17. Loews Vanderbilt Plaza, Nashville, Tennessee, USA.
- Sung, S. H., Park, J. H., and Kim, Y. C. 1998. Hepatoprotective activity of scopoletin, a constituent of *Solaumly artum*. Archives of Pharmacological Research. 21:718-722.
- University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 2006. Botony. <http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/botany.asp>
- University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 2006. Noni Processing: Juice and Juice Products. [http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit\\_juices.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/fruit_juices.asp)
- University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 2006. Noni Processing: Powders and Miscellaneous Products. [http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/powders\\_products.asp](http://www.ctahr.hawaii.edu/noni/powders_products.asp)
- Wang, C. K. and Lee, W. H. 1996. Separation, characteristics, and biological activities of phenolics in areca fruit. J. Agric. Food Chem. 44:2014-2019.
- Wang, M. Y. and Su, C. 2001. Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (noni). Ann. N. Y. Acad. Sci. 952:161-168.
- 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. 12:1127-1141.

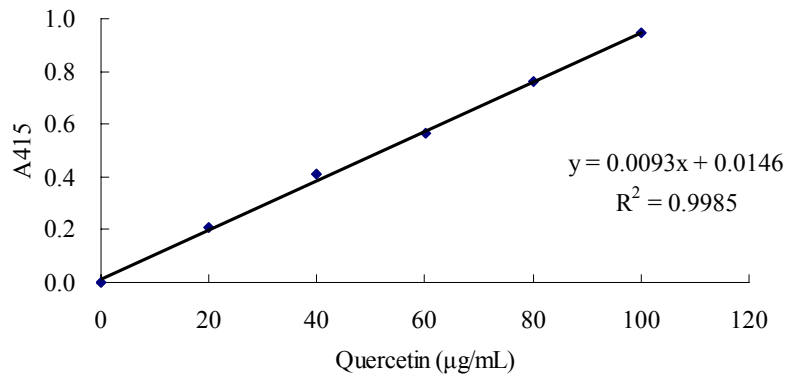
- Yang, J., Paulino, R., Janke-Stedronsky, S., and Abawi, F. 2007a. Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. *Food Chem.* 102:302-308.
- Yang, S. C., Chen, T. I., Li, K. Y., and Tsai, T. C. 2007b. Change in phenolic compound content, reductive capacity and ACE inhibitory activity in noni juice during traditional fermentation. *J. Food Drug Anal.* 15:290-298.
- Yen, G. C. and Chen, H. Y. 1995. Antioxidant activity of various tea extracts in relation to their antimutagenicity. *J. Agric. Food Chem.* 43:27-32.
- Yen, G. C., Chen, H. Y., and Peng, H. H. 1997. Antioxidant and pro-oxidant effects of various tea extracts. *J. Agric. Food Chem.* 45:30-34.
- Younos, C., Rolland, A., Fleurentin, J., Lanhers, M. C., Misslin, R., and Mortier, F. 1990. Analgesic and behavioural effects of *Morinda citrifolia*. *Planta Med.* 56:430-434.
- 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.
- Zhou, L., Li, D., Wang, J., Liu, Y., and Wu, J. 2007. Antibacterial phenolic compounds from the spines of *Gleditsia sinensis* Lam. *Nat. Prod. Res.* 21:283-291.
- 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.

## 第七章 附錄

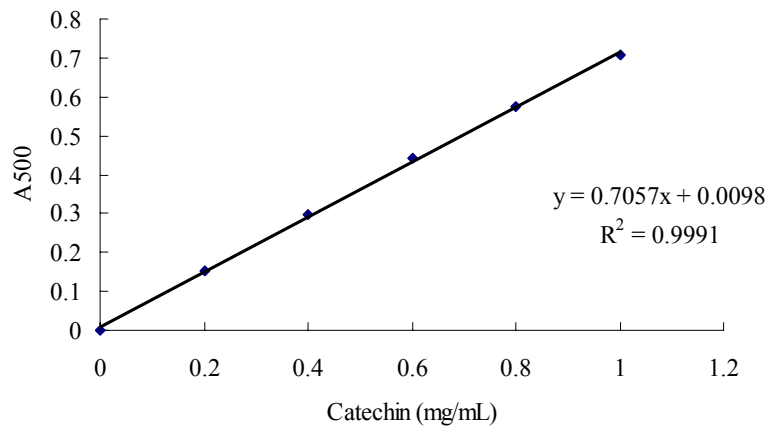
(A)



(B)



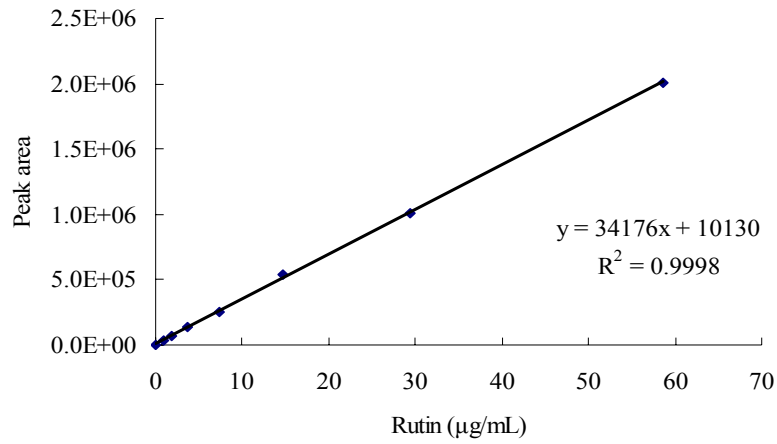
(C)



