

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

食品科技組碩士論文

Master Thesis of Food Technology Section

指導教授：蘇正德 博士

蔡正宗 博士

Advisor : Jeng-De Su, Ph.D.

Tsun-Chung Tsai, Ph.D.

諾麗製程中機能性成分變化及儲存安定性

Functional composition changes and storage stability
in noni process

研究生：蘇如裕 撰

Graduate Student : Ru-Yu Su

中華民國一十年十二月

December, 2011

謝誌

感謝恩師 蔡正宗博士在學生兩年多的研究所生涯中的悉心指導、砥礪與肯定，並提供完善的研究設備和充分的資源，在實驗遇到瓶頸時更給予學生幫助、支持與啟發，且於論文撰稿期間細心的校閱斧正，使本論文得以順利完成。此外，恩師偶爾會帶實驗室的大家去戶外走走，不僅讓我們學習到更多課業外的知識，也藉此增加大家的情感互動。師恩浩瀚，寥寥數字無法表達內心的感激，謹於卷首致上萬分謝意。

文稿初成，承蒙蘇正德博士、江文德博士與張毅偉博士撥冗詳加審閱及斧正，並於口試期間給予學生精闢的指導與寶貴意見，使本論文更加嚴謹完善，於此深表最誠摯的敬意與謝意。本研究承蒙珍果生技股份有限公司提供資金補助，僅此特表感謝之意。

感謝系上所有老師們的指導與照顧，並於實驗期間慷慨借用儀器及給予指導和協助，也感謝王姐及系上助教的照顧和幫忙。學習期間，感謝育玫、曉捷、慧吟、敬義、麗娟、美燕、仔仔、松鼠、柏村、善存、百秀、Peter等學長姊對我生活上的照顧、關懷與勉勵，並給予實驗上的指點和幫助；感謝同窗好友佳伶、怡慧、巧馨、瀨菘、曜寬、冠閔、天成等的互相鼓勵與支持；感謝哲暉、彥蘋、芳伊、大釘、惠旻、胡小新、昭緯、瑋翔、小白、透抽、怡吩、小紅莓、敏純、依旻等學弟妹的協助和陪伴，替我的實驗室生活裡增添許多歡笑，因為有大家才讓我能順利完成修業，由衷感謝各位。

最要感謝的是我最親愛的家人，由於有你們的支持、關懷、包容以及鼓勵和付出，才得以讓我順利完成學業。將此論文獻給所有關心及愛護我的人，願大家和我一同分享我的喜悅與成長。

蘇如裕謹致於

東海大學食品科學研究所

食品儀器分析實驗室

中華民國一百年十二月

目錄

	頁數
中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
壹、前言.....	1
貳、文獻回顧.....	4
一、諾麗之簡介.....	4
(一) 名稱.....	4
(二) 植物外觀.....	5
(三) 產地分佈.....	8
(四) 品種分類.....	10
(五) 後熟現象.....	10
二、諾麗的傳統用途及其加工.....	11
(一) 傳統用途.....	11
(二) 諾麗果汁加工.....	13
三、諾麗的基本成分及其化合物.....	21
(一) 基本成分性質.....	21
(二) 酚類化合物.....	23
(三) 其他重要化合物.....	30

四、諾麗的指標性物質.....	30
五、諾麗果之生理功效.....	47
(一) 抗微生物 (Antimicrobial).....	47
(二) 抗氧化性 (Antioxidant activity).....	48
(三) 抗腫瘤及抗癌 (Anti-tumor and anti-carcinogenic).....	53
(四) 抗發炎 (Anti-inflammatory).....	54
(五) 降血壓 (Hypotensive).....	55
(六) 止痛鎮靜 (Analgesic activity).....	56
(七) 預防心血管疾病 (Cardiovascular activity).....	58
(八) 賽洛寧 (Xeronine).....	59
參、材料與方法.....	62
一、實驗架構.....	62
二、實驗原料.....	63
三、試藥與試劑.....	63
四、設備儀器.....	65
五、實驗方法.....	66
(一) 發酵諾麗果汁之製備.....	66
(二) 儲藏性諾麗果汁之製備.....	67
(三) 產率之測定.....	68

(四) 分離小諾麗鮮果汁中的虹苷.....	68
(五) LC-MS 及 LC-MS-MS 鑑定.....	69
(六) 元素分析.....	70
(七) 理化性質測定.....	70
(八) 機能性化合物含量測定.....	71
(九) 生理活性測定.....	74
(十) 統計分析.....	79
肆、結果與討論.....	80
Part. 1：發酵性試驗.....	80
一、理化性質.....	80
二、機能性化合物含量.....	85
三、生理活性.....	103
Part. 2：儲藏性試驗.....	108
一、理化性質.....	108
二、機能性化合物含量.....	110
三、生理活性.....	123
伍、結論.....	130
陸、參考文獻.....	132
柒、附錄.....	143

圖目錄

圖次	頁數
圖一、諾麗果樹.....	6
圖二、諾麗果：綠色果實和花.....	6
圖三、諾麗果：成熟果（未後熟）.....	7
圖四、諾麗果：後熟果.....	7
圖五、不同品種的諾麗果.....	9
圖六、不同熟成階段的諾麗果.....	14
圖七、傳統諾麗果汁製程.....	17
圖八、非傳統諾麗果汁製程.....	19
圖九、諾麗果粉製程.....	20
圖十、酚類之基本結構.....	26
圖十一、類黃酮之基本結構.....	26
圖十二、類黃酮之結構.....	27
圖十三、單寧之結構.....	31
圖十四、芸香素、東莨菪素及東莨菪素含糖衍生物之化學結構.....	32
圖十五、諾麗果實中已知之脂肪酸糖苷、醇糖苷和環烯醚萜類化合物 之化學結構式.....	35
圖十六、諾麗果實中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蔥醌類化合物	

之化學結構式.....	36
圖十七、諾麗果實中已知之其他次級代謝產物之化學結構式.....	37
圖十八、由諾麗果汁中分離出之化學結構式.....	43
圖十九、虹苷之基本結構.....	44
圖二十、馬錢素之基本結構.....	44
圖二十一、由諾麗果汁之乙酸乙酯萃取物分離出的化合物1、2及3之 結構.....	52
圖二十二、血管收縮素轉化酶之作用機制.....	57
圖二十三、諾麗果乙酸乙酯萃取物中分離出的六種木酚素結構.....	60
圖二十四、諾麗果之賽洛寧系統.....	61
圖二十五、不同發酵時間對諾麗果製成果汁的產率變化.....	81
圖二十六、不同發酵時間對諾麗果汁 pH 值之影響.....	83
圖二十七、不同發酵時間對諾麗果汁色澤之影響.....	84
圖二十八、新鮮小諾麗果汁之半製備型高效液相層析圖.....	88
圖二十九、小諾麗果汁及芸香素與東莨菪素標準品之分析型高效液相 層析圖.....	89
圖三十、馬錢素、peak 3 及 peak 5 之紫外線-可見光光譜圖.....	90
圖三十一、LC-MS 鑑定圖譜.....	91
圖三十二、LC-MS-MS 鑑定圖譜.....	92

圖三十三、大諾麗果鮮果汁及小諾麗果鮮果汁之虹苷含量.....	93
圖三十四、不同發酵時間對諾麗果汁中總酚含量之影響.....	95
圖三十五、不同發酵時間對諾麗果汁中類黃酮含量之影響.....	96
圖三十六、不同發酵時間對諾麗果汁中縮合單寧含量之影響.....	100
圖三十七、不同發酵時間對諾麗果汁中芸香素、東莨菪素及其含糖衍 生物濃度之影響.....	101
圖三十八、不同發酵時間對諾麗果汁中虹苷濃度之影響.....	102
圖三十九、不同發酵時間對諾麗果汁(40 倍稀釋) 的相對 trolox 當量 及 ABTS · ⁺ 自由基清除能力之影響.....	105
圖四十、不同發酵時間對諾麗果汁(80 倍稀釋) 的相對 BHA 當量及 DPPH 自由基清除能力之影響.....	106
圖四十一、不同發酵時間對諾麗果汁(8 倍稀釋) 的ACE 抑制活性之 影響.....	107
圖四十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁 pH 值之影響.....	109
圖四十三、不同儲藏時間及方式諾麗果汁色澤之影響.....	111
圖四十四、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中總酚含量之影響.....	114
圖四十五、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中類黃酮含量之影響..	115
圖四十六、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中縮合單寧含量之影..	117
圖四十七、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中芸香素濃度之影響..	118

圖四十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響.....	121
圖四十九、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中虹苔濃度之影響.....	124
圖五十、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(30 倍稀釋) 的相對 trolox 當量及 ABTS · ⁺ 自由基清除能力之影響.....	127
圖五十一、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(70 倍稀釋) 的相對 BHA 當量及 DPPH 自由基清除能力之影響.....	128
圖五十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(8 倍稀釋) 的ACE 抑制活性之影響.....	129

表目錄

表次	頁數
表一、諾麗果在不同成長階段下之可能產量.....	12
表二、在熟成期間水果表面顏色與硬度之演變.....	12
表三、諾麗的傳統用途.....	15
表四、諾麗果汁的物化組成.....	22
表五、不同果汁的鉀含量比較.....	25
表六、基於單醣鍵結資料的多醣組成推論.....	25
表七、諾麗果實中已知化學組成分.....	33
表八、成熟諾麗果實中之揮發性化合物.....	38
表九、諾麗果品質指標性成分含量.....	42
表十、諾麗果在不同部位的主要虹苷含量.....	46
表十一、諾麗果萃取物對革蘭氏陽性菌與陰性菌的抗菌活性.....	49
表十二、諾麗萃取物的抗真菌活性.....	50

附目錄

次序	頁數
附錄一、去乙醯車葉草酸之標準曲線圖.....	143
附錄二、車葉草酸之標準曲線圖.....	143
附錄三、沒食子酸之標準曲線圖.....	144
附錄四、槲皮酮之標準曲線圖.....	144
附錄五、兒茶素之標準曲線圖.....	145
附錄六、Trolox 之標準曲線圖.....	145
附錄七、BHA 之標準曲線圖.....	146
附錄八、Scopoletin 之標準曲線圖.....	146
附錄九、Rutin 之標準曲線圖.....	147
附錄十、小諾麗果汁之分析型高效液相層析圖.....	148
附錄十一、芸香素與東莨菪素標準品之分析型高效液相層析圖.....	148
附錄十二、不同發酵時間對諾麗果汁之產率、pH值及色澤之影響...	149
附錄十三、不同發酵時間對諾麗果汁之機能性成份含量之影響.....	150
附錄十四、去乙醯車葉草酸及車葉草酸之元素分析.....	151
附錄十五、不同發酵時間對諾麗果汁中去乙醯車葉草酸、車葉草酸濃 度及兩者總量之影響.....	152
附錄十六、不同發酵時間對諾麗果汁的抗氧化能力及 ACE 抑制活性	

之影響.....	153
附錄十七、發酵性試驗之總結論.....	154
附錄十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁 pH 值之影響.....	155
附錄十九、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁色澤之影響.....	156
附錄二十、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中總酚含量之影響.....	157
附錄二十一、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中類黃酮含量之影響.....	158
附錄二十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中縮合單寧含量之影響.....	159
附錄二十三、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中芸香素濃度之影響.....	160
附錄二十四、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響.....	161
附錄二十五、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中去乙酰車葉草酸及車葉草酸濃度之影響.....	162
附錄二十六、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 ABTS · ⁺ 清除能力及相對 trolox 濃度之影響.....	163
附錄二十七、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 DPPH 自由基清除能力及相對 BHA 濃度之影響.....	164

附錄二十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 ACE 抑制活性之影響.....	165
附錄二十九、儲藏性試驗之總結論.....	166

摘要

本實驗目的在於探討諾麗(Noni) 果汁在不同發酵及不同儲藏時間的物理性質、功能性成份及生理活性的變化；此外，由於現今市面上並無虹苷(Iridoids) 可作為標準品，故先分離純化iridoids 及定性，用於定量不同發酵及儲藏時間之諾麗果汁中iridoids 含量及其安定性，期望未來可作為控制諾麗果品質指標性物質。由發酵性實驗結果顯示，發酵一個月之諾麗果汁pH 值皆維持在3.7 左右；產率於發酵後可提高至56.74%，而其顏色則會變深；酚類化合物、類黃酮、芸香素 (Rutin) 及DPPH 自由基清除能力會隨著發酵時間而減少，而東莨菪素 (Scopoletin) 及總抗氧化能力 (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC) 則是發酵後有提高之趨勢；血管收縮素轉化酶(Angiotensin converting enzyme, ACE) 抑制率則沒有顯著的差異。此外，諾麗果汁中主要的iridoids 有兩種，分別是去乙酰車葉草酸 (Deacetylasperulosidic acid, DAA) 及車葉草酸 (Asperulosidic acid, AA)，兩者會隨著發酵時間而緩慢降低；由儲藏性實驗結果顯示，照光、未照光及4°C 組經殺菌過之諾麗果汁的pH 值皆比未殺菌的諾麗果汁高，而pH 值則會隨儲藏時間而逐漸降低，且顏色會變深，但於不同儲藏時間之諾麗果汁的顏色則沒有明顯地變化，經殺菌後儲藏三個月，三組之功能性成分及生理活性亦沒有太大的變化，由上述實驗結果可知，諾麗果汁於殺菌過後有相當的儲藏安定性。

Abstract

The aim of this study was to investigate the changes in the physical properties, functional compounds especially iridoids and the physiological activities of noni juice during 4-week fermentation and 3-month storage. In the study, two major iridoids were isolated, purified and used as standard to determine their content and stability in noni juice, and expectations of the future could be used as indicators of quality control of noni. The results of fermentation experiments showed that during fermentation, the pH value in noni juice was remained around at 3.7, yield increased slowly up to 56.74%, and the color turned darker. The contents of total phenolic compounds, flavonoids and rutin as well as DPPH free radical scavenging ability decreased along with increase of fermentation time. Scopoletin and trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) increased and angiotensin converting enzyme (ACE) inhibition showed non-significant change in fermentation. Iridoids, specifically deacetylasperulosidic acid (DAA) and asperulosidic acid (AA) were identified as the major components in noni juice and both slowly decreased during fermentation. The results of storage experiments showed that all samples from illumination, non-illumination at room temperature or 4°C of sterilized-noni juice showed higher pH values than that of non sterilized-noni juice, and decreased with storage time. After sterilization, the color of noni juice became darker, but there were non-significant change during storage. Under three different storage conditions non-significant change in functional components and physical activities in storage time. The results indicated that sterilized-noni juice had constant and better qualities during storage.

壹、前言

隨著時代變遷及經濟發展，現代人對於健康保健的注重日益提升，在飲食上也逐漸精緻化，而目前重大死亡疾病如癌症、高血壓、心臟病、糖尿病及多種慢性疾病如痛風、肝病等亦隨之而來，並有逐年增加的趨勢。隨著健康觀念的增長，現代人也意識到藉由飲食攝取所需營養較食用藥物來的健康，因為化學合成之醫療藥品往往伴隨強烈的副作用，因此作用較為緩和之天然草本藥方便成為替代療法的新興選擇。植物中多種天然成分具有防治某些疾病之功效，又某些植物特別富含防治某種疾病的天然化合物，此類食用植物宜加以研究並開發為保健食品。目前市面上已有多種替代療法的產品問世，其中諾麗果汁為近年國內崛起的熱門保健飲品。

諾麗 (Noni) (*Morinda Citrifolia*) 為一熱帶常綠灌木，主要盛產於南太平洋群島附近。波利尼西亞人將此作為食品兼藥物長達 2000 多年，在當地被視為能治百病的萬靈藥 (羅, 2009)。諾麗的果實、根、莖、葉、花及樹皮都具有對人體有益的功能性化合物 (Yang *et al.*, 2007; 羅, 2009; 張, 2009)，其根與樹皮常做為染劑，其他部位則具有多種藥療效果 (Palu *et al.*, 2008)。近十年已有多項對諾麗之研究，主要著重於果實與葉的機能性成分與功效，已有 200 多種化學成分由諾麗中分離出來 (Kinghorn *et al.*, 2011)。研究指出，諾麗含蔥醌、虹苷

(Iridoids)、東莨菪素(Scopoletin)、芸香素(Rutin)、類黃酮、多醣及多種酚類物質，具有抗氧化、抗細菌、抗病毒、抗黴菌、抗腫瘤、抗癌症、抗發炎、降血壓及預防心血管疾病等功效 (Wang *et al.*, 2002; Chan-Blanco *et al.*, 2006)。諾麗雖具多種療效，但果實於熟成後會產生刺激性風味，一般消費者難以接受，故市面販售之諾麗果汁多經加工或調合處理以降低其不良風味。

諾麗果品質會受到多種因素的影響，例如採收季節、加工及儲藏條件，及其他果汁的添加等，因此諾麗果汁之品質控制是非常急迫的需求，故需從果汁中分離純化出可被辨識之化合物來當作果汁品質控制之指標；其中，iridoids 在諾麗果汁中含量豐富，易分離且安定，故可作為諾麗果品質指標性物質，其具有清除自由基、控制膽固醇、增強體力、促進心臟健康、強化免疫系統、降低發炎狀況、防止細胞突變及有助維持腦部健康等廣效性功能(Deng *et al.*, 2010)。文獻指出 (Potterat and Hamburger, 2007；Deng *et al.*, 2010)，諾麗果汁中主要的 iridoids 有兩者，分別為去乙酰車葉草酸(Deacetylasperulosidic acid, DAA)及車葉草酸(Asperulosidic acid, AA)，若此二化合物含量為諾麗果汁中較多且於發酵及儲藏過程中仍可呈安定狀態，則可望用於作為控制諾麗品質之指標性化合物。

本研究將分成兩部份，第一部份試驗是將諾麗果汁於室溫下發酵

一個月，第二部份試驗則是諾麗果汁於殺菌後在室溫下分成照光、未照光及4°C避光分別儲藏三個月，並探討在發酵及儲藏過程中其 (1) 理化性質之變化，如產率、pH 值及色澤。(2) 機能性化合物含量之變化，包括iridoids、rutin、scopoletin及其含糖衍生物之含量、總酚類化合物含量、類黃酮含量及縮合單寧含量。(3) 生理活性之變化，像是總抗氧化能力(Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)、DPPH 自由基清除能力及血管收縮素轉化酶 (Angiotensin converting enzyme, ACE) 抑制活性 (4) 分離及鑑定諾麗果汁中iridoids 之化學結構。