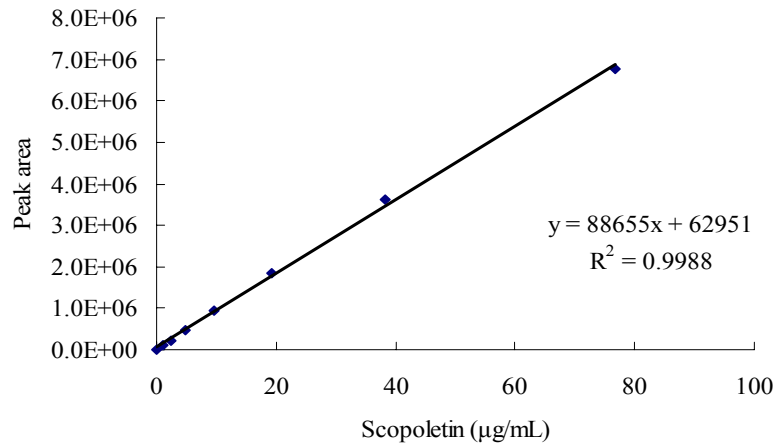
附錄一、檢量線 (A) 總酚含量；(B) 類黃酮；(C) 縮合單寧  
Appendix 1. Calibration curves of (A) total phenolic content; (B) flavonoids;  
(C) condensed tannins.



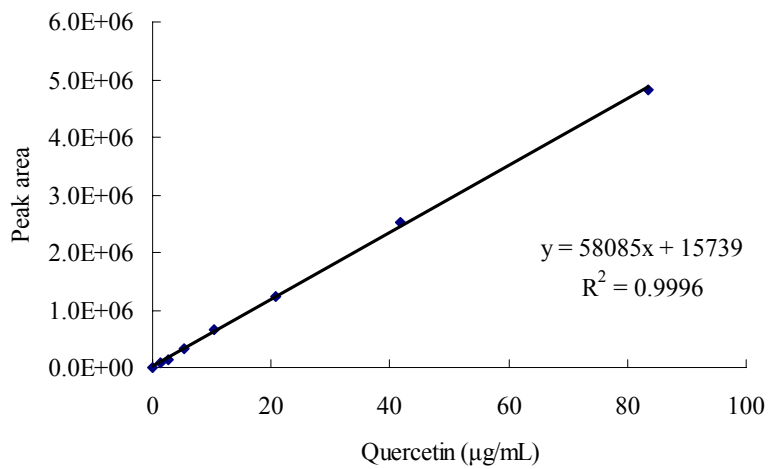
(A)



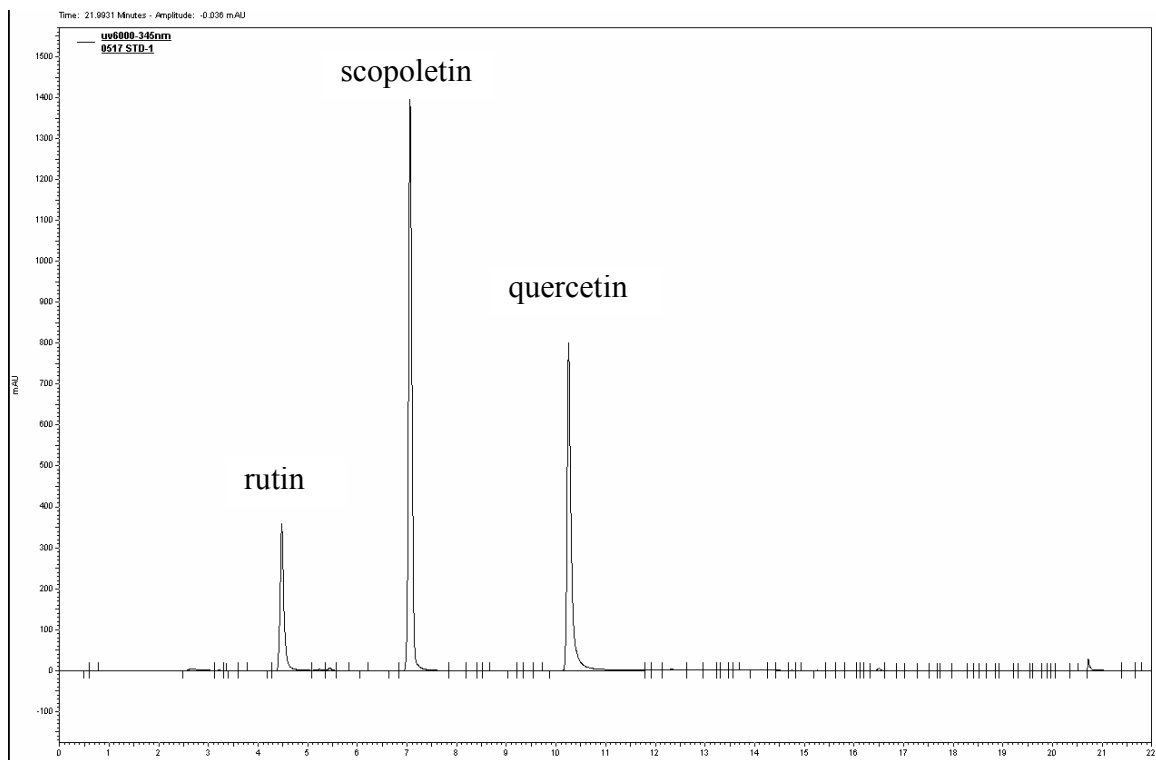
(B)



(C)



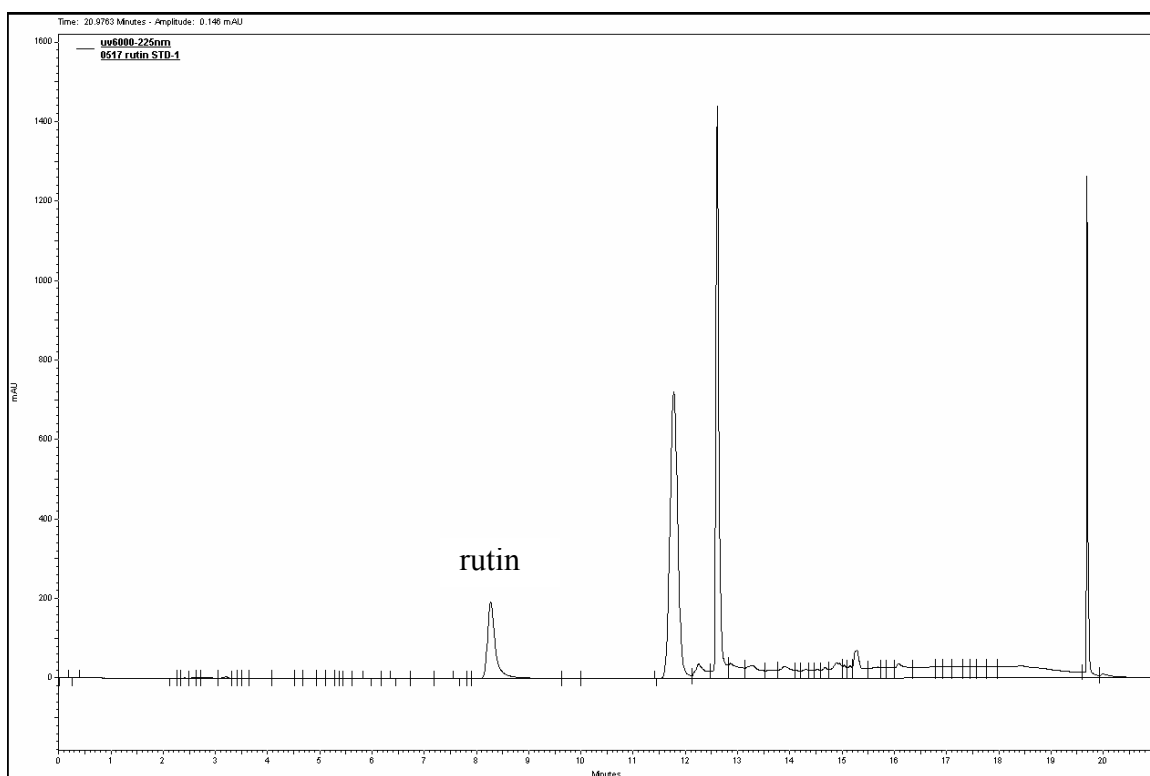
附錄二、HPLC 檢量線 (A) rutin ; (B) scopoletin ; (C) quercetin  
Appendix 2. HPLC calibration curves of (A) rutin; (B) scopoletin; and  
(C) quercetin.



附錄三、HPLC 條件一所得 rutin、scopoletin、quercetin (按順序) 標準品圖譜

Appendix 3. HPLC standard chromatography of rutin·scopoletin and quercetin (in order) by method 1.