貳、文獻回顧

一、諾麗之簡介

(一) 名稱

諾麗果學名為海巴戟天 (*Morinda citrifolia* L.)，其英文名noni為夏威夷及波里尼西亞等地對海巴戟天的俗稱，亦為目前商業上最廣泛使用的名稱 (Nelson and Elevitch, 2006)，該植物隸屬為茜草科 (Rubiaceae)、海巴戟天屬 (*Morinda*)。諾麗廣泛分布於熱帶氣候地區，目前已發現約有80個品種 (Morton, 1992)，其中最常見的就是*Morinda citrifolia* L. (Samoylenko *et al.*, 2006)。在不同的栽種國家及地區亦具有許多不同的俗名，在印度次大陸有印度桑椹 (India mulberry)、nuna 或 ach 之稱；馬來西亞人稱之為mengkudu；在部分東南亞地區稱為nhau；在加勒比海地區稱之為止痛藥木 (painkiller bush)；在澳大利亞則稱之為乳酪果 (cheese fruit)，另外還有ba ji tian、nono 及nonu 等俗名(Morton, 1992; Nelson, 2001; Ross, 2001; Wang *et al.*, 2002; Cardon, 2003; Samoylenko *et al.*, 2006; Deng *et al.*, 2010)。在台灣文獻中多稱為檄樹，而其他俗名則包括：水冬瓜、紅珠樹、蘿莉、四季果、精力果及長壽果等 (陳, 2007)。

(二) 植物外觀

諾麗是一種生長於海岸線的直立性常綠小喬木或灌木(圖一)，從海平面到海拔1300公尺的森林區域都可以發現其蹤跡(Wang *et al.*, 2002)，其樹高可達3至10公尺高，樹幹直徑可達15公分以上，葉片為寬橢圓形(長5-17公分，寬10-40公分)，顏色呈亮綠色且葉脈深，花為管狀小白花聚生在花梗上(圖二)，葉柄似環狀的分布於花梗周圍，其花冠呈白綠色(Morton, 1992; Elkins, 1998; Dixon *et al.*, 1999; Ross, 2001; Cardon, 2003)。諾麗最具特色的為其果實，外觀橢圓(長約3-10公分，寬約3-6公分)，約馬鈴薯般大，為一種由許多小花聚集轉變而成之聚合果，果實表面有凸起的區塊，每個塊狀代表一朵小花，其中包含一顆暗褐色、三角形的種子，種子中心為中空子囊而具有浮力，在海上漂流一段時間後仍可發芽，這可能是諾麗可廣泛分布於世界各地的原因(Potterat and Hamburger, 2007)。諾麗果實顏色為亮綠色(圖三)，而採收後的果實在1-3天內會迅速後熟(圖四)，熟成後果實顏色會逐漸軟化變成半透明的灰白色並具有令人不悅的丁酸腐臭味和皂素觸感(Morton, 1992; Dixon *et al.*, 1999; Nelson and Elevitch, 2006)。



圖一、諾麗果樹。

Figure 1. Noni tree.



圖二、諾麗果：綠色果實和花。

Figure 2. Noni fruit: young green fruit with flowers.

(<http://www.imagejuicy.com/images/fruits/n/noni/1/>)



圖三、諾麗果：成熟果（未後熟）。

Figure 3. Noni fruit: mature fruit (unripe).



圖四、諾麗果：後熟果。

Figure 4. Noni fruit: riping fruit.

(<http://www.purenoni.com.tw/?ID=1&ID2=1&idno=1>)

(三) 產地分佈

諾麗為一熱帶植物原產於東南亞至澳洲一帶，自太平洋諸島的夏威夷(波里尼西亞)、大溪地，到中南美洲的巴拿馬，乃至東南亞的印度、印尼、海南島、馬來西亞、泰國，甚至於南半球的澳大利亞都可以發現其蹤跡。

台灣亦有本土品種的諾麗，台灣中南部的溫溼氣候適合諾麗的生長，故多產於屏東、恆春半島一帶，近幾年來有越來越多的農民引進作大規模的栽種，目前在雲林、嘉義、台南、屏東等地都有諾麗果的生產(羅，2009)。諾麗四季皆可開花結果，在台灣地區，約在六、七、八月產量漸豐，而在夏秋兩季達到高峰，大約至十月份產量開始下降，可生產至隔年三、四月左右，但還是要視每年氣候的差異及品種的差異而不同(羅，2009)，且在不同之生長階段其果實產量亦會受到影響，如表一所示(Nelson, 2003)。

不同區域的諾麗果具不同的形態，如圖五，圖左為本土品種的諾麗，體型較小(長約5 cm)，籽多肉少氣味濃郁，俗稱小諾麗；圖右為大溪地品種的諾麗，體型較大(長約10 cm)，肉多籽少氣味略淡，俗稱大諾麗，為目前商業上泛用的品種。本實驗初步研究小諾麗與大諾麗的差異，結果發現小諾麗具較高的機能性成分含



圖五、不同品種的諾麗果（左：本土品種、右：大溪地品種）。

Figure 5. Two different species of noni fruits.

Left: Taiwan (native) noni ; right: Tahitian noni.

(林，2010)

量，故以小諾麗作為本研究之對象。

(四) 品種分類

一般來說，諾麗果可被分為兩種可區別的品種 *M. citrifolia* (*M. citrifolia* var. *citrifolia* 與 *M. citrifolia* var. *bracteata*) 和一種培育的品種 (*M. citrifolia* cultivar *Potteri*)。較常見的品種為 *M. citrifolia* var. *citrifolia*，具有很高的經濟價值，其同時具有不同大小的果實，而葉的形狀從圓形、橢圓形、長形到帶狀皆有記載。*M. citrifolia* var. *bracteata* 則具有較小的果實，而被苞片包埋在其中。*M. citrifolia* cultivar *Potteri* 則為一種觀賞用的品種，具有白色和綠色的葉子 (McClatchey, 2002; Nelson, 2003)。不同品種的諾麗果常被做為傳統的醫療藥物，當地的行醫者會選擇指定型態或氣味的樹種作為特定用途 (McClatchey, 2002)。然而，多數研究並沒有特別區別不同品種的諾麗果 (Pawlus and Kinghorn, 2007)，這可能使不同文獻的結果有所出入，但這也意味著無論是何種品種的諾麗果，多少都具有一定程度的機能性。

(五) 後熟現象

由於諾麗果含有豐富的果膠多醣，其後熟現象明顯，果實於收穫後會繼續成熟而可分為幾個階段，在這段時間果實之色澤與

硬度的變化列於表二。諾麗果在成熟時經人工選別摘採，在第一階段“黃綠”時盛裝於籃或容器運送至加工業者手中，此階段的果實結實而禁得起碰撞，曝露在光或高熱均不會對果實的品質造成影響。接著在室溫熟成，此時果實迅速軟化，幾小時便會從第四階段轉為第五階段，果實呈部分液化，外觀為半透明狀態，只要一天至數日就可完成諾麗果的後熟過程 (Nelson, 2003)。圖六為諾麗果熟成前後的外觀變化，上圖為未熟成的果實，色澤綠而質地硬；經過幾日的室溫靜置後，轉變為下圖已熟成的果實，質地軟化而些微出汁，表面灰白而呈半透明狀，熟成後的諾麗果收集至冷藏庫保存，待所有果實均熟成便可開始進行發酵作業。

二、諾麗的傳統用途及其加工

(一) 傳統用途

早在兩千多年前諾麗就已被波里尼西亞當地居民當作食品兼藥物，整株植物都可被加以利用，外用常作為敷藥；內服則以泡浸液、直接食用或製備成發酵物服用為主 (Pawlus and Kinghorn, 2007)。傳統上常用於處理燒燙傷、咬傷、膿瘡、發炎、黴菌感染、便秘和腹瀉 (Dixon *et al.*, 1999; McClstchey, 2002)。諾麗的樹皮和根部因富含蒽醌，常被當作天然黃色素和紅色素，用於傳統服飾的染色 (Potterat and Hamburger, 2007)。有文獻指出，波里尼西亞

表一、諾麗果在不同成長階段下之可能產量

Table 1. Possible yields of noni at various growth stages

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

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

(Nelson, 2003)

表二、在熟成期間水果表面顏色與硬度之演變

Table 2. Evolution of fruit skin colour and firmness in the course of ripening

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

(Chan-Blanco *et al.*, 2006)

與澳洲的原住民，有生食或熟食諾麗的習慣，然而可能是其熟果具有令人不悅氣味的緣故，故食用期間似乎僅限於飢荒時期 (McClstchey, 2002; Morton, 1992)。諾麗常見的傳統用途詳見表三，其中以葉與果實的利用為大宗。

近幾年來諾麗在國際上如美國、歐洲、日本等地，備受關注，諾麗果汁甚至被歐盟認定為新興食品 (Chan-Blanco *et al.*, 2006)。在台灣，近年來諾麗果農與廠商加以整合，使得諾麗相關產品的販售日益增加，知名度也越來越高，因而漸漸受到國內消費者的關注。

(二) 諾麗果汁加工

諾麗果實剛採收時表面堅硬不好食用，需放置1-3天使其後熟才能做進一步的加工。不光是果實部分，諾麗的根、莖、葉、花及樹皮都具有對人體有益的機能性化合物 (Yang *et al.*, 2007; 羅, 2009; 張, 2009)。目前市面上諾麗產品總類繁多，其中以果汁產品為最大宗。以下就以目前最常見的幾種諾麗產品來做介紹：

1. 傳統之諾麗果汁

傳統之諾麗果汁就是經過發酵的諾麗果汁，在發酵過程中多種酵素綜合作用，促使成熟果實進行自消化分解 (autolysis)，進而增強有效成分之生物活性，在民間亦認為發酵產品其生理功效



圖六、不同熟成階段的諾麗果 (上：生果、下：熟果)。
Figure 6. Appearances of noni fruit at different ripening stages.

Up: unripe noni; down: ripe noni.

(林，2010)

表三、諾麗的傳統用途

Table 3. Some traditional uses of noni

Plant part	Preparation	Use
Leaf	Fresh	Wrap and flavor meat for cooling, livestock fodder, silkworm food, topical burns, headaches, fever, ghost medicine
	Tea	Malaria, fever, pain
	Poultice	Tuberculosis. sprains, deep bruising, rheumatism, sciatica, lever, stings from stonefish, bone fractures, dislocations
	Extract	Hypertension. bleeding caused by a bone puncture, stomach ache, fractures, diabetes, loss of appetite, urinary tract ailments, abdominal swelling, hernias, vitamin A deficiency
Fruit	Vapor of broken leaves	Sties
	Unripe	Sores or scabs around or in the mouth, ghost medicine
	Ripe	Famine food, sore throat gargle (mashed), peeling or cracking of the toes and feet (crushed). body or intestinal worms, cuts, wounds, abscesses, mouth and gum infections, toothaches. appetite and brain stimulant, pig food
	Poultice	Boils, carbuncles. tuberculosis, sprains deep bruising. rheumatism
	Oil	Stomach ulcers
	Extract	Hypertension
Stem	Wood	Canoe parts, Paddles, axe and adze handles, digging sticks. firewood. red pigment
	Decoction of bark	Jaundice
	Wood or bark extract	Hypertension
Seed	Oil	Scalp insecticide, insect repellent
Flowers		Sties
Roots	Wood	Carving
	Bark	Yellow pigment
	Juice	Badly infected cut
All parts of the plant		Mild laxative

The information in this table was gathered from a comprehensive review of published ethnobotanical literature about *Morinda citrifolia*.

(Nelson and Elevitch, 2006)

要比新鮮果汁來的佳 (楊, 2005)。傳統製法是將諾麗果放置容器內, 並置於室外發酵數月, 隨著發酵時間果汁自然滲出, 然後將其收集成罐 (Yang *et al.*, 2007)。隨著時代演進, 傳統諾麗果汁之製程也有所改善, 其製程如圖七所示。將新鮮的諾麗果實採收後直接送到工廠, 將其不良果(如被動物吃過或微生物感染等)去除後, 以強力水柱噴洗或利用機械化的傳送帶清洗設備清洗, 然後置於架上自然風乾, 再將果實放入發酵桶內密封進行發酵。發酵桶需以玻璃、不鏽鋼或食用級的塑膠桶為宜。在發酵過程中, 諾麗果汁會漸漸地從果泥中滲出, 其色澤從黃褐色變成深褐色 (Nelson and Elevitch, 2006)。在發酵完成後, 發酵熟成之諾麗果汁外觀為類似醬油之黑褐色液體, 具有澄清葡萄酒的性質以及3.5左右的低pH 值 (王, 2008)。而待果汁完全流出後, 再將剩下之果泥內的果汁壓榨出以提高產率, 殘餘之果渣可丟棄或乾燥進一步做成其他諾麗相關產品。

2. 非傳統之諾麗果汁

非傳統之諾麗果汁即為未發酵的諾麗果汁, 不經發酵的諾麗果汁保有較多的水果甜味, 而發酵之諾麗果汁其苦味和酸味則相對較重, 非傳統諾麗果汁製程如圖八。採收後的成熟諾麗



1. Ripe noni fruit



2. Cleaning



3. Air-dried of noni fruit



4. Fermentation in bucket



5. Fermented noni juice

圖七、傳統諾麗果汁製程。

Figure 7. Production procedure for traditional noni juice.

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

果實經過清洗風乾，然後立即進行榨汁步驟。在榨汁後為了避免發酵，諾麗果汁需進行冷藏、冷凍或巴斯德滅菌 (pasteurization) (羅, 2009)。非傳統諾麗果汁因為未經過發酵過程所以其酸度較低、糖度較高，而色澤較傳統發酵諾麗果汁來的亮 (Nelson and Elevitch, 2006)。

3. 諾麗果粉

除了諾麗果汁產品受重視外，其次就是諾麗果粉，其製程如圖九。將成熟的諾麗果實清洗風乾後，等其後熟軟化或經發酵製汁後，將其種籽去除並置於食品乾燥器 (food dehydrators) 或熱風乾燥機中去除水分，最後再將乾燥好的果泥磨成粉末即完成，可進一步製成膠囊等相關產品 (羅, 2009)。另外，也有包含種籽製成的諾麗果粉，市面上大部份的諾麗果粉產品為含種籽全果乾燥磨成粉而成的，但就目前所知諾麗果實中的活性成分主要存在於果汁與果肉中，而不是在種籽中 (Ram, 2002)。此外，近幾年來冷凍乾燥製成的諾麗果粉越來越受到重視，有些學者認為在製作過程不需經過熱處理更可以維持其所含酵素的活性及生理活性，但在經過人體的消化系統後其所含酵素的活性及生理活性是否依然維持，還需進一步的探討 (Ram, 2002; 羅, 2009)。



1. Ripe noni fruit



2. Cleaning



3. Air-dried of noni fruit



4. Squeeze out the juice (hydraulic)



5. Non traditional fermented noni juice (Fresh)

圖八、非傳統諾麗果汁製程。

Figure 8. Production procedure for non-traditional noni juice.

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



1. Noni pulp (with seeds)



2. Separated noni pulp and seeds



3. keep noni pulp smooth in desiccator



4. dried noni pulp



5. Products of noni powders

圖九、諾麗果粉製程。

Figure 9. Production procedure for noni powder.