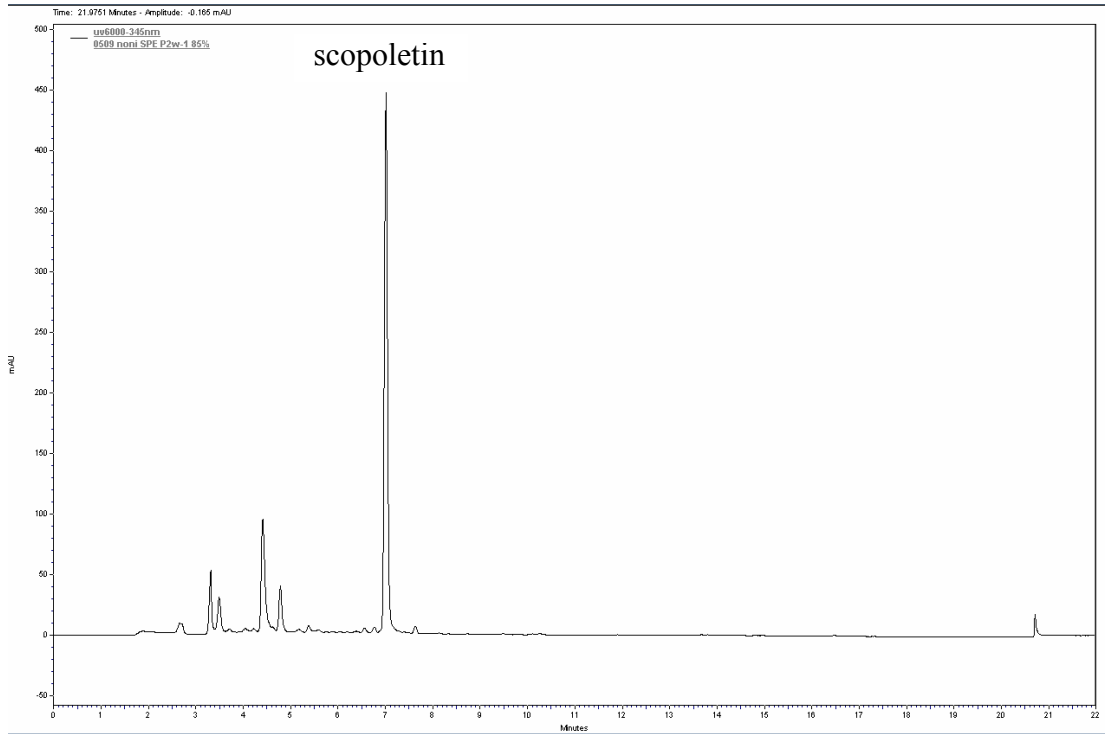




附錄四、HPLC 條件二所得 rutin 標準品圖譜

Appendix 4. HPLC standard chromatography of rutin by method 2.

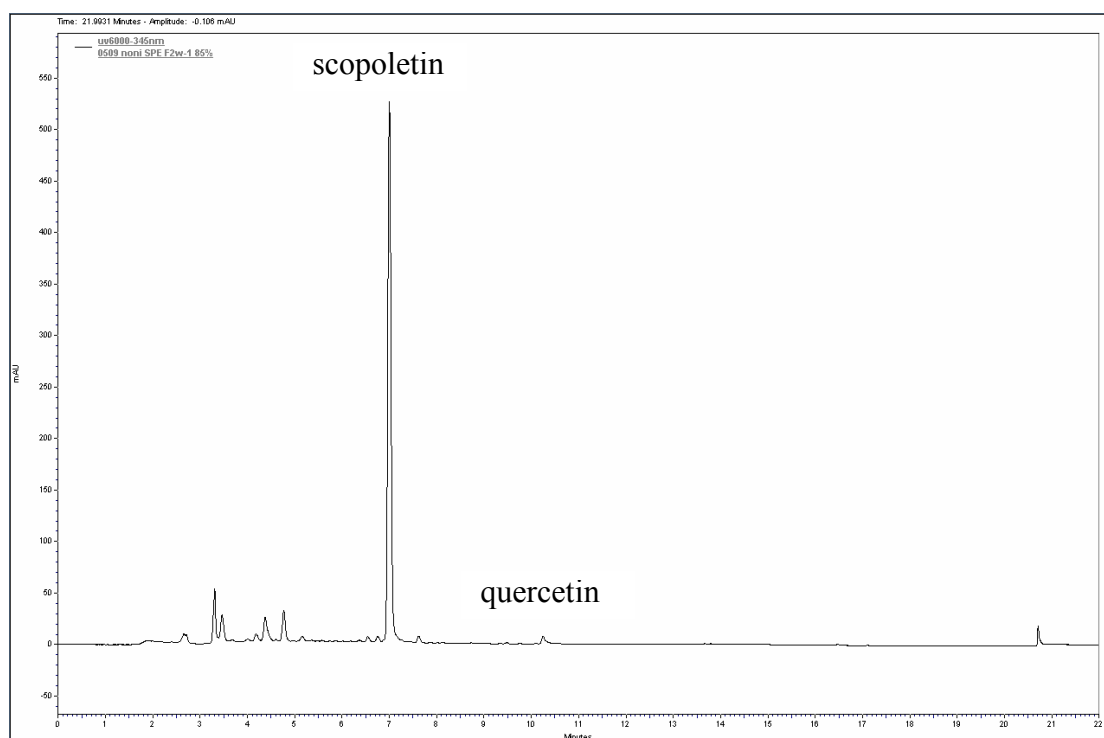




附錄五、HPLC 條件一所得諾麗果發酵 2 週離心汁圖譜

Appendix 5. HPLC chromatography of 2-week-fermentated centrifugal juices from noni fruits by method 1.