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

4. 其他諾麗相關產品

除了上述三種主要的諾麗製品外，還有一些相關製品，像是在諾麗果汁中加入其他果汁如葡萄汁、桑椹汁、草莓汁及百香果汁等，混合調味成諾麗混合汁，然後加水稀釋和加糖以提升果汁口感與風味；將諾麗果粉加水混合後，再加入其他果汁或添加物製成諾麗果粉飲品；將諾麗果泥去籽後加水稀釋，然後加入其他果汁調製成諾麗果泥飲品；將諾麗果汁濃縮3-5倍，以水或果汁還原成不同比例的諾麗濃縮還原汁；將諾麗葉子或果實切片乾燥後，直接加水沖泡成諾麗茶飲品。此外，還可將諾麗製成香皂、潤手乳及洗髮乳等等，應用層面非常廣泛，這也說明諾麗的經濟價值相當高，值得國人好好開發利用(羅, 2009)。

三、諾麗的基本成分及其化合物

(一) 基本成分性質

目前尚未有關於諾麗完整物化性質的測定文獻，而僅有關於果汁的部分可利用資訊，可能是果實為目前諾麗大宗用途之緣故，其基本性質整理於表四。

諾麗果實中含有約90%的水分，而乾燥物則為可溶性固形物、膳食纖維、蛋白質等；諾麗為酸性水果，其pH 值介於3.4至

表四、諾麗果汁的物化組成

Table 4. Physico-chemical composition of noni juice

Characteristics	Chunhieng (2003) ^a	Shovic & Whistler (2001) ^a	Nelson & Elevitch (2006) ^b	European Commission (2002) ^c
pH-value	3.72	—	3.43	3.4–3.6
Dry matter	9.87±0.4%	—	7.6 g/100 mL	10–11%
Total soluble solids (°Brix)	8	—	—	—
Protein content	2.5%	0.4 g/100 g	0.5 g/100mL	0.2–0.5%
Lipid	0.15%	0.30 g/100 g	< 0.1 g/100 mL	0.1–0.2%
Glucose	11.97±0.2 g/L	—	1.5 g/100 mL	3.0–4.0 g/100 g
Fructose	8.27±0.2 g/L	—	1.5 g/100 mL	3.0–4.0 g/100 g
Potassium	3900 mg/L	188 mg/100 g	150 mg/100 mL	30–150 mg/100 g
Sodium	214 mg/L	21 mg/100 g	9 mg/100 mL	15–40 mg/100 g
Magnesium	14 mg/L	14.5 mg/100 g	11 mg/100 mL	3–12 mg/100 g
Calcium	28 mg/L	41.7 mg/100 g	6 mg/100 mL	20–25 mg/100 g
Vitamin C	—	155 mg/100 g	53.2 mg/100 mL	3–25 mg/100 g
Vitamin E	—	—	0.05 mg/100 mL	—

^a Noni fruit

^b Hawaiian noni juice (100% noni juice, data compliment of HawaiiPhytomedicine.com)

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

(Chan-Blanco *et al.*, 2006)

3.7之間，除有caproic acid、caprylic acid等有機酸外，最主要的為己酸和辛酸 (Dittmar, 1993)。礦物質方面，主要為鉀、硫、鈣、磷、鈉與微量的硒 (Chunhieng, 2003)，其相對高的鉀含量與梅子汁、柳橙汁、番茄汁相當 (表五)，因此有學者建議腎臟疾病的患者應限制飲用 (West, 2006)。另外，諾麗中亦富含維生素B、C和E，其中又以維生素C為主 (24-158 mg/100 g dry matter) (Morton, 1992; Shovic, 2001)；此外，還有大量的維生素A先質 (provitamin A) (Dixon, 1999)，可望用於治療維生素A缺乏症狀 (Aalbersberg *et al.*, 1993)。

諾麗中亦含有豐富的碳水化合物，其中包含有49.5%的同質半乳糖醛酸、12.3% 的第一型阿拉伯糖醛酸、10.8%的鼠李糖醛酸和9.0%的阿拉伯糖，這些果膠多醣共佔了諾麗81.6%的碳水化合物組成 (表六) (Bui *et al.*, 2006)，以上結果顯示出諾麗中含有大量的果膠多醣，這些果膠多醣在水果熟成與加工過程中亦扮演重要角色。

(二) 酚類化合物

酚類化合物廣泛存在於植物中，為植物中的二次代謝產物，其結構為一個或多個苯環上帶有一個或數個氫氧基團及其衍生物 (圖十)。酚類化合物在植物一般生長或遭受逆境下都能生成，其種類多達8000多種，普遍認為具有抗氧化、抗菌、抗病毒、抗黴菌、

抗腫瘤、抗突變、抗發炎、保護心血管及促進免疫系統等功能 (羅, 2009; 王, 2008)。

1. 類黃酮

類黃酮為多酚類化合物之一，具有多樣的結構與特性，多發現於水果、蔬菜、核果、種子、花、樹皮等地方。目前已有4000多種類黃酮被鑑定出，其基本是由三個環狀結構的diphenyl propane (C6-C3-C6) 型式所構成 (圖十一)，主要的總類為黃酮 (flavones)、黃酮醇 (flavonols)、黃烷酮 (flavanones)、黃烷醇 (flavanols)、異黃酮 (isoflavones)、黃烷酮醇 (flavanonols) 及花青素配質 (anthocyanidins) 等七大類 (圖十二)。研究指出類黃酮含有廣泛的生理活性，包括抗氧化、抗細菌、抗病毒、抗發炎、抗過敏、血管舒張、螯合金屬離子、抑制脂質過氧化等功能 (Cook and Samman, 1996; Pietta, 2000)。

2. 單寧

單寧為一種特殊的酚類化合物，用於將獸皮鞣化成皮革，故又稱為鞣質。單寧為單體多酚聚集而成的低聚體或高聚體，且大部分的單寧為類黃酮化合物轉化而成。單寧除具有酚類化合物之特性外，還能使蛋白質、生物鹼、明膠沉澱。單寧廣泛

表五、不同果汁的鉀含量比較

Table 5. Potassium content comparison for various fruit juices

Per 6 fl oz (177 mL) serving	
	Potassium (mg)
Prune juice	530
Orange juice	354
Tomato juice	400
Noni juice	390-555

(Nelson and Elevitch, 2006)

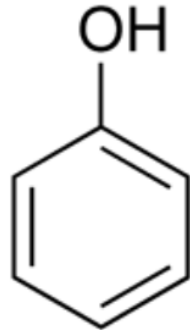
表六、基於單醣鍵結資料的多醣組成推論

Table 6. Deduced polysaccharide composition based on monosaccharide linkage data

Polysaccharide type	Component	Mol% ^a
Pectic polysaccharides	Homogalacturonan	49.5
	Rhamnogalacturonan I	10.8
	Arabinan	9.0
	Type I arabinogalactan	12.3
Type II arabinogalactan	Arabinogalactan-protein	5.5
Xyloglucan		1.5
Heteroxylan		0.3
Heteromannan		0.4
Undefined		10.7

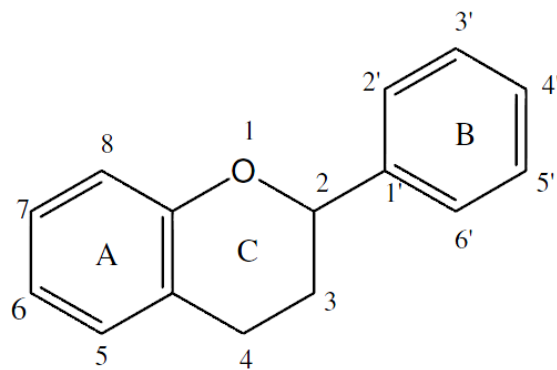
^a Based on sum of linkages as described by Sims and Bacic (1995).

(Bui *et al.*, 2006)



圖十、酚類之基本結構。

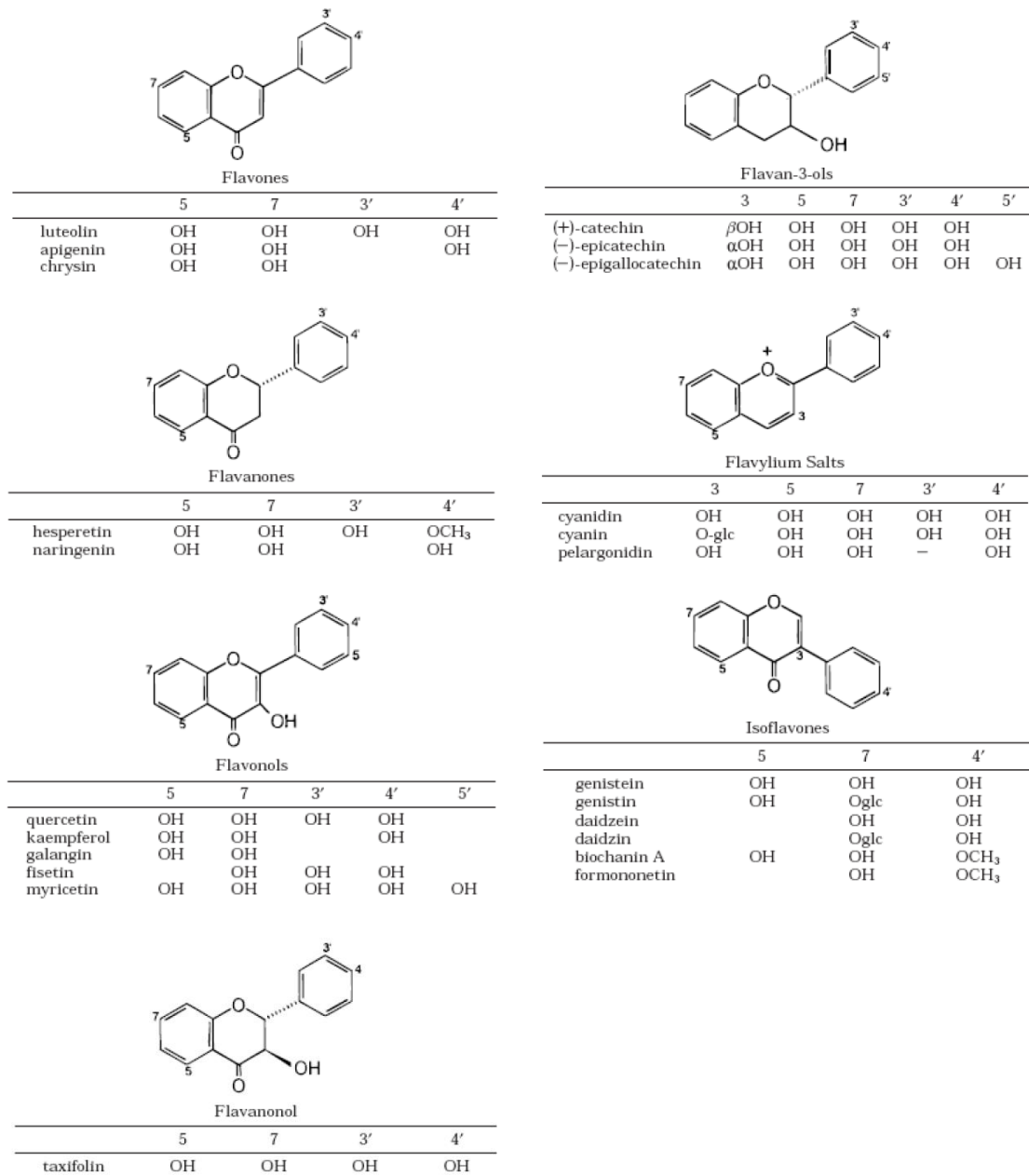
Figure 10. Basic phenol structure.



圖十一、類黃酮之基本結構。

Figure 11. Basic flavonoid structure.

(Pietta, 2000)



圖十二、類黃酮之結構。

Figure 12. Structures of flavonoids.

(Pietta, 2000)

存在於植物中或植物來源的食物內，尤其在橡樹等樹皮中可發現高含量的單寧。根據其結構，單寧可被分為水解型單寧 (hydrolysable tannins) 和縮合型單寧 (condensed tannins) (圖十三)。水解型單寧分子量約為500-2800 Da，加水易分解為多元醇和酚酸類物質，而依分解後產生的酚酸不同，可再區分為產生沒食子酸 (gallic acid)的gallotannin以及產生鞣花酸 (ellagic acid)的ellagitannin。縮合型單寧分子量約為2000-4000 Da，其結構主要以flavan-3-ol為中心，而以碳-碳鍵與flavanol次單位結合，經酸水解會產生花青素配醣基 (anthocyanidin)，故又稱為原花青素配醣基 (proanthocyanidin)。而水解型單寧和大部分的縮合型單寧皆為水溶性，而大分子的縮合型單寧則為非水溶性。研究指出單寧具有良好的抗氧化能力及捕捉自由基，也有抗癌、抗突變、預防低密度脂蛋白氧化等功效，近年來受到廣泛的研究 (Shahidi and Naczk, 2004; 王, 2008; 羅, 2009)。

3. 芸香素

芸香素，又名rutin、rutoside、quercetin-3-rutinoside、sophorin等，最早是從芸香 (*Ruta graveolens*)中分離出，故取名為芸香素，其分子量610.53 Da，屬於類黃酮糖苷化合物 (圖十四)。許多植物中都有芸香素的存在，包括柑橘類 (橘子、葡萄柚、

檸檬、萊姆等)的果實及其外皮、莓果(桑葚、小紅莓等)、蕎麥、蘆筍等，其中又以蕎麥的含量最多。芸香素具有很好的抗氧化及抗發炎的能力，且芸香素可以強化血管結構以改善血友病患的症狀及預防靜脈曲張，並對視網膜出血、微血管性中風、冠狀動脈阻塞等疾病有所助益。且有動物實驗證實，芸香素可以降低肝臟中總膽固醇和三酸甘油酯的含量 (羅, 2009)。

4. 東莨菪素及其含糖衍生物

東莨菪素，又名scopoletin、7-hydroxy-6-methoxycoumarin等，其分子量為192.17 Da，純的東莨菪素為黃色或淺黃色結晶粉末，是屬於香豆素化合物 (coumarin) 之一的化合物。東莨菪素是一種重要的酚類化合物，於自然界中並不常見，但在noni果中含量豐富。

東莨菪素具有許多生理活性，包括抗氧化、抗菌、抗發炎、鎮痛、保護肝臟、預防高血壓等 (Chan-Blanco *et al*, 2007; 羅, 2009)。Jang等 (2003) 研究證實東莨菪素具有抑制Hepa 1c1c7小鼠肝癌細胞的增生。Manuele等 (2006)也認為東莨菪素具有抗腫瘤的能力，有成為癌症用藥的潛力。由文獻得知 (楊, 2005)，scopoletin 含糖衍生物有三種，分別為scopoletin 7-O-glucosyl-(6'-1'')-glucoside、scopoletin-7-O-β-glucoside，又

可稱為scopolin以及scopoletin 7-*O*-glucosyl-(6'-1'')-apioside，又名xeroboside 或hymexelsin，三者之化學結構式如圖十四。

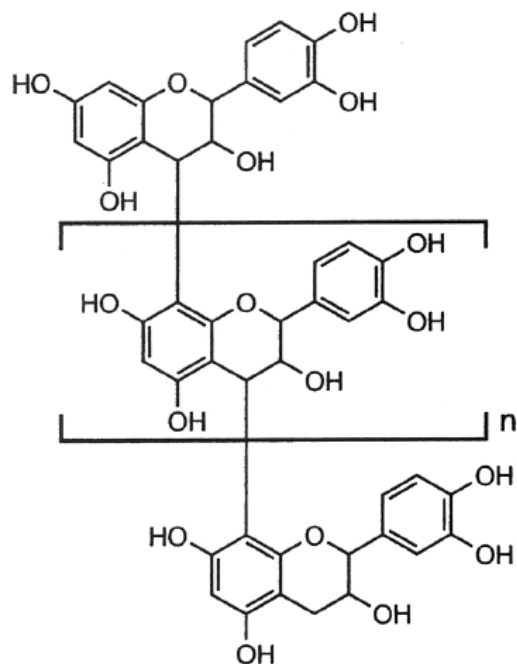
(三) 其他重要化合物

目前在諾麗中已有200種化學物質被鑑定出，其主要的成份為萜類化合物、蒽醌化合物 (anthraquinones)、桑色素酞 (morindone)、檄樹苷 (morindin)、車葉草苷 (asperuloside)、桃葉珊瑚苷 (aucubin)、茜草素 (rubiadin)、東莨菪素 (scopoletin)、damnacanthal、rubiadin-1-methyl ether (Wang *et al.*, 2002)。此外，還有fatty acid glycosides、alcohols glycosides、iridoid glycosides、flavonol glycosides、lignans、coumarins和anthraquinones等(表七)，其結構式如圖十五、十六和十七 (Potterat and Hamburger, 2007)，另外還有生物鹼如xeronine (Heinicke, 1985)。而從諾麗中分離出的揮發性化合物亦多達51種 (表八)，其中以己酸 (hexanoic acid)、辛酸 (octanoic acid)、癸酸 (decanoic acid)、東莨菪素 (scopoletin) 和3-methyl-3-buten-1-ol的含量最多，大約佔了總量的85% (Farine *et al.*, 1996)。

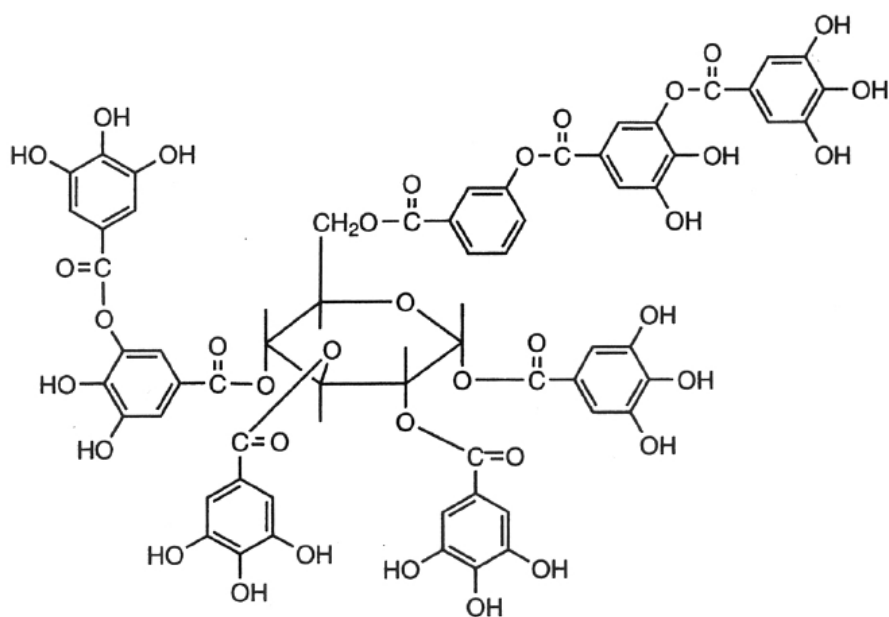
四、諾麗的指標性物質

諾麗果汁含有多種功能性化合物，已被確認能治療多種疾

(a)



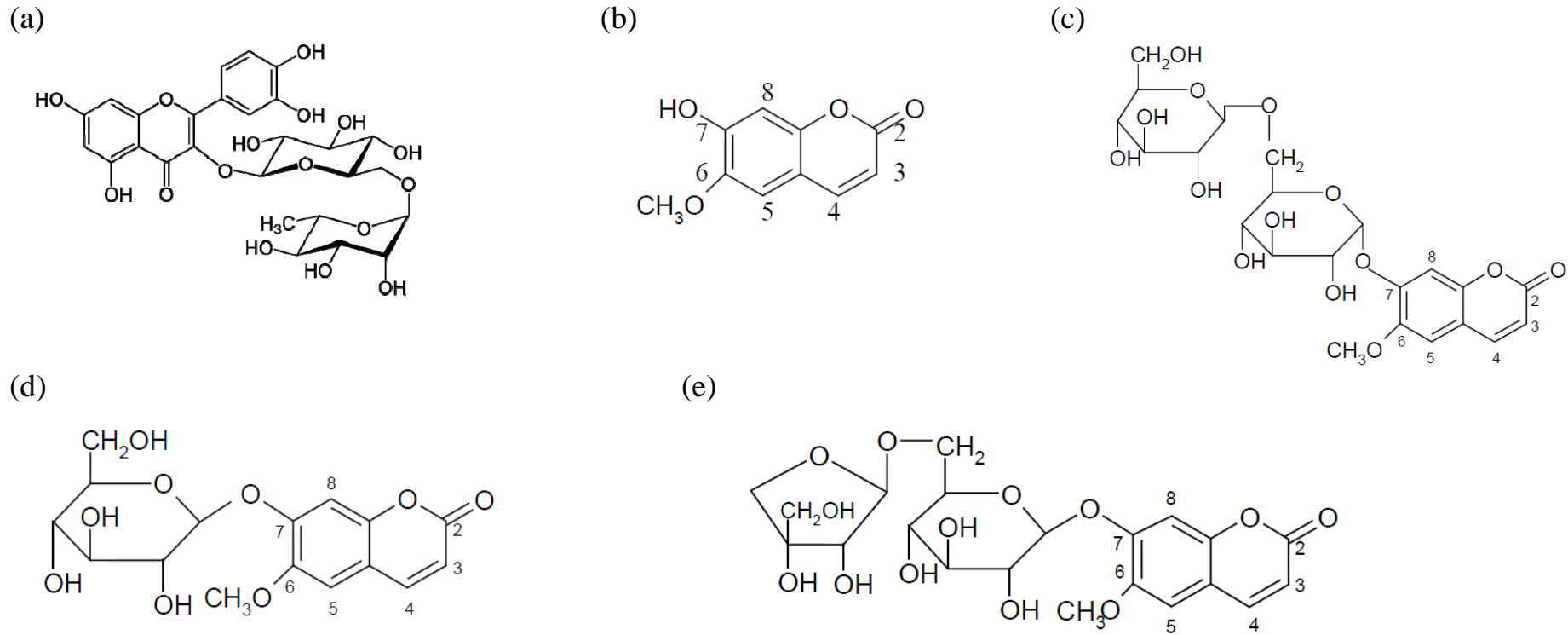
(b)



圖十三、單寧之結構。(a)：縮合型單寧。(b)：水解型單寧。

Figure 13. Structures of tannin. (a): condensed tannin. (b): hydrolysable tannin.