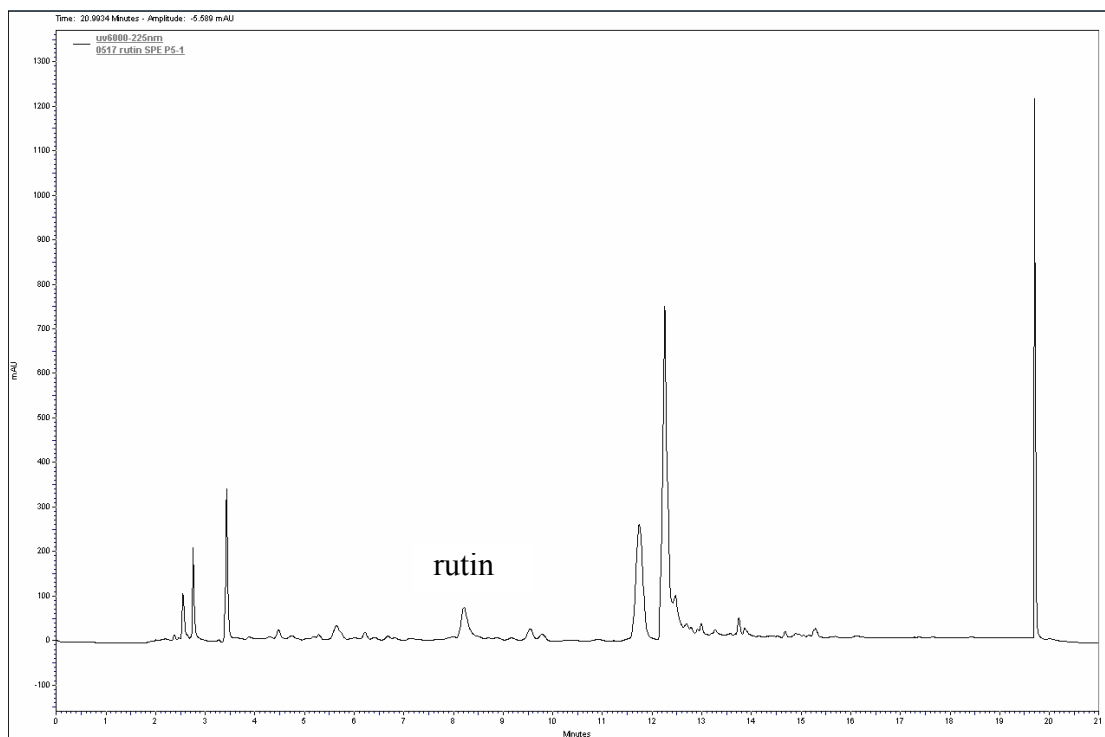




附錄六、HPLC 條件一所得諾麗果發酵 2 週自流汁圖譜

Appendix 6. HPLC chromatography of 2-week-fermentated free run juices from noni fruits by method 1.

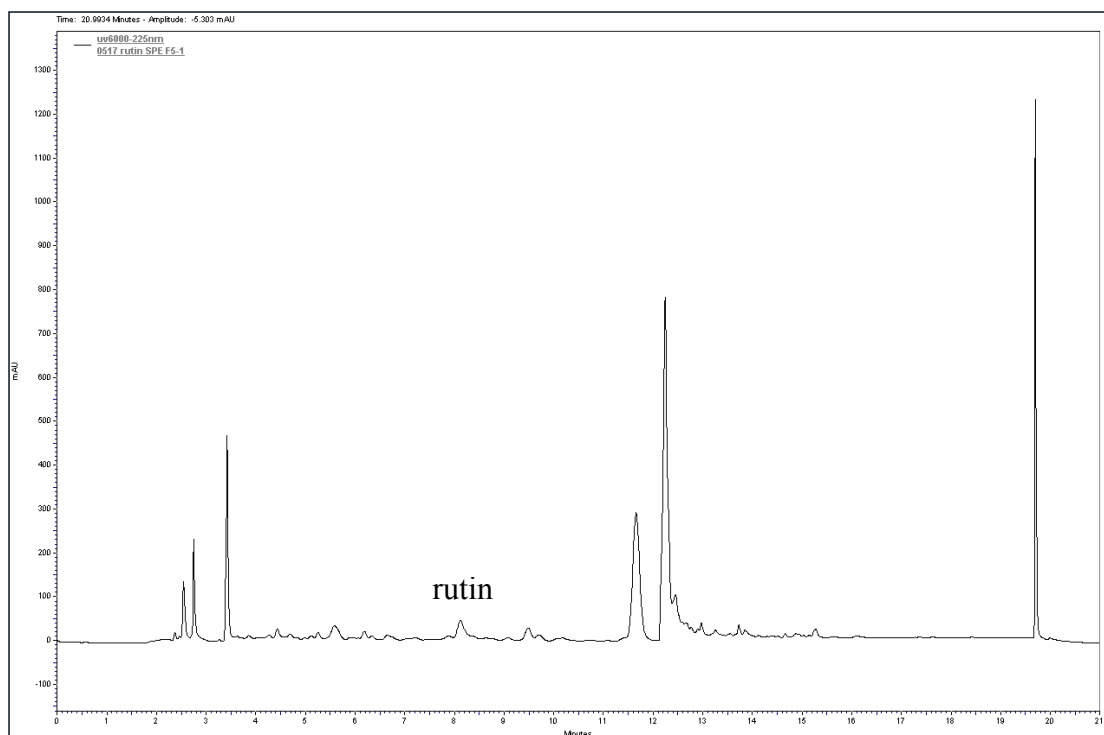




附錄七、HPLC 條件二所得諾麗果發酵 5 天離心汁圖譜

Appendix 7. HPLC chromatography of 5-day-fermented centrifugal juices from noni fruits by method 2.

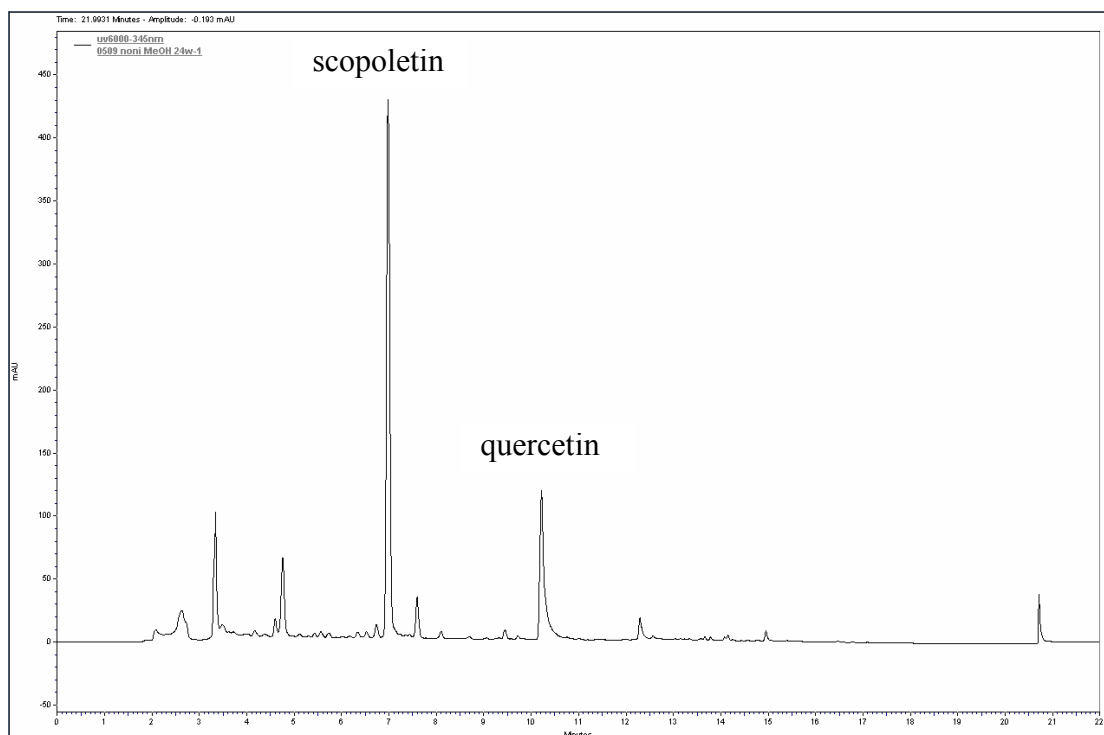




附錄八、HPLC 條件二所得諾麗果發酵 5 天自流汁圖譜

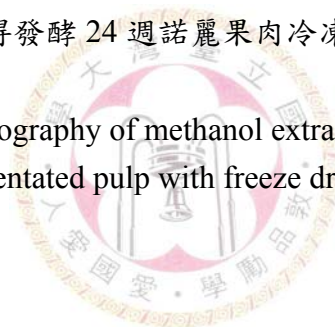
Appendix 8. HPLC chromatography of 5-day-fermented free run juices from noni fruits by method 2.



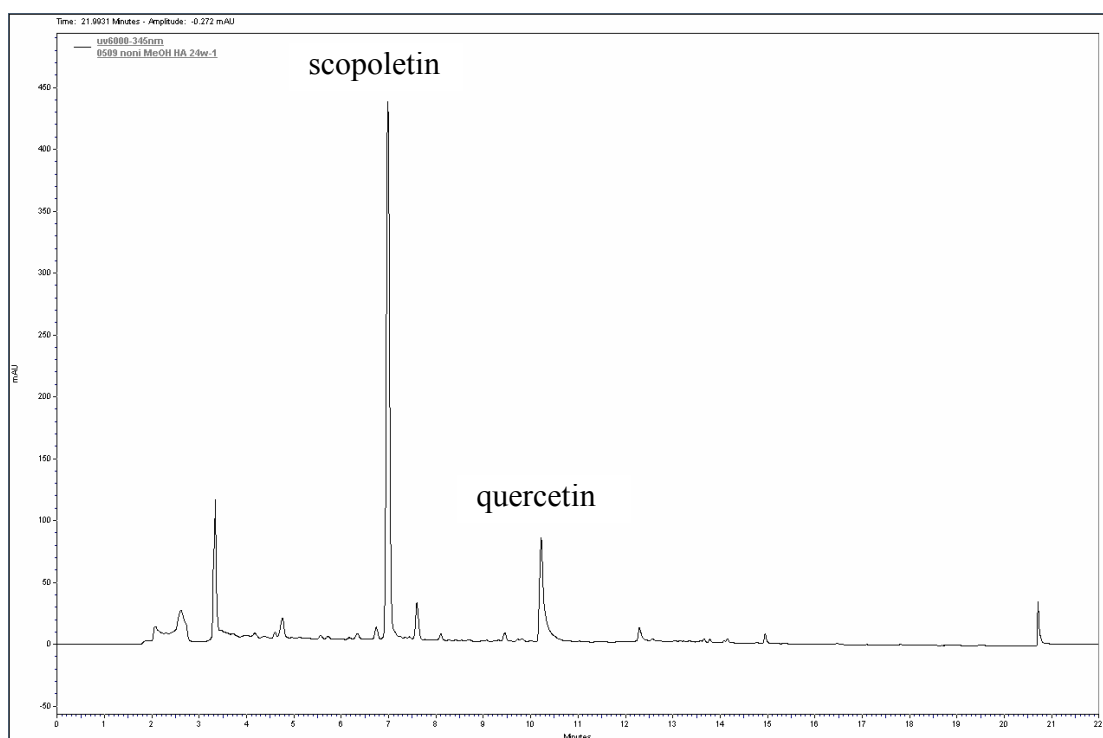


附錄九、HPLC 條件一所得發酵 24 週諾麗果肉冷凍乾燥製成粉末的甲醇萃取液  
圖譜

Appendix 9. HPLC chromatography of methanol extractes of noni powder made from  
24-week-fermentated pulp with freeze dried by method 1.