(Shahidi and Naczki, 2004)



圖十四、芸香素、東莨菪素及東莨菪素含糖衍生物之化學結構。(a)：芸香素。(b)：東莨菪素。(c)：scopoletin 7-O-glucosyl-(6'-1'')-glucoside。(d)：scopoletin-7-O-β-glucoside。(e)：scopoletin 7-O-glucosyl-(6'-1'')-apioside。
 Figure 14. Structures of rutin, scopoletin and scopoletin derivative. (a) : rutin. (b) : scopoletin. (c) : scopoletin 7-O-glucosyl-(6'-1'')-glucoside. (d) : scopoletin-7-O-β-glucoside. (e) : scopoletin 7-O-glucosyl-(6'-1'')-apioside.

(楊, 2005 ; Pawlus and Kinghorn, 2007)

表七、諾麗果實中已知化學組成分

Table 7、Chemical composition from noni fruit

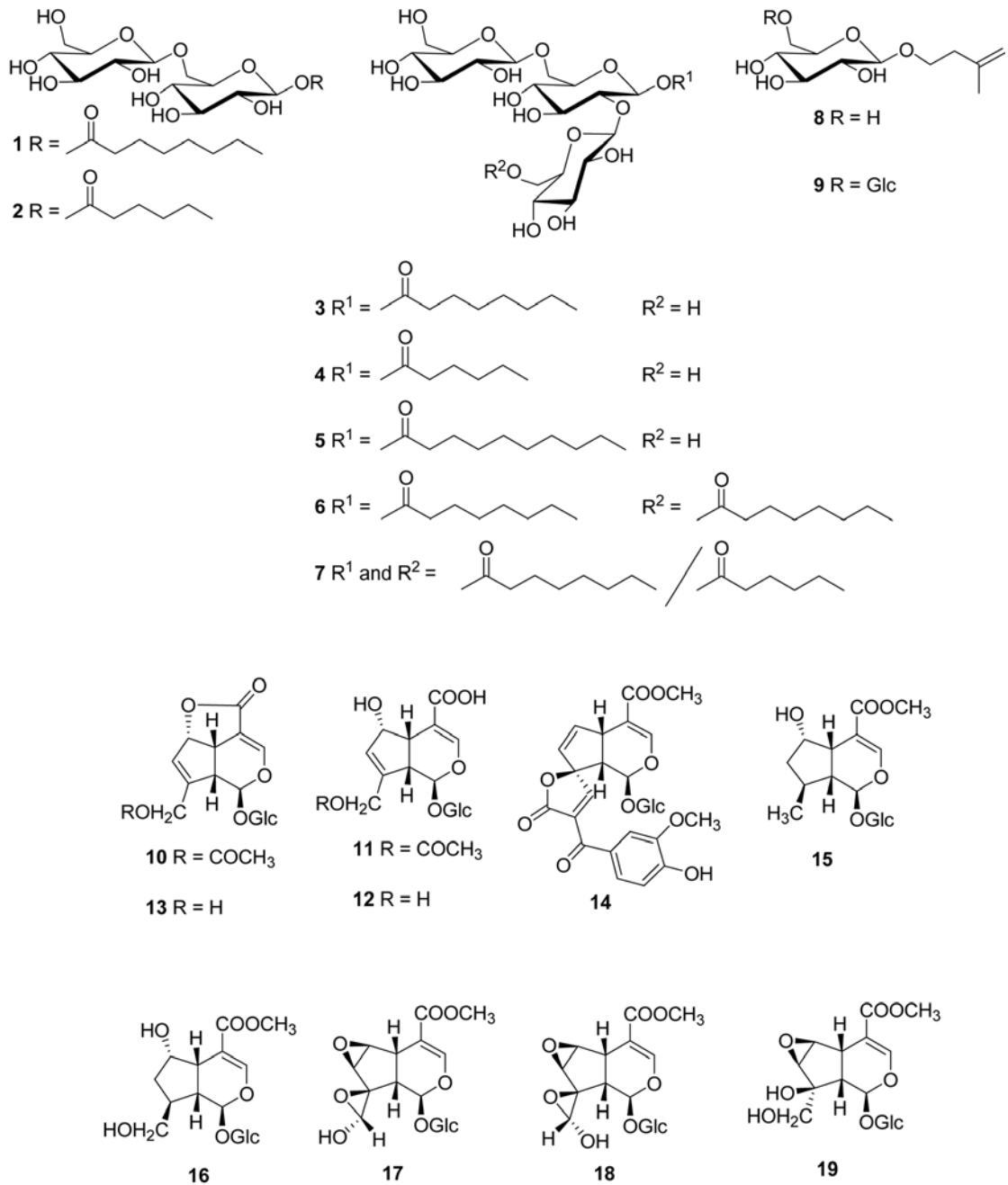
The compound in noni fruit
fatty acid glycoside (1-7)
alcohols glycoside (8-9)
iridoid (main)
asperuloside (10)
asperulosidic acid (11)
deacetylasperulosidic acid (12)
iridoid (minor)
deacetylasperuloside (13)
dehydromethoxygaertneroside (14)
<i>epi</i> -dihydrocornin (15)
6 α -hydroxyadoxoside (16)
citrifolinin B epimers a (17)
citrifolinin B epimers b (18)
6 <i>b</i> ,7 β -epoxy-8- <i>epi</i> -splendoside (19)
flavonol glycosides
rutin (20)
narcissoside (21)
nicotifloroside (22)
lignans
3,3'-bisdemethylpinoresinol (23)
americanol A (24)
americanin A (25)
americanoic acid A (26)
morindolin (27)
isoprincepin (28)
balanophonin (29)

表七、諾麗果實中已知化學組成分 (續)

Table 7、Chemical composition from noni fruit (continued)

The compound in noni fruit
coumarin
scopoletin (30)
2-methoxy-1,3,6-trihydroxyanthraquinone (31)
1,8-dihydroxy-2-hydroxymethyl-5-methoxyanthraquinone (32)
1,3-dihydroxy-2-methoxyanthraquinone (33)
1,6-dihydroxy-5-methoxy-2-methylanthraquinone (34)
2-hydroxy-1-methoxyanthraquinone (35)
5,15-dimethylmorindol (36)
anthragallol-1,3-dimethylether (37)
6-hydroxy-anthragallol-1,3-dimethylether (38)
miscellaneous compounds
β -sitosterol (39)
3- <i>O</i> -glucoside (40)
ursolic acid (41)
19-hydroxyursolic acid (42)
cytidine (43)
borreriagenin (44)
epiborreriagenin (45)
iridoid derivative (46)
succinic acid diesters (47-49)
4-hydroxy-3-methoxycinnamaldehyde (50)
β -hydroxypropiovanillone (51)
vanillin (52)

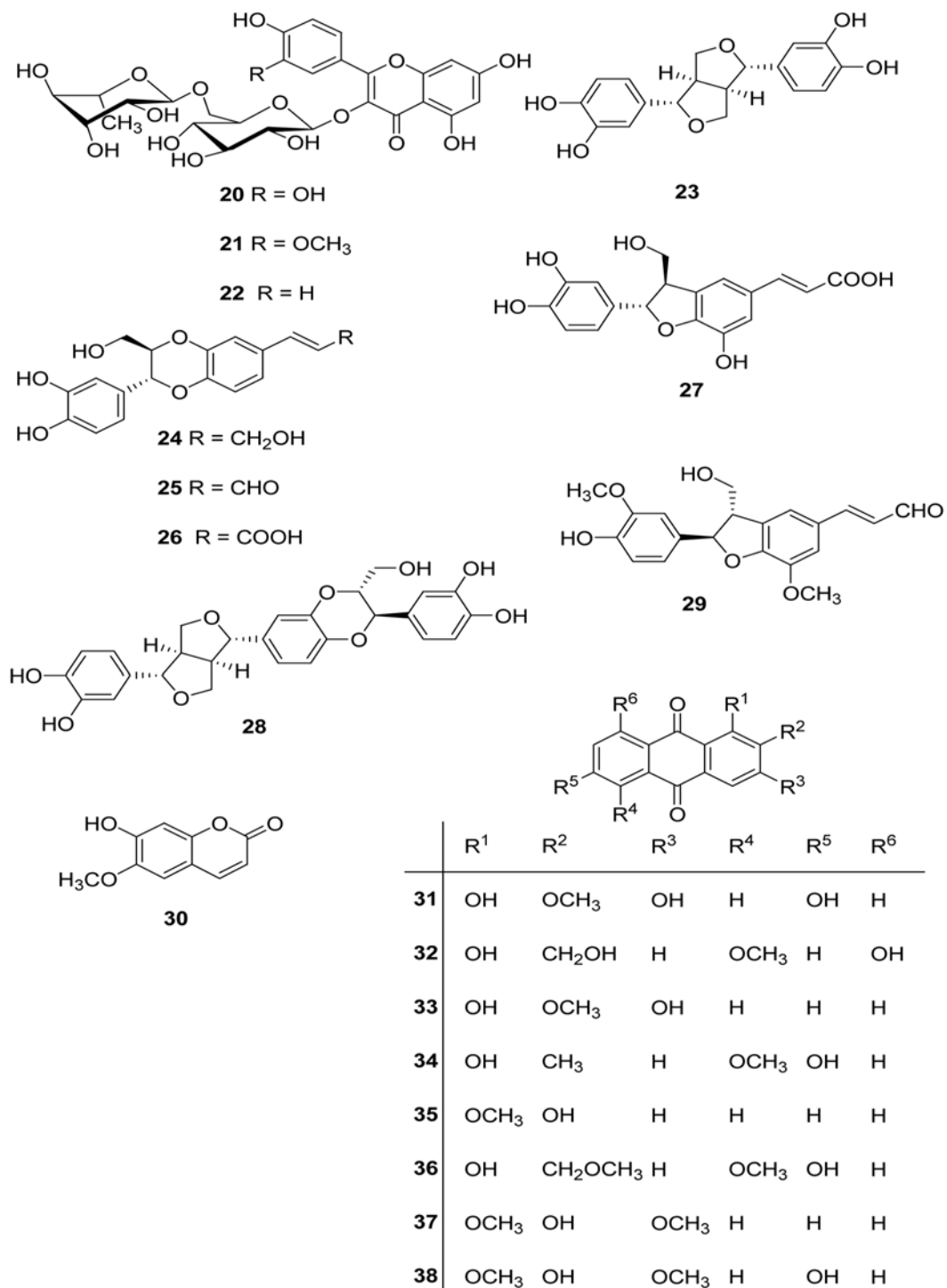
(Potterat and Hamburger, 2007)



圖十五、諾麗果實中已知之脂肪酸醣苷、醇醣苷和環烯醚萜類化合物之化學結構式。

Figure 15. Chemical structures of fatty acid and alcohol glycosides and iridoids found in noni fruit.

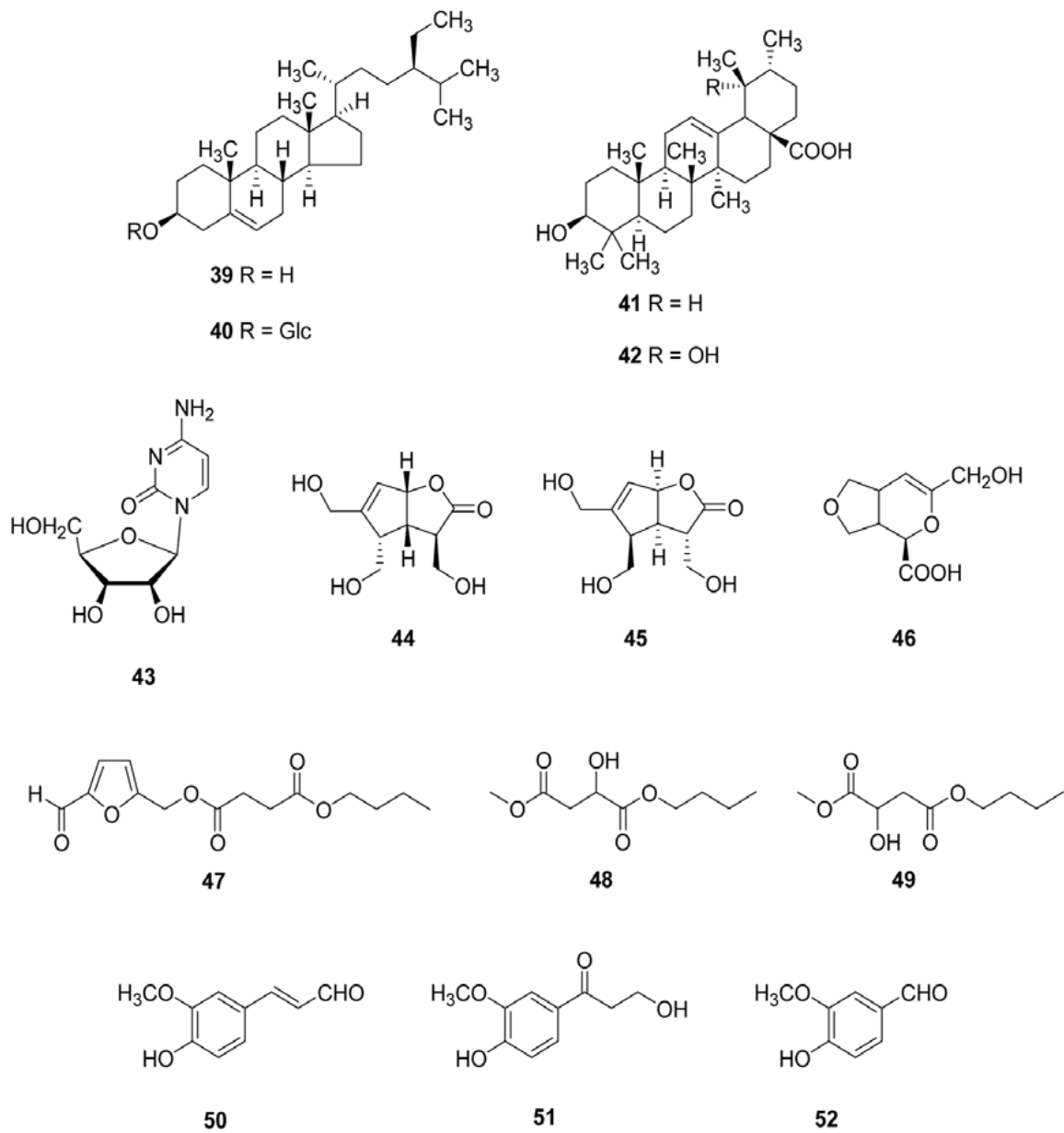
(Potterat and Hamburger, 2007)



圖十六、諾麗果實中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蒽醌類化合物之化學結構式。

Figure 16. Chemical structures of flavonoids, lignans, coumarins and anthraquinones found in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)



圖十七、諾麗果實中已知之其他次級代謝產物之化學結構式。
 Figure 17. Chemical structures of miscellaneous secondary metabolites identified found in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)

表八、成熟諾麗果實中之揮發性化合物

Table 8. Identified volatile compounds from ripe noni fruits

compounds	MW	Identification*	%	ppm
Acids				
Acetic	60	a,b,c	0.04	0.02
2-methyl propanoic	88	a,b	0.11	0.05
Butanoic	88	a,b,c	0.71	0.31
2-methylbutanoic	102	a,b	0.54	0.23
Hexanoic	116	a,b,c	19.42	8.26
3-methylthiopropanoic	120	a,b	0.41	0.18
Benzoic	122	a,b,c	0.19	0.08
Heptanoic	130	a,b,c	0.09	0.04
Octanoic	144	a,b,c	58	24.98
Hexanedioic	146	a,b	0.08	0.03
Nonanoic	158	a,b	0.03	0.01
Decanoic	172	a,b,c	1.54	0.66
Undecanoic	186	a,b,c	0.03	0.02
Lauric	200	a,b,c	0.16	0.07
Myristic	228	a,b,c	0.14	0.06
Palmitic	256	a,b,c	0.49	0.21
Linoleic	280	a,b,c	0.05	0.02
Elaidic	282	a,b,c	0.29	0.12
Oleic	282	a,b,c	0.06	0.03
(Z,Z,Z)-8,11,14-eicosatrienoic	306	a,b	0.68	0.30
total			82.88	35.68
Alcohols				
1-Butanol	72	a,b,c	0.07	0.03
3-Methyl-3-buten-1-ol	86	a,b	4.13	1.78
3-Methyl-2-buten-1-ol	86	a,b	0.03	0.13
1-Hexanol	102	a,b,c	0.11	0.05
Benzyl alcohol	108	a,b,c	0.05	0.02
Eugenol	164	a,b	0.03	0.01
(Z,Z)-2,5-Undecadien-1-ol	168	a,b	0.41	0.18
Total			5.1	2.2
Esters				
Methyl hexanoate	130	a,b,c	0.37	0.16
Methyl 3-methylthio-propanoate	134	a,b	0.03	0.01