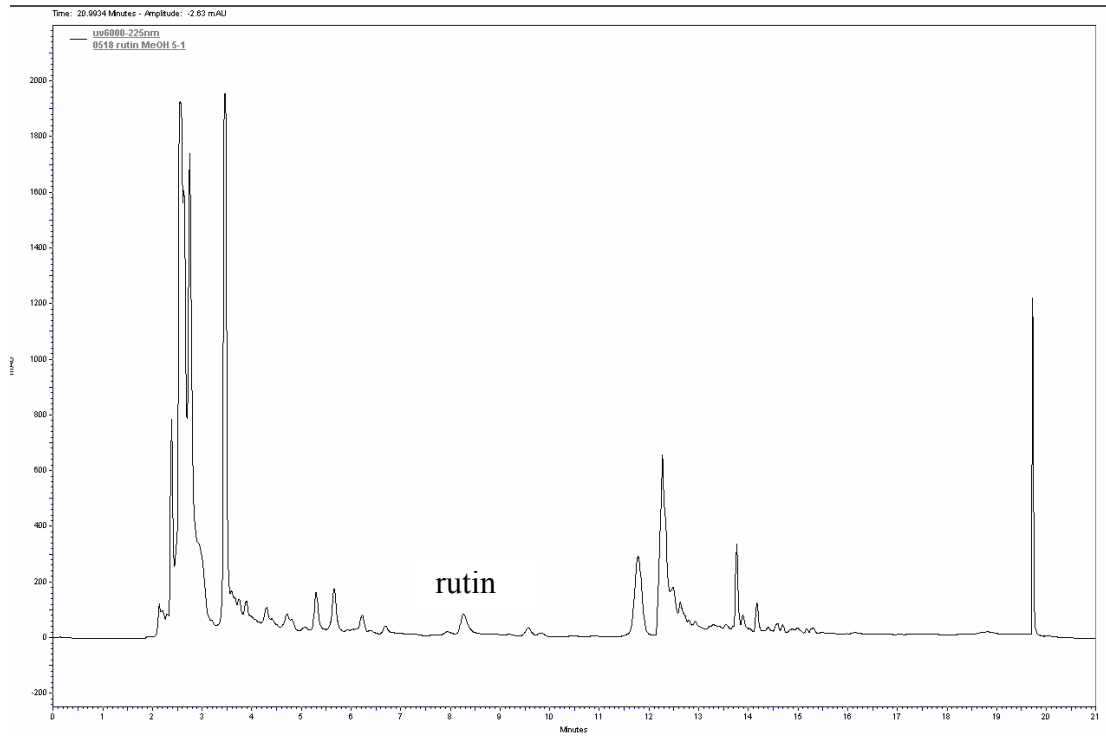




附錄十、HPLC 條件一所得發酵 24 週諾麗果肉熱風乾燥製成粉末的甲醇萃取液  
圖譜

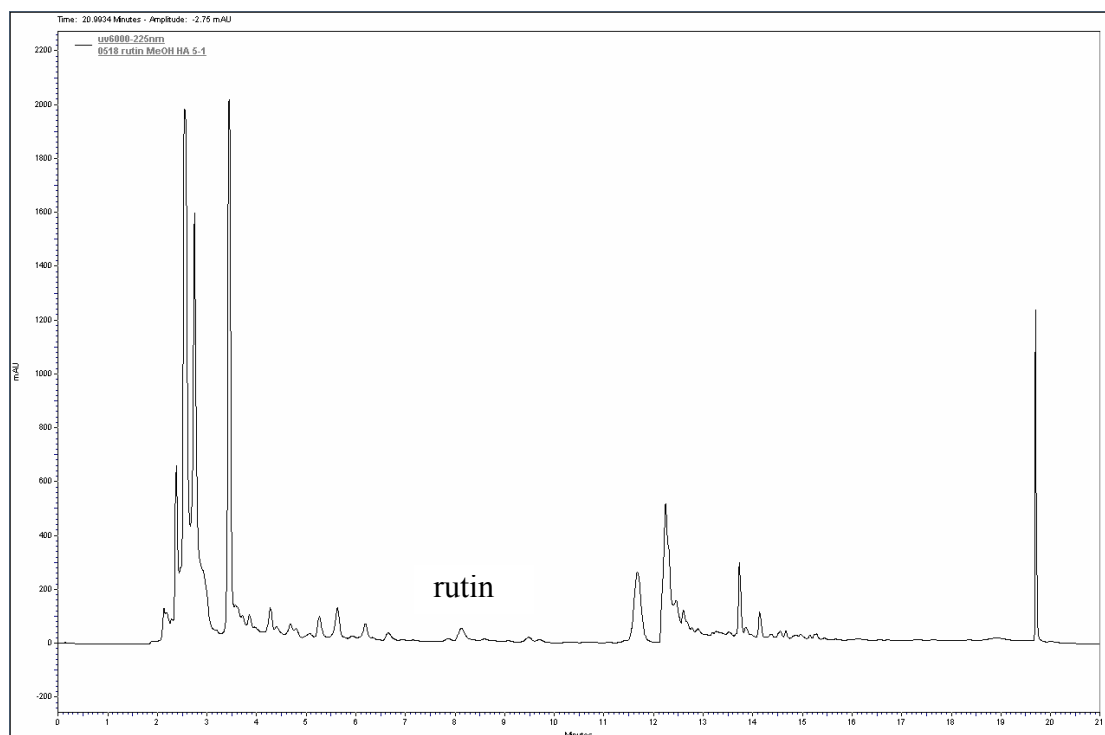
Appendix 10. HPLC chromatography of methanol extractes of noni powder made  
from 24-week-fermentated pulp with hot air dried by method 1.