表八、成熟諾麗果實中之揮發性化合物 (續)

Table 8. Identified volatile compounds from ripe noni fruits (continued)

compounds	MW	Identification*	%	ppm
Ethyl hexanoate	144	a,b,c	0.12	0.05
Methyl octanoate	158	a,b,c	0.85	0.37
Ethyl octanoate	172	a,b,c	0.45	0.19
Methyl decanoate	186	a,b,c	0.57	0.25
Ethyl decanoate	200	a,b,c	0.19	0.08
Methyl palmitate	270	a,b,c	0.04	0.02
Ethyl palmitate	284	a,b,c	0.03	0.02
Methyl elaidate	296	a,b,c	0.05	0.02
Methyl oleate	296	a,b,c	0.03	0.01
Total			2.76	1.18
Ketones				
3-Hydroxy-2-butanone	88	a,b,c	0.06	0.03
2-Heptanone	114	a,b,c	0.35	0.15
Total			0.41	0.18
Lactones				
(E)-6-Dodeceno- γ -lactone	196	a,b	0.09	0.04
(Z)-6-Dodeceno- γ -lactone	196	a,b	0.09	0.04
Total			0.18	0.08
Miscellaneous compounds				
Hexanamide	115	a,b	0.03	0.01
Limonene	136	a,b,c	0.39	0.17
(Ethylthiomethyl) benzene	152	a,b	0.07	0.03
Unknown 1	166	b	1.48	0.64
Unknown 2	168	b	0.56	0.25
Unknown 3	184	b	0.57	0.25
Scopoletin	192	a,b	1.97	0.85
Vomifoliol	206	a,b	0.95	0.4
Unknown 4	212	b	1.65	0.71
Total			7.67	3.31

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

(Farine *et al.*, 1996)

病，也被認可為安全食用。諾麗果品質會受到多種因素的影響，例如採收季節、加工及儲藏條件，及其他果汁的添加等，因此諾麗果汁之品質控制是非常急迫的需求，故需從果汁中分離純化出可被辨識之化合物來當作果汁品質控制之指標。而文獻報導(Potterat *et al.*, 2007) 多種諾麗果汁之指標性成分如表九，此七種化合物在其他水果中很少含存，被認為是諾麗果品質指標性物質，圖十八為其化學結構式。由表九得知nonioside B (5) 及nonioside C (6) 含量少，不易偵測，需用質譜儀偵測，但質譜儀價格昂貴，因此nonioside B (5) 及nonioside C (6) 不適合作為一般品質指標，另外alizarin (7) 也是含量少，不適用於一般品質指標，而rutin (3) 為一強抗氧化劑，易會隨儲藏時間而被破壞，而其中DAA (1)、AA (2) 及scopoletin (4) 則為較安定的化合物，其安定度大小為DAA (1)、AA (2) > scopoletin (4) > rutin (3) ，且DAA 與AA 的總含量約為2 mg/ml，是七種化合物中較安定且含量較多者。

上述所提之DAA 及AA 皆屬虹苷類 (Iridoids)。Iridoids 是萜類化合物中的環烯醚萜類，其英文名稱源自於蟻素 (iridomyrmecin)、虹彩內酯 (iridolactone) 及虹彩二醛 (iridodial)，是由虹琉璃螞蟻 (*Iridomyrmex*) 分泌的防禦性分泌物中分離而出(El-Naggar and Beal., 1980)。Iridoids 具苦味且通常易溶於水，為陸生及海生植物群和動物群的次級代謝產物，在某些植物體中常以糖苷形式存在(Dinda *et al.*,

2007)。Iridoids 在結構上是屬於環戊-(c)-吡喃單萜類，其基本結構如圖十九，而在生物學及化學分類上則是作為萜烯和生物鹼的結構性連結；在化學分類上更可作為植物群中某些屬的標記，像是車前草屬的桃葉珊瑚苷(車前草科)、豬殃殃屬的車葉草苷(茜草科)及玄參屬的哈帕苷(玄參科)。Iridoids常出現於一些民間藥用植物，作為具苦味的補益藥、鎮靜劑、退燒藥、咳嗽藥、創傷用藥、治療皮膚病等功效，故此植物化學的生物活性具有更進一步研究之價值(Dinda *et al.*, 2007；Tundis *et al.*, 2008；Deng, 2010)。

Iridoids 種類很多，在不同中草藥裡各有不同結構存在，而諾麗果中亦含有許多不同的 iridoids，主要的化合物有 asperuloside (10)、asperulosidic acid (AA) (11)及 deacetylasperulosidic acid (DAA) (12)，而次要的虹苷包括 deacetylasperuloside (13)、dehydromethoxygaertneroside (14)、epi-dihydrocornin (15)、6 α -hydroxyadoxoside (16)、citrifolinin B epimers a (17)和 b (18)以及 6b, 7 β -epoxy-8-epi-splendoside (19) (圖十五) (Potterat and Hamburger, 2007)，其中 AA 及 DAA 兩者在諾麗果汁中含量可高達 2 mg/mL 且在波長 235 nm 具吸光，後續實驗將以 iridoids 結構式相似物馬錢素 (Loganin)作為對照，其結構式如圖二十，以此確認 AA 及 DAA 之最大吸收波長。Iridoids 是諾麗果中的主要植物化學物質，不僅含量高

表九、諾麗果品質指標性成分含量

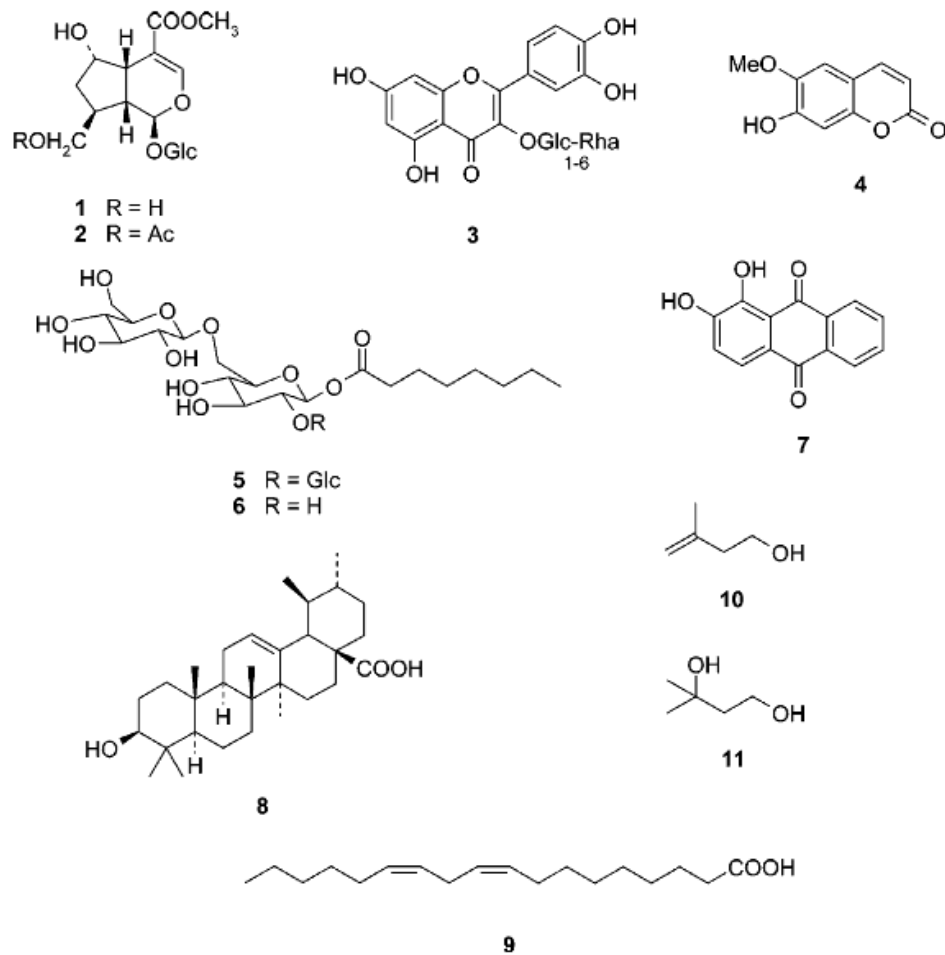
Table 9. Content of quality indicator ingredients in noni fruit

Compound/ juice	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8
DAA (1)	1050.7±24.2	488.8±18.6	1378.2±50.0	2423.5±115.9	1909.7±70.3	360.4±14.2	232.2±15.2	692.7±21.7
AA (2)	220.2±7.1	11.5±1.4	148.2±4.5	122.1±2.0	294.2±5.9	55.9±0.4	5.6±0.3	22.2±1.7
Rutin (3)	0.85±0.05	8.2±0.2	3.5±0.1	1.7±0.1	14.0±0.4	13.3±0.3	2.0±0.1	6.0±0.9
Scopoletin (4)	nd	1.5±0.2	1.6±0.9	23.2±0.2	3.4±0.9	(0.5)	Traces	1.52±0.08
Nonioside B (5)	15.5±0.4	91.7±8.1	3.8±0.2	1.8±0.3	3.0±0.2	94.2±1.6	(0.9)	nd
Nonioside C (6)	3.52±0.04	12.7±0.2	1.8±0.2	2.05±0.02	2.5±0.1	17.1±0.7	(0.3)	nd
Alizarin (7)	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

DAA = deacetylasperulosidic acid ; AA = asperulosidic acid. Juice (J) : µg/mL. nd : not detected ; values in parentheses : <QL, tentative determination

J1 : Apo 1 Thai Noni ; J2 : Pacific Noni ; J3 : Tahitian Noni Juice ; J4 : Noni Widfruchtsaft ; J5 : Good Noni Juice ; J6 : Cook Islands Noni Juice ; J7 : Cook Island Noni des Iles Cook ; J8 : Nature's Noni

(Potterat *et al.*, 2007)



Compound 1 : Deacetylasperulosidic acid

Compound 2 : Asperulosidic acid

Compound 3 : Rutin

Compound 4 : Scopoletin

Compound 5 : Noniosides B

Compound 6 : Noniosides C

Compound 7 : Alizarin

Compound 8 : Ursolic acid

Compound 9 : Linoleic acid

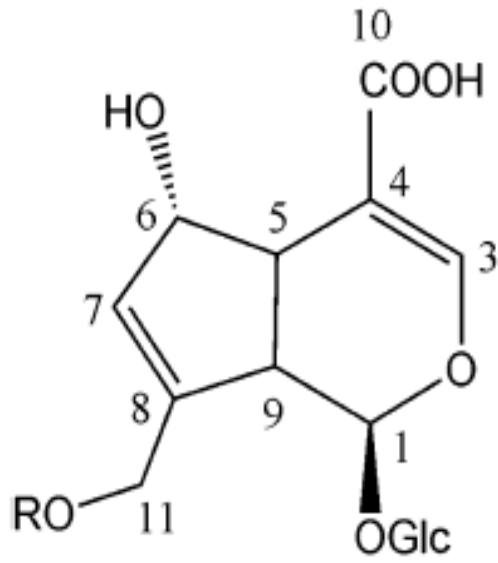
Compound 10 : 3-Methyl-3-buten-1-ol

Compound 11 : 3-Methyl-1,3-butanediol

圖十八、由諾麗果汁中分離出之化學結構式。

Figure 18. Chemical structures of compounds isolated from noni juice.

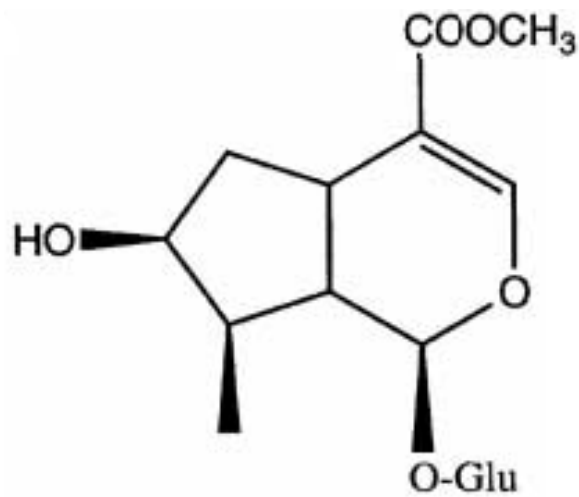
(Potterat *et al.*, 2007)



圖十九、虹苜之基本結構。

Figure 19. Basic iridoid structure.

(Deng *et al.*, 2010)



圖二十、馬錢素之基本結構。

Figure 20. Basic loganin structure.

(Rastrelli *et al.*, 1998)

又易分離，表十為 iridoids 在諾麗各部位之含量。

Iridoids 為同時具備廣效性有益健康的化合物，文獻指出其不具任何口服毒性及基因毒性，但具有潛在抗基因毒性活性(Wang and Su, 2001；Wang *et al.*, 2009；West *et al.*, 2010)。另外，iridoids 可抑制細胞基因碎片的形成，這可能是由於 iridoids 含有 α -不飽和酮根的關係(Nakamura *et al.*, 1997)。此外，iridoids 能呈現保肝及與抑制氧化緊迫所導致的發炎(Xing *et al.*, 2009；Yamabe *et al.*, 2010)，亦能抑制人類白血球中的自由基之生成(Lin *et al.*, 2006)，而在植物油-脫氧五碳糖測試系統中，iridoids 能抑制 TBARS 的生成(Pacifico *et al.*, 2009；Bouderbala *et al.*, 2010)即氧化的發生。以老鼠餵食高膽固醇飼料會導致氧化緊迫，而 iridoids 則具有增進抗氧化酵素的活性而避免高膽固醇的早期治療(Bouderbala *et al.*, 2010)。除此之外，iridoids 能預防心血管動脈疾病，Kim 等(2005)發現，DAA 抑制 LDL 氧化能力(63.8%)與商業上常用的人工合成抗氧化劑 probucol 相當(78.1%)，而 AA 其抑制能力亦可達 55.8%，表示 iridoids 有效抑制 LDL 氧化。Iridoids 亦具有抑制 TNF- α 釋放之能力，可用於治療類風濕關節炎(Li *et al.*, 2006)。雖然 scoplotein 亦具有類似的特性，但其含量較少，又易受季節影響，其安定性有待與 iridoids 相比較，由化學結構初步判斷，由於 iridoids 雙鍵較少因而不易氧化，故 iridoids 似乎較安定。

表十、諾麗果在不同部位的主要虹苷含量

Table 10. The contents of major iridoids in different parts of noni

Sample	DAA ^a	AA ^b
Fruit juice (mg/mL)	1.441 ± 0.027	0.218 ± 0.009
Fruit (dried) (mg/g)	3.741 ± 0.016	1.253 ± 0.005
Leaf (mg/g)	0.338 ± 0.028	0.539 ± 0.007
Root (mg/g)	0.087 ± 0.008	0.326 ± 0.031
Seed (mg/g)	1.303 ± 0.050	0.148 ± 0.011
Flower (mg/g)	0.880 ± 0.040	0.421 ± 0.021

^a Deacetylasperulosidic acid

^b asperulosidic acid ; mean ± SD ; n = 3 .

(Deng *et al.*, 2010)

五、諾麗的生理功效

早在兩千多年前諾麗就已被波里尼西亞當地居民當作食品兼藥物，這說明諾麗具有一定的生理活性，不管是坊間或網路上都聲稱諾麗具有許多生理功效或對某些疾病具有療效，但許多功效仍需進一步經過科學證明。目前已知諾麗的功能性眾多，而整體上經實驗證實諾麗具有的生理活性整理如下：

(一) 抗微生物 (Antimicrobial)

Locher 等 (1995)的研究顯示出乾燥諾麗果實之乙晴萃取物可抑制 *Pseudomonas aeruginosa*、*Bacillus subtilis*、*Escherichia coli* 及 *Streptococcus pyrogene* 等的生長。Wang 等 (2002)研究也指出諾麗果實中的 Acubin、*L-asperuloside* 及 alizarin 和根部的一些蒽醌類化合物 (anthraquinone)具有抑菌效果，可以抑制 *Pseudomonas aeruginosa*、*Proteus morgaii*、*Staphylococcus aureus*、*Baciillis subtilis*、*Escherichia coli*、*Salmonella sp* 及 *Shigela sp* 等細菌的活性，此結果與 Atkinson (1956)的研究報告相似。因此諾麗有被用來治療皮膚感染、感冒、發燒、割傷及傷口發炎等因為細菌引起的健康問題。且 Saludes 等 (2002)發現諾麗的乙醇和正己烷的萃取物可抑制結核桿菌 (*Mycobacterium tuberculosis*)的生長達 89-95%。

Jayaraman 等 (2008)以不同溶劑萃取諾麗來觀察其抗菌活

性，結果顯示其甲醇萃取物的抗菌活性要高於乙酸乙脂與正己烷萃取物，且對革蘭氏陽性菌與陰性菌都具有抑制效果（表十一），對真菌也同樣具有抑制效果（表十二）。

(二) 抗氧化性 (Antioxidant activity)

Wang 等 (2002)比較大溪地諾麗果汁、葡萄籽粉、抗壞血酸 (Vit. C)及pycnogenol (PYC)的超氧陰離子自由基(superoxide anion radical) 清除能力。超氧陰離子自由基會促使細胞與脂質氧化以產生對人體有害的影響，所以超氧陰離子清除能力越高代表其抗氧化力也越好。其結果顯示諾麗果汁的超氧陰離子清除能力為Vit. C的1.4倍、PYC的1.4倍，而與葡萄籽粉有相同的能力。

Mohd 等 (2001) 以甲醇和乙酸乙脂萃取諾麗果實，並以硫氰酸鐵法 (ferric thiocyanate method) 和 硫巴比妥酸法 (thiobarbituric acid test)測試其抗氧化能力。由結果發現乙酸乙脂萃取物的抑制脂質氧化的能力與等重的 α -生育醇 (α -tocopherol) 及butylated hydroxyl toluene (BHT) 相當。

Zin 等 (2006) 利用高效能液相層析儀 (HPLC) 將諾麗之根、果實及葉子的粗萃取物分別區分成數個片段。這些片段都具有高抗氧化活性，但這些片段的抗氧化活性越高，其總酚不一定越高。可能是樣品中含有不同的酚類化合物，因此具有不同的抗

表十一、諾麗果萃取物對革蘭氏陽性菌與陰性菌的抗菌活性

Table 11. 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.

in mm: The diameter of the inhibition zone.