附錄十一、HPLC 條件二所得發酵 5 天諾麗果肉冷凍乾燥製成粉末的甲醇萃取液  
圖譜

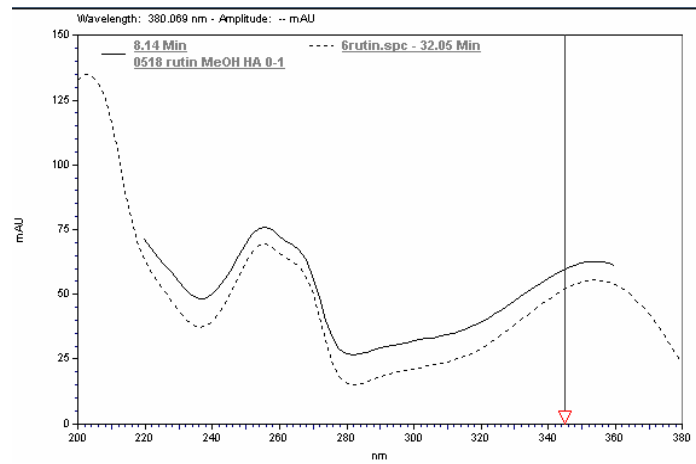
Appendix 11. HPLC chromatography of methanol extractes of noni powder made  
from 5-day-fermentated pulp with freeze dried by method 2.



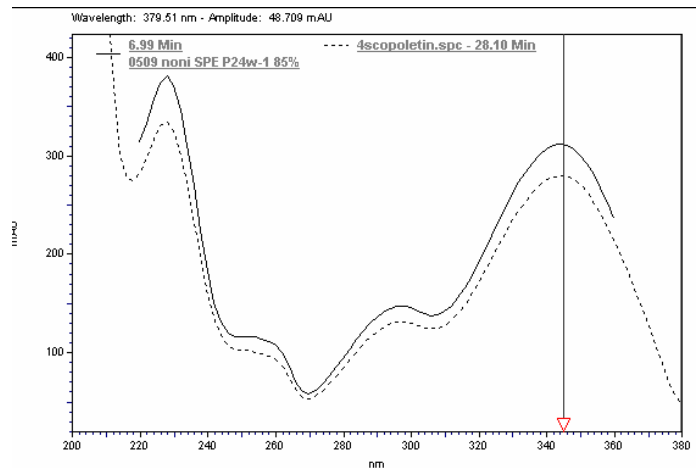
附錄十二、HPLC 條件二所得發酵 5 天諾麗果肉熱風乾燥製成粉末的甲醇萃取液  
圖譜

Appendix 12. HPLC chromatography of methanol extractes of noni powder made  
from 5-day-fermentated pulp with hot air dried by method 2.

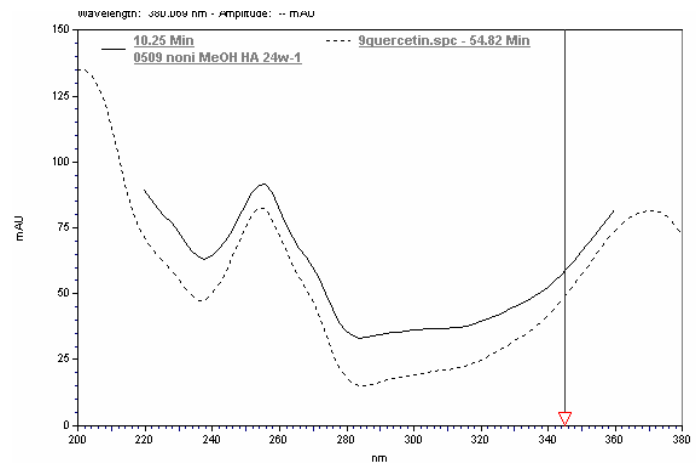
(A)



(B)



(C)



附錄十三、HPLC PDA 圖譜 (A) rutin ; (B) scopoletin ; (C) quercetin

Appendix 13. HPLC chromatography of PDA (A) rutin; (B) scopoletin; (C) quercetin.

The solid line is sample PDA 220-360nm.

The dotted line is standard PDA 200-380nm.