(Jayaraman *et al.*, 2008)

表十二、諾麗萃取物的抗真菌活性

Table 12. 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</i> sp.	25±0.6	13±0.6	48	18±0.0	28	24±0.0	4
<i>Fusarium</i> sp.	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</i> sp.	90±1.0	50±0.6	44.4	60±0.1	33.33	75±0.6	16.6
<i>Rhizopus</i> sp.	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

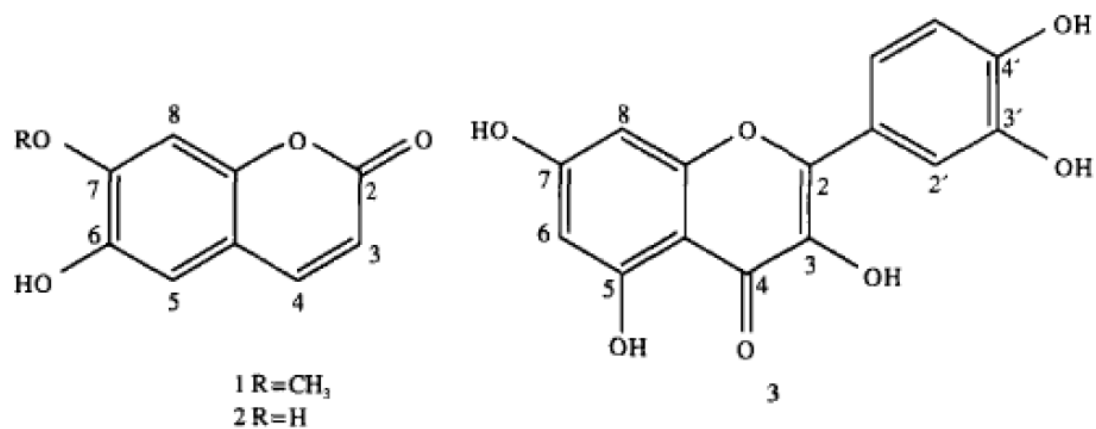
in mm: The diameter of the inhibition zone.

(Jayaraman *et al*, 2008)

氧化能力，所以其抑制氧化的機制也有所不同。

Liu 等 (2007) 研究發酵諾麗果汁之 petroleum ether、ethyl acetate 和 n-butanol 萃取物之抗氧化能力與 mannitol 相比較，其中 mannitol 為一常見之含氧自由基清除劑，故以此作為實驗之正控制組。結果顯示乙酸乙脂萃取物具有較高之抗氧化能力，乙酸乙脂萃取物 (36.2g/mL) 可清除 21.6% 之氫氧自由基，而 mannitol (36.2 g/mL) 則只能清除 12.0% 之氫氧自由基。從發酵諾麗果汁之乙酸乙脂萃取物分離出 isoscapoletin、aesculetin 及 3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone (quercetin) 三種酚類化合物 (圖二十一)，此三種化合物對氫氧自由基和超氧陰離子有良好的清除能力。

Ikeda 等 (2009) 定量 8 種諾麗果汁 (Hawaii : 1, Samoa : 2, Polynesia : 3, Indonesia : 4-7, Tahiti : 8) 中所含的 scopoletin、7-hydroxycoumarin (7-HC) 及 4-hydroxycoumarin (4-HC)。8 種樣品中 7-HC 的量為 5.1-231 μ g/ml，scopoletin 的量為 0.04-0.45 μ g/ml，而沒有在任何樣品中發現 4-HC，且 8 種諾麗果汁樣品對 reactive oxygen species (ROS) 中的 peroxynitrite (ONOO⁻) 有較好的抑制能力。



圖二十一、由諾麗果汁之乙酸乙酯萃取物分離出的化合物 1、2 及 3 之結構。1：Isoscopoletin； 2：Aesculetin； 3：Quercetin。

Figure 21. Chemical structures of compounds 1, 2 and 3 isolated from ethyl acetate extract of noni fruit juice. 1: Isoscopoletin; 2: Aesculetin; 3: Quercetin.

(Liu *et al.*, 2007)

(三) 抗腫瘤及抗癌 (Anti-tumor and anti-carcinogenic)

Hirazumi等 (1994)於noni 果汁中發現含有不溶於乙醇的豐富多醣體物質，又稱作noni-ppt，其主要成分為葡萄糖醛酸 (glucuronic acid)、半乳糖 (galactose)、阿拉伯糖 (arabinose)及鼠李糖 (rhamnose)。研究指出noni-ppt 對路易士肺癌細胞 (Lewis lung carcinoma, LLC)具有細胞毒殺性 (cytotoxicity)，noni-ppt 似乎可促使T細胞、胸腺細胞和巨噬細胞釋放一種細胞激素，使腫瘤的細胞週期變慢以及促進免疫細胞反應來對抗腫瘤的生長。實驗結果也顯示讓具有LLC的小鼠每日攝取15mg的諾麗果汁，可有效增加小鼠的存活時間達119%，也使22隻癌症末期的小鼠中的9隻存活超過50天。攝取noni-ppt 並搭配傳統化療來治療小鼠使其存活時間也有明顯的增加 (Hirazumi *et al.*, 1994; Hirazumi *et al.*, 1996; Hirazumi and Furusawa, 1999)。

Dimethyl benz [a] anthracene (DMBA) 為一化學致癌物，當DMBA與細胞中的DNA結合會形成DMBA-DNA加成物 (DMBA-DNA adduct)，是化學致癌之起始關鍵。Wang和Su等 (2001)在實驗鼠的飲用水中加入大溪地諾麗果汁，連續餵食諾麗果汁一星期後再餵食DMBA，研究結果顯示可顯著減少DMBA-DNA加成物在實驗鼠之心、肝、肺和腎中的生成。

Jayaraman等 (2008)研究諾麗之甲醇、乙酸乙脂和正己烷萃取物對人類喉癌細胞 (human laryngeal epithiloma cells)的抑制作用。結果顯示甲醇萃取物之抑制效果最好，其次是乙酸乙脂萃取物，而正己烷萃取物則幾乎不具抑制效果。

(四)、抗發炎 (Anti-inflammatory)

研究指出諾麗果具有抗發炎之功能，可以有效地抑制發炎因子prostaglandin E2 (PGE2) 和prostaglandin D2 (PGD2) 之合成，即可有效抑制cyclooxygenase-1(COX-1) 之活性，其IC50 為169 µg/mL (Aspirin 其IC50 = 241µg/mL；indomethacin 其IC50 = 1.2 µg/mL) (Li *et al.*, 2003)。

Mckoy等 (2002)發現諾麗果汁水萃取物對局部嚴重的發炎反應具有抑制效果。於大鼠體內以腹腔注射法將諾麗果汁萃取物注入，再於其後腳注入促發炎因子bradykinin和carrageenan，然後觀察其發炎情形。研究結果顯示諾麗果汁萃取物可抑制bradykinin和carrageenan引起的發炎反應，且口服也具有抑制效果。

Yu等 (2008)指出諾麗果汁中主要的抗炎物質scopoletin、quercetin及 ursolic acid 可有效抑制細胞激素interleukin-1β (IL-1β)、interleukin-6 (IL-6)、前列腺素E2 (prostaglandin E2；PGE2) 和骨髓過氧化酶 (myeloperoxidase；MPO)等發炎相關因子的產

生。Calabrò等 (2005)亦指出諾麗果汁中的芸香素化合物也具有抗發炎的功效。

(五) 降血壓 (Hypotensive)

Youngken等 (1958)之研究團隊發現諾麗根部之萃取物具有降血壓的功效，可以使麻醉中的狗之血壓降低。而Moorthy等 (1970)同樣也發現諾麗根部之ethanol萃取物可使麻醉中的狗之血壓降低。Ojewole等 (1983)發現諾麗果汁中含有的東莨菪素化合物能使平滑肌舒緩，以促使血管擴張而達到降低血壓的效果。

利尿劑是一種用於治療高血壓的藥物，使用利尿劑使排尿中的水含量增加，血管中的血量也會減少，因而減少心臟輸出量，血壓也得以降低。Asahina等 (1994)研究指出諾麗果汁具有利尿劑的效果。

血管收縮素轉化酶 (Angiotensin Converting Enzyme ; ACE) 在血壓調節系統renin-angiotensin system (RAS系統)中具有重要角色。當人體血壓降低、腎血流量減少、血液中鈉離子缺乏或交感神經受到刺激時，腎臟會釋放出腎素 (renin)，將肝臟分泌的血管收縮素原 (angiotensinogen) 轉變成不具活性之血管收縮素I (angiotensin I)，血管收縮素轉化酶可將angiotensin I 催化形成血管收縮素II (angiotensin II)，因而引起血壓上升，且同時會使血管舒

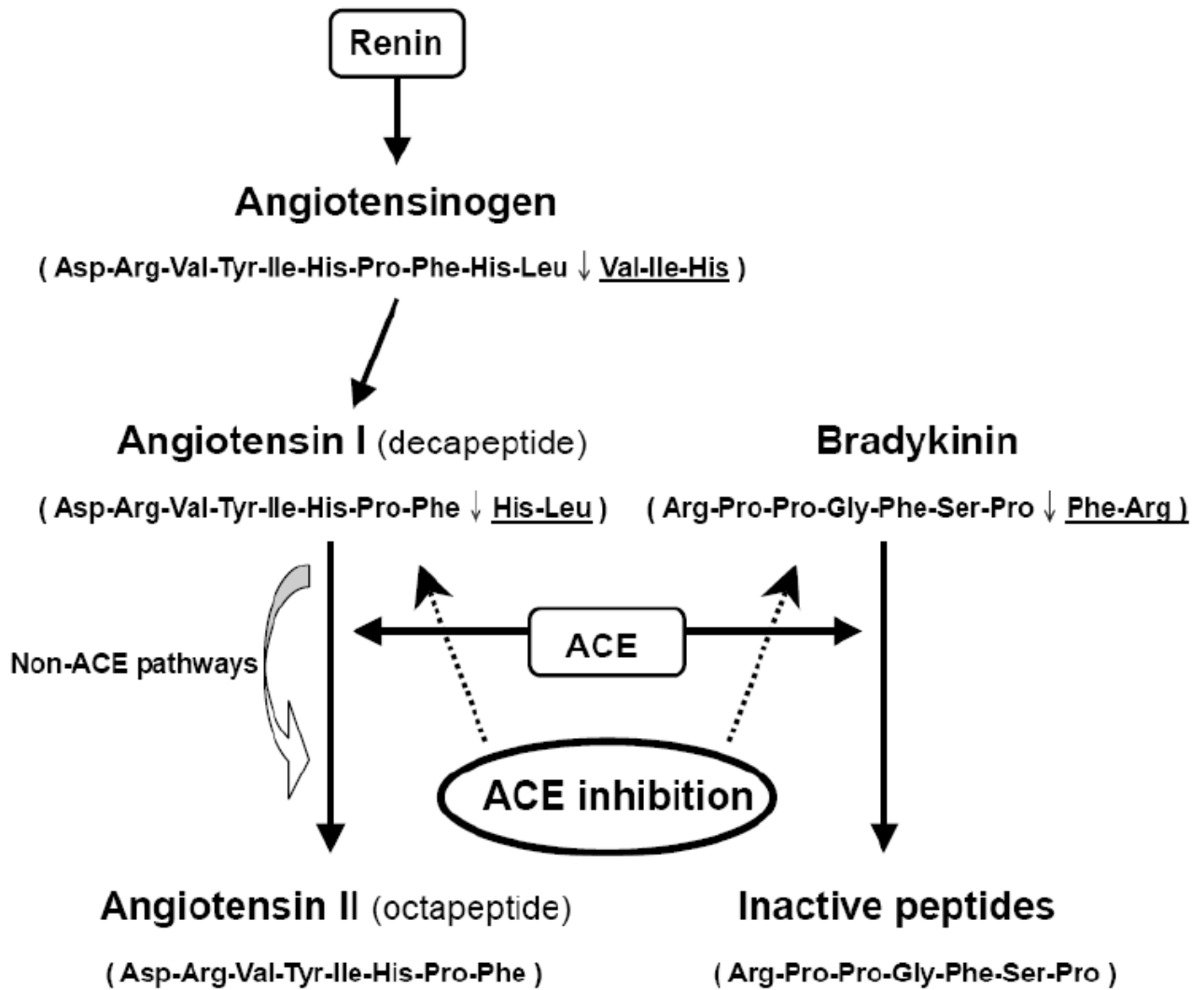
張素 (bradykinin) 水解失活。所以若能抑制血管收縮素轉化酶的活性就可以降低血壓以對抗高血壓。圖二十二為血管收縮素轉化酶之作用機制 (李, 2008)。

Lacaille-Dubois 等 (2001) 研究證實植物中的 proanthocyanidins 和 flavonoids 化合物對血管收縮素轉化酶具有抑制活性，其血管收縮素轉化酶抑制率分別為：orientin ($20\pm 2\%$)、isorientin ($48\pm 1\%$)、isoquercitrin ($32\pm 2\%$)、vitexin ($21\pm 1\%$)、isovitexin ($46\pm 1\%$)、(+)-catechin ($16\pm 3\%$)、(-)-epicatechin ($34\pm 1\%$) 及 procyanidin B₂ ($25\pm 5\%$)。

Yamaguchi 等 (2002) 研究發現諾麗果汁可有效抑制血管收縮素轉化酶活性，且成熟之諾麗果實其血管收縮素轉化酶抑制效果要高於未成熟之果實。而在動物實驗中，餵食自發性高血壓大鼠 (spontaneously hypertensive rats ; SHR) 諾麗果汁，能使其血壓降低並長久維持。這也說明諾麗果汁中具有抑制血管收縮素轉化酶的成分，因此可以預防改善高血壓。

(六) 止痛鎮靜 (Analgesic activity)

一法國研究團隊利用實驗鼠經過扭體 (writhing) 和熱板 (hotplate) 試驗來探討諾麗的止痛鎮靜效果。實驗結果顯示，諾麗根部萃取物之止痛鎮靜效果與嗎啡相類似且不具有毒性 (Younos



圖二十二、血管收縮素轉化酶之作用機制。

Figure 22. The mechanism of angiotensin-converting enzyme.

(李, 2008)

et al., 1990)。

美國伊利諾大學醫學院與河南醫學大學合作研究諾麗之鎮痛效果。同樣利用扭體和熱板試驗來探討諾麗的鎮痛效果。在扭體試驗方面，以實驗鼠的飲用水中添加不同諾麗果汁比例來分組，可分成control (只餵食一般飲用水而不添加noni果汁)、餵食添加5% 的諾麗果汁、餵食添加10% 的諾麗果汁和餵食添加20% 的諾麗果汁等四組，分別餵食10天後進行扭體實驗。與control組對照，其他三組表現出明顯的鎮痛效果，並以餵食添加20% 諾麗果汁組的鎮痛效果最好。在熱板試驗方面，亦是在飲用水中添加不同比例的諾麗果汁或placido (安慰劑)，可分為control (只餵食一般飲用水而不餵食諾麗果汁或placido)、餵食添加20% placido、餵食添加10% 諾麗果汁和餵食添加20% 諾麗果汁等四組，餵食7天後進行熱板實驗。結果顯示餵食添加10% 和20% 諾麗果汁兩組展現明顯的鎮痛效果，與餵食添加20% placido 組相對照，這兩組的疼痛耐受度增加了162% 及212% (Wang *et al.*, 2002)。

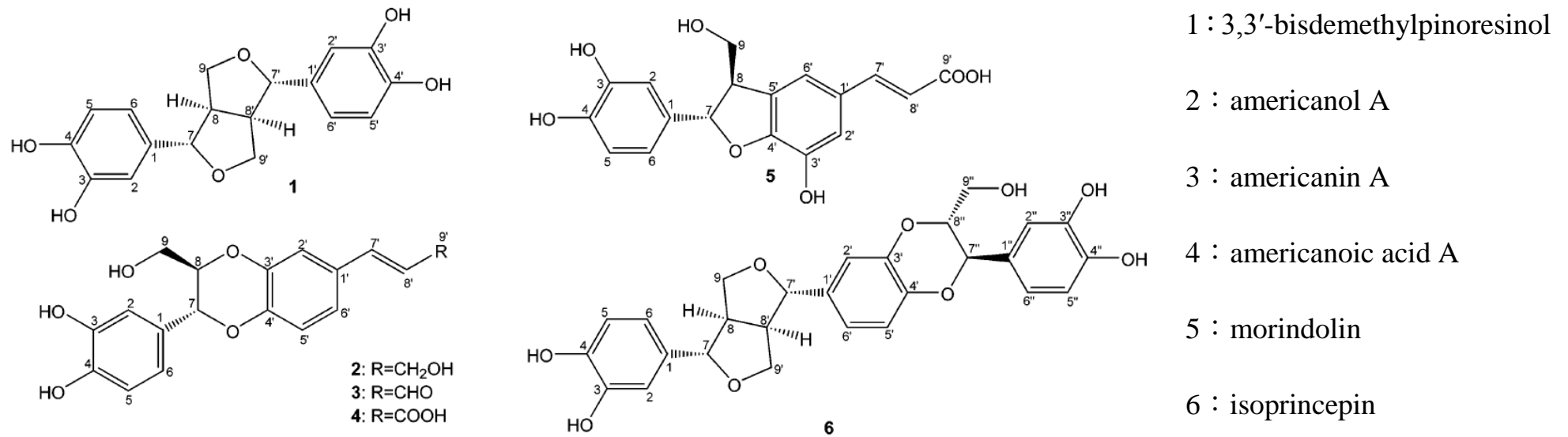
(七) 預防心血管疾病 (Cardiovascular activity)

低密度脂蛋白 (Low-density lipoprotein, LDL)容易因為自由基或過渡金屬而造成氧化，而LDL氧化後被巨噬細胞吞噬形成的泡沫細胞 (foam cells)是造成動脈硬化的主要原因。Kamiya等

(2004)發現諾麗之甲醇萃取物與衍生之乙酸乙脂和正己烷萃取物(由甲醇萃取物中再萃取出)，對銅離子所誘導之LDL(copper-induced LDL)氧化能力有良好的抑制效果。而由ethyl acetate萃取物中分離出的六種木酚素(Lignans)(圖二十三)，其中第1、2、5和6種木酚素所具有的苯環上含有較多的OH基，與抗氧化劑BHT相比較，可更有效的抑制銅離子誘導LDL氧化。

(八) 賽洛寧 (Xeronine)

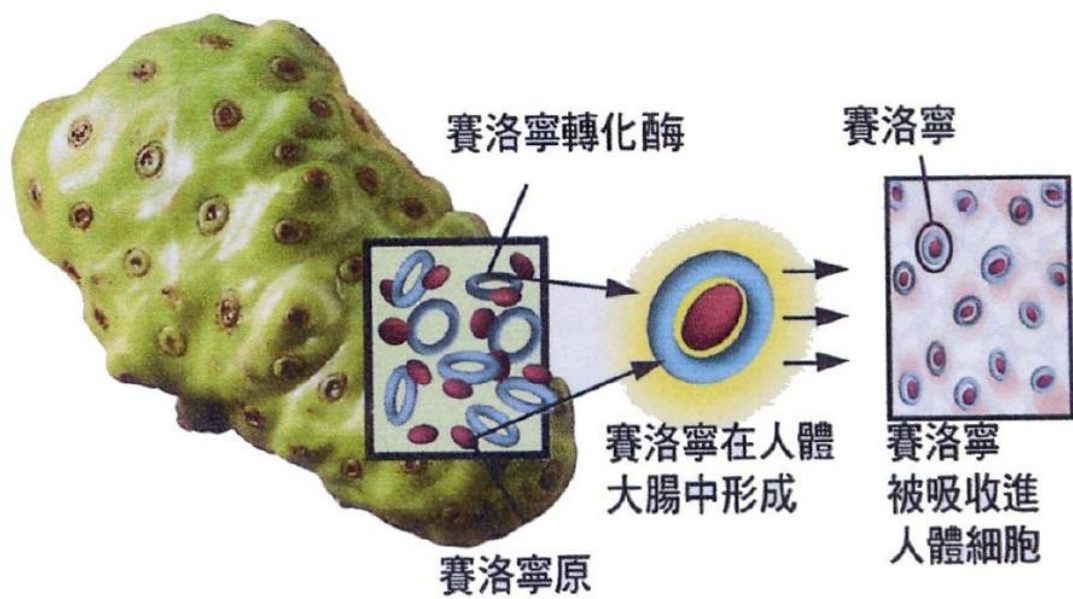
生化學家 Heinicke博士認為諾麗中含有賽洛寧 (Xeronine)之前驅物賽洛寧原 (proxeronine)和賽洛寧轉化酶 (proxeronase)。攝入人體內後可藉由賽洛寧轉化酶將賽洛寧原生成賽洛寧，再被細胞吸收利用以產生對人體有益的功效(圖二十四)。賽洛寧為一生物鹼，Heinicke博士認為賽洛寧具有修飾蛋白質結構的能力，當酵素、受體、訊息傳遞因子等蛋白質因變異而造成構形異常，導致其功能無法正常運作，此時賽洛寧就可使其蛋白質正常化，幫助人體功能正常運作。但賽洛寧有可能在人體內被製造出後隨即被利用掉，所以目前仍未在人體中發現此化合物。目前為止，賽洛寧的化學特性和測定方法都尚未公開，且除了Heinicke博士和Solomon博士外，並無其他人證實賽洛寧原和賽洛寧的存在(Wang *et al.*, 2002; Chan-Blanco *et al.*, 2006)。



圖二十三、諾麗果乙酸乙酯萃取物中分離出的六種木酚素結構。

Figure 23. The structures of six lignans from noni extracted by ethyl acetate.

(Kamiya *et al.*, 2004)



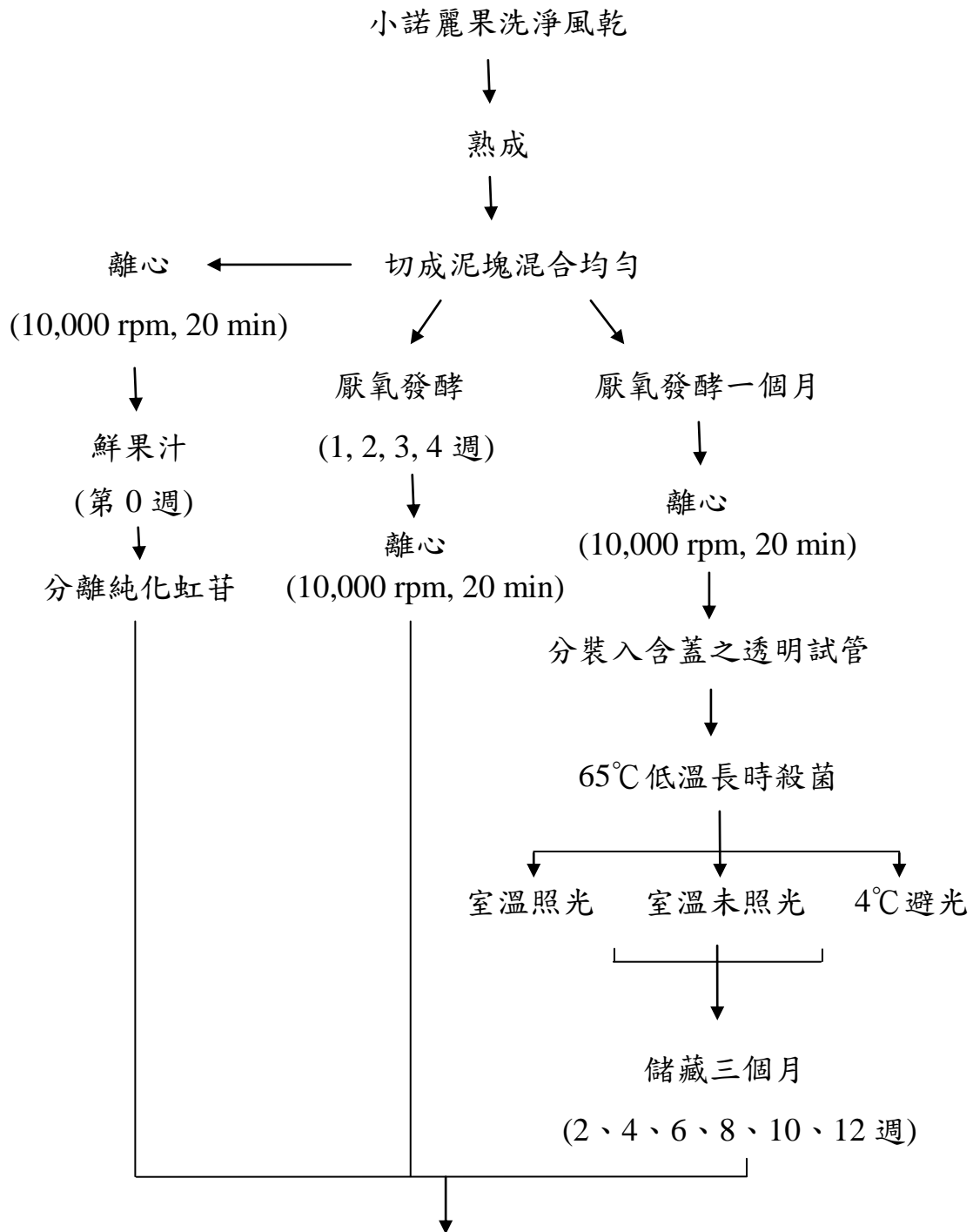
圖二十四、諾麗果之賽洛寧系統。

Figure 24. Xeronine system from noni fruit.

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

參、材料與方法

一、實驗架構



(接下頁)

(接上頁)

理化性質	功能性化合物含量	生理活性
1.產率	1.虹苷	1.總抗氧化能力
2.色澤	2.芸香素	2.DPPH 自由基清除能力
3.pH 值	3.東莨菪素	3.血管收縮素轉化酶抑制
	4.總酚	活性
	5.類黃酮	
	6.縮合單寧	

二、實驗原料：

新鮮的大、小諾麗果實由珍果生技股份有限公司及雲林縣東豐景觀園藝公司提供。

三、試藥與試劑

1. Angiotensin converting enzyme (ACE from rabbit lung , EC 3.4.15.1) 、 butylated hydroxyanisole (BHA) 、 2,2'-azion-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) 、 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) 、 peroxidase (from

- horseradish) 、 Hippuryl-L-histidy-L-leucine (HHL) 、 (+)-catechin 、
4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin) 、 Hippuric acid
(HA) 、 3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone (quercetin) 、 Loganin 、
quercetin-3 β -D-rutinoside (rutin) 購自 Sigma , U.S.A. ◦
2. Sodium chloride (NaCl) 、 trifluoroacetic acid (TFA) 、 potassium
acetate (CH₃COOK) 購自 Riedel-deHaën , Germany ◦
3. Aluminium nitrate (Al(NO₃)₃ · 9H₂O) 、 hydrogen peroxide (H₂O₂) 購
自 Merck , Germany ◦
4. 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox) 、
Gallic acid 、 Formic acid 購自 Aldrich , U.S.A. ◦
5. Folin-Ciocalteu's phenol reagent 、 Sodium carbonate (Na₂CO₃) 購
自 Sigma-Aldrich , U.S.A. ◦
6. Methyl alcohol (MeOH , HPLC grade) 購自 Mallinckrodt , U.S.A. ◦
7. Acetonitrile (CH₃CN , HPLC grade) 購自 HY BIO CARE CHEM ,
U.S.A. ◦
8. Scopoletin 購自 ACROS , U.S.A. ◦
9. Hydrochloric acid (conc. HCl) 、 sodium hydroxide solution (NaOH)
購自 聯工化學試藥 , Taiwan ◦
10. Ethanol absolut (C₂H₆O) 購自 Feral Berlin GmbH , Germany ◦

11. 商用食品脫氧劑：DR 級，台灣小嵩無氧化學股份有限公司。

四、設備儀器

1. 低溫高速離心機：Himac，CR 22G II，HITACHI，Japan。

2. pH meter：PHM82 STANDARD pH METER，RADIOMETER
COPENHAGEN，Denmark。

3. 色差儀：UV-VISIBLE RECORDING SPECTROPHOTOMETER
UV-2100，Shimadzu，Japan。

4. 微量高速離心機：MIKRO 20，Hettich ZENTRIFUGEN，
Germany。

5. 分光光度計：UV-2100，Unicon，USA。

6. 高效能液相層析儀 (High performance liquid chromatography，
HPLC)：

Pump：LC-10AT VP Quaternary Pump，SIMADZU，Japan。

Degasser：4 channel degasser，GASTORR BG-14，Japan。

Integrator：Chromatocorder 21，SYSTEM INSTRUMENTS
CO., LTD Japan。

Detector：UV-VIS DETECTOR，S-3702，Soma，Japan。

7. 高效能液相層析串聯質譜儀 (High performance Liquid
Chromatography/Mass Spectrometer/Mass Spectrometer，

LC/MS/MS)：Sciex API3000，ABI，USA。

8. 發酵桶：12L 之容器(PET.PC.拉吹成型)，DJA，Taiwan。
9. 恆溫循環水浴槽：HOTTECH®，台灣和德科儀企業有限公司。
10. 凍結乾燥機：FREEZE DRYER FD-5N，EYELA，Japan。
11. 送風烘箱：1350FD，SHEL-LAB，U.S.A。
12. 發酵罐：G-706 優鮮密封罐 (圓)，以食品級PS 材質製成，可耐熱80°C，容量1500 mL，台灣聯府塑膠股份有限公司。
13. 真空減壓旋轉濃縮機：
低溫循環水槽：YIH DER BL20，Taiwan。
減壓濃縮裝置：BÜCHI RE111 Rotavapor and BÜCHI 461
Water Bath，Germany。
真空幫浦水流抽氣機：EYELA ASPIRATOR A-3S，Japan。
14. 恆溫水槽：KANSIN INSTRUMENTS CO., LTD., Model：SB302，Taiwan。

五、實驗方法

(一) 發酵諾麗果汁之製備

將小諾麗果表面刷洗乾淨，風乾後置於室溫下熟成，使得諾麗

果由硬實的黃綠色轉變為軟爛的黃白色，每天將已熟成的果實收置於密封罐並在 4°C 下保存，約略 4-5 天可全數熟成。將每顆果實平均切成四等份，每一等份再切成泥塊狀並混合均勻後即裝入發酵桶中，果泥上要放入適量脫氧包(於秤盤上)以降低有氧發酵，密封後於暗室且室溫下，分別發酵 1、2、3、4 週。每週取出一發酵桶，將果泥攪拌均勻後以離心方式分離出果汁，所得之果汁放在 -20°C 下保存備用。

(二) 儲藏性諾麗果汁之製備

將小諾麗果表面刷洗乾淨，風乾並於室溫下熟成，等全數熟成後將果實碎切成泥狀並混合均勻，之後將果泥裝入大發酵桶中約八分滿，裝填時需盡量將空氣排出，並在果泥上放置適量脫氧包(於秤盤上)，密封後置於暗室發酵一個月。將發酵好之果泥混合均勻後取出，以離心方式分取出果汁，再將果汁分裝入含蓋之玻璃透明試管中，以恆溫水浴槽進行低溫長時殺菌(low temperature long time, LTLT)，即在 65°C 水浴加熱一天，隔日移至室溫靜置後，再以 65°C 水浴加熱一天，總計共加熱兩次，以確保能完全消除產孢菌與其他病原菌。以未殺菌組作為對照組，而剛殺菌完的諾麗果汁作為第 0 週，其餘分別儲藏於櫃子上(照光組)、櫃子裡(未照光組)及冷房中(4°C 組)，每兩週分別取出果汁並置於 -20°C 下保存，故除未殺菌及

第0週外，每組樣品均可分為第2週、第4週、第6週、第8週、第10週及第12週。

(三) 產率之測定

將發酵完之諾麗果泥進行離心，離心條件為 10,000 rpm，20分鐘，共離心兩次，利用下式計算出之諾麗果汁產率。

$$\text{產率(\%)} = \text{諾麗果汁重} / \text{諾麗果泥重} \times 100\% \quad (\text{式一})$$

(四) 分離小諾麗鮮果汁中的虹苷

鮮果汁經 0.2 μm 濾膜過濾後用於 HPLC 之 iridoids 分離，再將分離出來之物質以光電比色計作全波掃描，即可得知物質之最大吸收波長範圍，並以結構相似物 loganin 作為對照。以下為 HPLC 的分離條件：

Column：Desc. Jupiter 4 μ Proteo 9Å，250 × 10 mm，半分離式層析

管柱 C18

Mobile phase：solvent A：0.1% formic acid

solvent B：CH₃CN

Linear gradient：0-40 min：95% solvent A → 75% solvent A

40-48 min：75% solvent A → 60% solvent A

48-50 min：60% solvent A → 95% solvent A

50-60 min : 95% solvent A

Inject volume : 150 μ L

Flow rate : 3.0 mL/min

Detector : Soma UV-VIS DETECTOR/S-3702 , $\lambda = 235$ nm

(五) LC-MS 及 LC-MS-MS 鑑定

以 LC-MS 及 LC-MS-MS 鑑定所接收的去乙酰車葉草酸(DAA)

及車葉草酸(AA)，分析條件如下：

LC-MS :

Ion model : Negative

Declustering potential (Volts) : -30

Focusing potential (Volts) : -200

Entrance potential (Volts) : -10

Nebulizer gas (NEB) : 6

Curtain gas (CUR) : 12

Ionspray voltage (IS) : -4500

LC-MS-MS :

Sample	DAA	AA
Ion model	Negative	Negative
Declustering Potential (Volts)	-30	-40
Focusing Potential (Volts)	-200	-150

Entrance Potential (Volts)	-10	-15
Collision Energy (Volts)	-5~-130	-5~-130
Collision Cell Exit Potential (Volts)	-5	-5
Nebulizer Gas (NEB)	6	6
Curtain Gas (CUR)	12	12
Collision Gas (CAD)	7	7
Ionspray Voltage (IS)	-4500	-4500
Temperature	no controlled	no controlled

(六) 元素分析

委託中興大學貴重儀器中心以元素分析儀測定特定元素含量，並換算成物質純度。

(七) 理化性質測定

1. pH 值之測定

利用酸鹼度計，依其電位差來測定諾麗果汁的酸鹼值之變化。

2. 色澤之測定

以 Shimadzu UV-2100 色差儀測定諾麗果汁之 L^* 、 a^* 、 b^* 值。 L^* 值表示顏色的亮度，當 L^* 值為 100 時表示全白，為 0 時則表示全黑； a^* 為負值時，表示其顏色偏綠色，而 a^* 為正值時則偏紅色； b^* 為負值時偏藍色，而正值時則偏黃色。

(八) 機能性化合物含量測定：

1. 虹苔(Iridoids)含量測定

使用高效能液相層析儀(HPLC)測定大、小諾麗鮮果汁及發酵和儲藏性樣品中 iridoids 之含量。

分析條件如下：

Column：Jupiter 4 μ Proteo 9Å，250 × 4.6 mm，Phenomenex[®]

Mobile phase：solvent A：0.1% formic acid

solvent B：CH₃CN

Linear gradient：0-40 min：95% solvent A → 75% solvent A

40-48 min：75% solvent A → 60% solvent A

48-50 min：60% solvent A → 95% solvent A

50-60 min：95% solvent A

Inject volume：20 μ L

Flow rate：1.0 mL/min

Detector：Soma UV-VIS DETECTOR/S-3702， $\lambda = 235$ nm

2. 芸香素(Rutin)與東莨菪素(Scopoletin)及其衍生物含量測定

使用高效能液相層析儀(HPLC)測定樣品中的 rutin 與 scopoletin 含量。

分析條件如下：

Column : Synergi 4 μ Fusion-RP 80 , 250 \times 4.6 mm ,

Phenomenex[®]

Mobile phase : solvent A : H₂O

solvent B : CH₃CN

Linear gradient : 0-30 min : 100 % solvent A \rightarrow 70 % solvent A

30-40 min : 70 % solvent A \rightarrow 100 % solvent A

40-50 min : 100 % solvent A

Flow rate : 1 mL/min 。

Detector : Soma UV-VIS DETECTOR/S-3702 , $\lambda = 345$ nm 。

計算：以 rutin 與 scopoletin 標準品製作標準曲線。樣品中的 rutin、scopoletin 及 scopoletin 衍生物含量由標準曲線算出。單位以 $\mu\text{g}/\text{mL}$ noni juice 表示。

3. 總酚類化合物含量測定(Total phenolic determination)

原理：以 Julkunen-Titto (1985) 的方法測定。Folin-Ciocalteu's phenol reagent 可與酚類化合物之OH基反應，並產生顏色之變化 (由黃變藍)，並於波長735nm 下有吸光。

步驟：取50 μL 樣品，加入1 mL H₂O 和500 μL Folin-Ciocalteu's phenol reagent，用力搖勻混合，再加入2.5 mL 20 %

Na_2CO_3 ，均勻混合，於室溫下靜置20分鐘，然後以分光光度計測其在波長735 nm 下的吸光值。並以不添加 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 之試驗當作空白對照組。

計算：以gallic acid 當作標準品，並製作標準曲線。樣品中總酚類化合物之含量由此標準曲線算出相對gallic acid 的量，以 $\mu\text{g gallic acid equivalent/mL noni juice}$ 表示。

4. 類黃酮之含量測定 (Flavonoid determination)

原理：以唐等 (1996) 和鍾 (2003) 的方法測定。類黃酮化合物在鹼性條件下可與硝酸鋁形成穩定的黃色錯合物，並在波長415 nm 下有吸光。

步驟：在 250 μL 樣品中加入 10 % 硝酸鋁和 1 M 醋酸鉀各 50 μL ，再加入 1.4 mL 去離子水，均勻混合，於室溫下反應 40 分鐘，然後以分光光度計測其在波長 415 nm 下的吸光值。並以不添加硝酸鋁之試驗當作空白對照組。

計算：以 quercetin 當作標準品，並製作標準曲線。樣品中的類黃酮含量由此標準曲線算出相對 quercetin 的量，以 $\mu\text{g quercetin equivalent/mL noni juice}$ 表示。

5. 縮合單寧之含量測定 (Condensed tannin determination)

原理：以Julkunen-Titto (1985) 的方法測定之。縮合單寧與香草醛 (vanillin) 及濃鹽酸作用下，會產生紫色之顏色變化，並在波長500 nm 下有吸光。

步驟：在100 μ L 樣品中加入1 mL 4 % vanillin (w/v in MeOH)，避光搖勻，再加入500 μ L conc. HCl，均勻混合，於室溫下靜置20 分鐘，然後以分光光度計測其在波長500 nm 下的吸光值。並以不添加vanillin 之試驗當作空白對照組。

計算：以(+)-catechin 當作標準品，並製作標準曲線。樣品中的縮合單寧含量則由此標準曲線算出相對(+)-catechin 之量，以 μ g (+)-catechin equivalent/mL noni juice 表示。

(九) 生理活性測定：

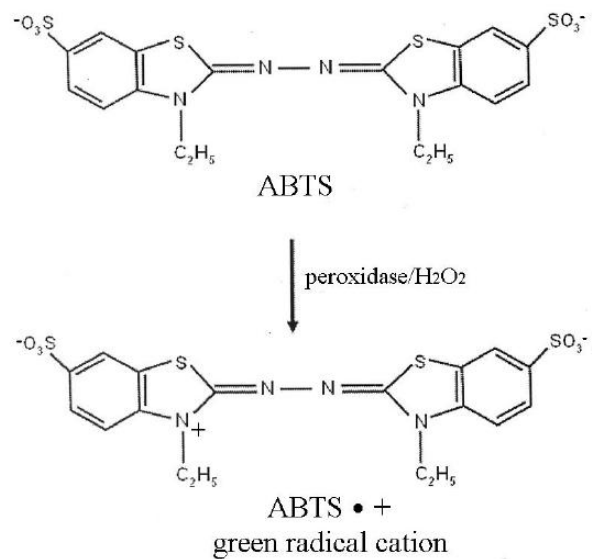
1. 總抗氧化能力 (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)

原理：以Miller 等人 (1993) 及Arnao 等人 (1996) 的方法測定。Horseradish peroxidase 會催化 H_2O_2 及ABTS反應形成 $ABTS \cdot^+$ ，此為穩定的藍綠色物質，並於波長734 nm 下具有吸光。若樣品具有抗氧化能力，則能減少 $ABTS \cdot^+$ 的量，因此吸光值就會下降。當吸光值越低，表示樣

品之抗氧化能力越強。利用相對於控制組之吸光值下降百分比，可判斷樣品清除 $ABTS \cdot^+$ 的能力，即可得知樣品之總抗氧化能力的強弱。

步驟：將 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)、peroxidase、與 H_2O_2 混合均勻，使其最後濃度分別為 $100 \mu M$ 、 4.4 unit/mL 與 $50 \mu M$ ，在 $30^\circ C$ 下避光反應1小時後，形成藍綠色穩定的 $ABTS \cdot^+$ 陽離子自由基反應試劑。在 2.25 mL $ABTS \cdot^+$ 自由基反應試劑中加入樣品 0.25 mL ，混合均勻，在室溫下反應10分鐘後，以分光光度計測其於波長 734 nm 下的吸光值。並以不添加 $ABTS \cdot^+$ 陽離子自由基反應試劑的試驗當作空白對照組。

反應式如下：



計算：以 Trolox 為標準品製作標準曲線。樣品中之抗氧化物含量則經由此標準曲線求得相對 trolox 之量，以 $\mu\text{g trolox equivalent/mL noni juice}$ 表示。而 $\text{ABTS} \cdot^+$ 自由基清除力計算方法如下：

$$\text{總抗氧化能力(\%)} = (\text{Ac} - \text{As}) / \text{Ac} \times 100\% \quad (\text{式二})$$

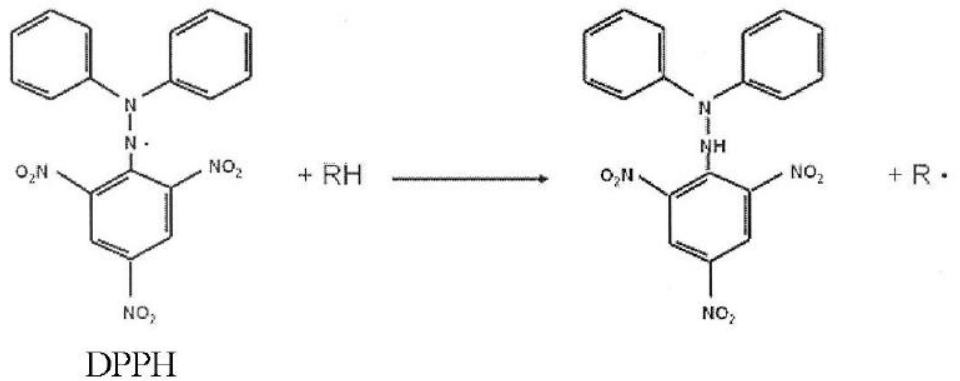
Ac：控制組之吸光值

As：實驗組之吸光值。

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

原理：以 Shimada 等 (1992) 的方法測定。DPPH 自由基清除能力常用來評估抗氧化物其提供質子的能力。DPPH 自由基之甲醇溶液為深紫色，於波長 517 nm 下有最大吸光值。若樣品具有抗氧化能力，則能清除 DPPH 自由基，使其顏色變淡，吸光值下降。利用相對於控制組之吸光值下降百分比，可判斷樣品消除 DPPH 自由基能力之強弱。

反應式如下：



步驟：取 0.6 mL 樣品，加入 0.6 mL 0.008 % DPPH 甲醇溶液，
均勻混合，於室溫下避光靜置 30 分鐘，而後以分光光度計測其於波長 517 nm 的吸光值。以不添加 DPPH 之試驗作為空白對照組。

計算：以 BHA 為標準品製作標準曲線。樣品中之抗氧化物含量則經由此標準曲線求得相對 BHA 之量，以 $\mu\text{g BHA equivalent/mL noni juice}$ 表示。而 DPPH 自由基清除力計算方法如下：

$$\text{DPPH free radical scavenging (\%)} = (\text{Ac} - \text{As}) / \text{Ac} \times 100 \%$$

(式三)

Ac：控制組之吸光值

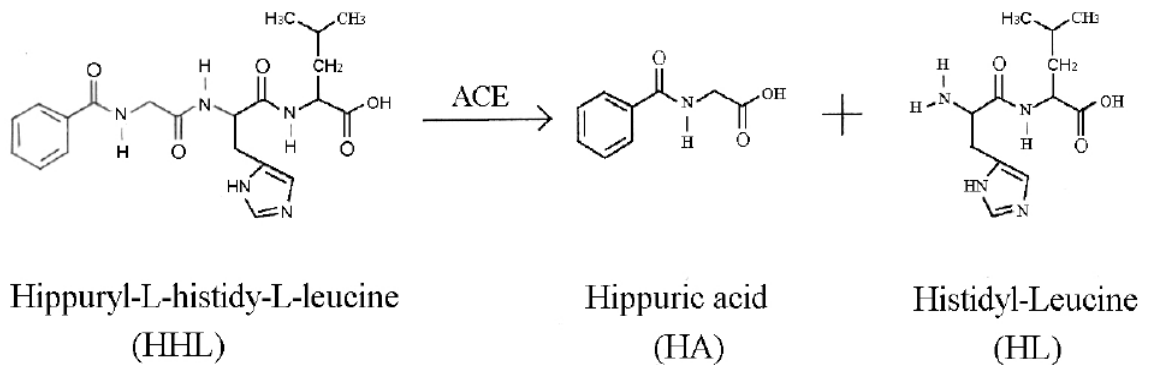
As：實驗組之吸光值

3. 血管收縮素轉化酶之抑制活性測定

原理：以Cushman and Cheung (1971) 及蔡 (2004) 的方法測定。

以 Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (HHL) 作為血管收縮素轉化酶 (Angiotensin converting enzyme, ACE) 之受質，具活性之ACE 可將HHL分解為馬尿酸 (hippuric acid, HA) 及 His-Leu (HL)，倘若具ACE 抑制物存在時，則能抑制ACE 之活性，而HA 及HL 之生成量將會減少。而HA 於波長228 nm 下具有最大之吸光值，利用HPLC 來偵測HA 單位時間之生成量，即可得樣品對ACE 之抑制活性。

反應式如下：



步驟：取45 μL 5 mM HHL 溶液 (溶於含0.4 M NaCl 之0.1 M 硼酸鈉緩衝液，pH 8.3) 當作受質，加入5 μL 之樣品。於37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴下預熱5 分鐘後，再加入15 μL 60mU/mL ACE溶液(溶於含0.4 M NaCl 之0.1 M 硼酸鈉緩衝液，pH 8.3)，繼續於37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴下反應30 分鐘，然後加入65 μL 0.1 %

TFA 終止反應。經離心 (13000 rpm, 1分鐘), 以RP-HPLC 進行分析。

分析條件如下：

Column : LiChrospher[®] 100 RP-18e , 250 × 4 mm , Agilent Technologies 。

Mobile phase : 0.1% TFA 溶於50 % MeOH 。

Flow rate : 0.7 mL/min 。

Detector : UV 228 nm 。

計算：以ACE活性抑制百分比來作表示。其計算公式為：

$$\text{Inhibitory activity (\%)} = (X - Y) / X \times 100\% \text{ (式九)}$$

X：以去離子水取代樣品反應後之HA 波峰面積

Y：樣品反應後之波峰面積

(十) 統計分析

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

肆、結果與討論

Part. 1：發酵性試驗

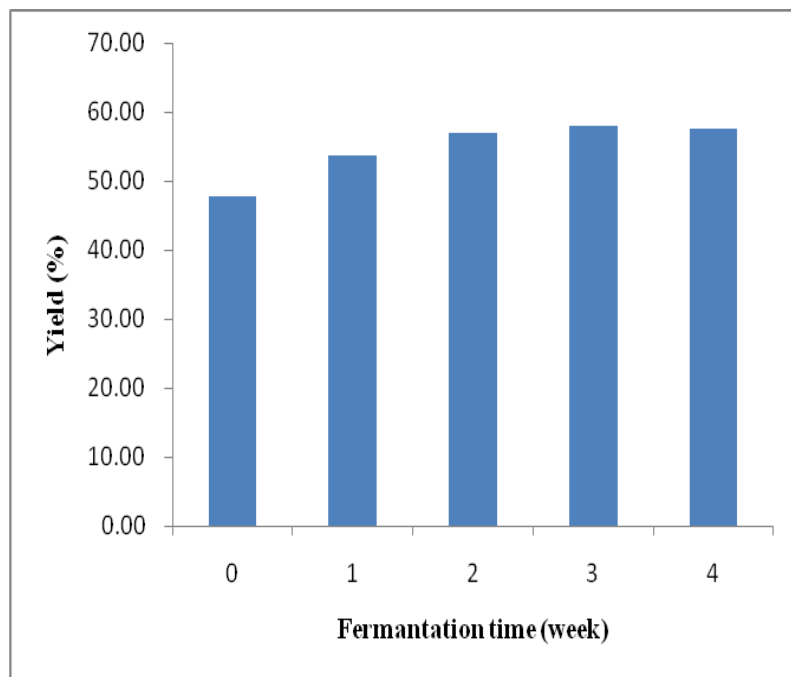
一、理化性質

1. 諾麗果製成果汁之產率變化

諾麗果未熟成前成青綠色且質地堅硬，而經室溫下自然熟成後，其果實會呈半透明柔軟狀，可輕易用刀具切開，但尚能維持果實形體。裝罐發酵後，隨著發酵時間的進行，果膠酵素作用，果膠逐漸被分解而釋出汁液，經一週發酵後，可看出有汁液滲出聚集於果泥頂端。將每週發酵的諾麗果泥以離心(10,000 rpm, 20 min)方式分取出果汁，新鮮諾麗果汁(第0週)之產率為47.70%，經發酵後其產率有增加之趨勢，發酵至第三週與第四週時有最高之產率，分別為57.99 % 及57.63% (圖二十五) (附錄十二)，與文獻記載的57.8% (Newton, 2003) 相當。

2. 不同發酵時間對諾麗果汁 pH 值之影響

結果發現，經不同時間發酵過後之諾麗果汁，其pH 值皆維持在3.7左右，無明顯變化，參考其他文獻，一般諾麗果汁的pH 值介於3.4 到3.9 左右 (Chunhieng, 2003; European Commission, 2002; Newton, 2003; 陳，2007；羅，2008；王，2008)，為酸性



圖二十五、不同發酵時間對諾麗果製成果汁的產率變化。

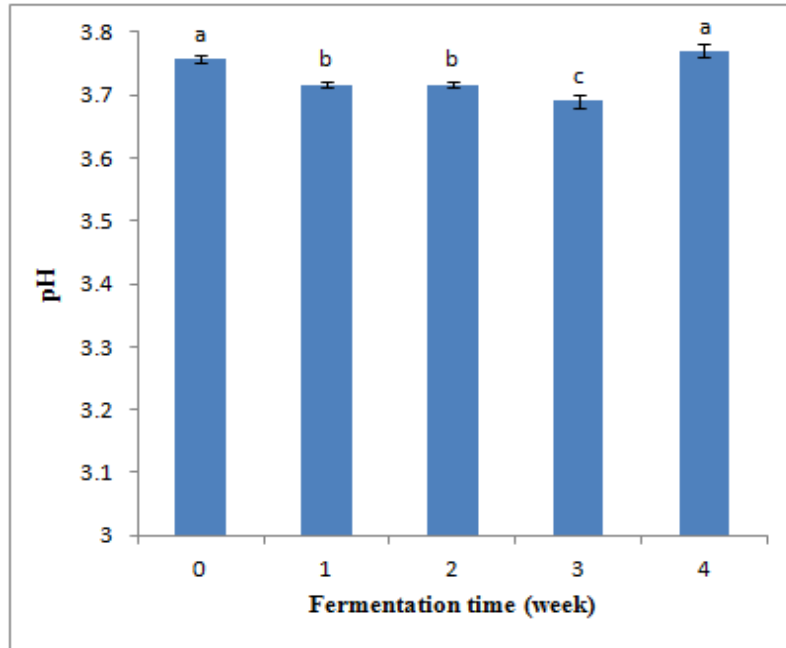
Figure 25. Changes of yields in noni juice processed during different fermentation time.

果汁，而實驗結果與文獻相符。低的 pH 值有利於果汁之保存，發酵過程中又以發酵至第三週的諾麗果汁有最低之 pH 值 3.69 (圖二十六)(附錄十二)。

3. 不同發酵時間對諾麗果汁色澤之影響

未經發酵的諾麗果汁呈現金黃色而近似於茶飲之色澤，而隨著發酵的進行色素逐漸生成，產生褐變反應使得諾麗果汁之色澤從原本的金黃色轉變為紅褐色，其色澤變化如圖二十七(附錄十二)。L*值為亮度表現，值越高表示色澤越亮。結果顯示，經發酵之諾麗果汁其L*值有下降之趨勢，表示諾麗果汁其顏色會隨發酵時間越來越傾向於深色，但發酵至第二週後其L*值則沒有明顯的差異。

a*值越大表示顏色越偏紅色。隨著發酵時間a*值有上升之趨勢，表示其諾麗果汁紅色素含量增加，這可能是因為在發酵期間不管是在酸性或鹼性環境下單寧氧化脫水成聚合單寧所致。有文獻指出紅酒之單寧類化合物與紅色度值具有正相關(Recamales *et al.*, 2006)，縮合單寧之增加會使色澤更傾向為暗紅色。而從結果可以得知諾麗果汁隨著發酵時間之增加，其縮合單寧含量增加，而色澤測定中的a*值亦呈現相同趨勢，此結果與文獻結論互相呼

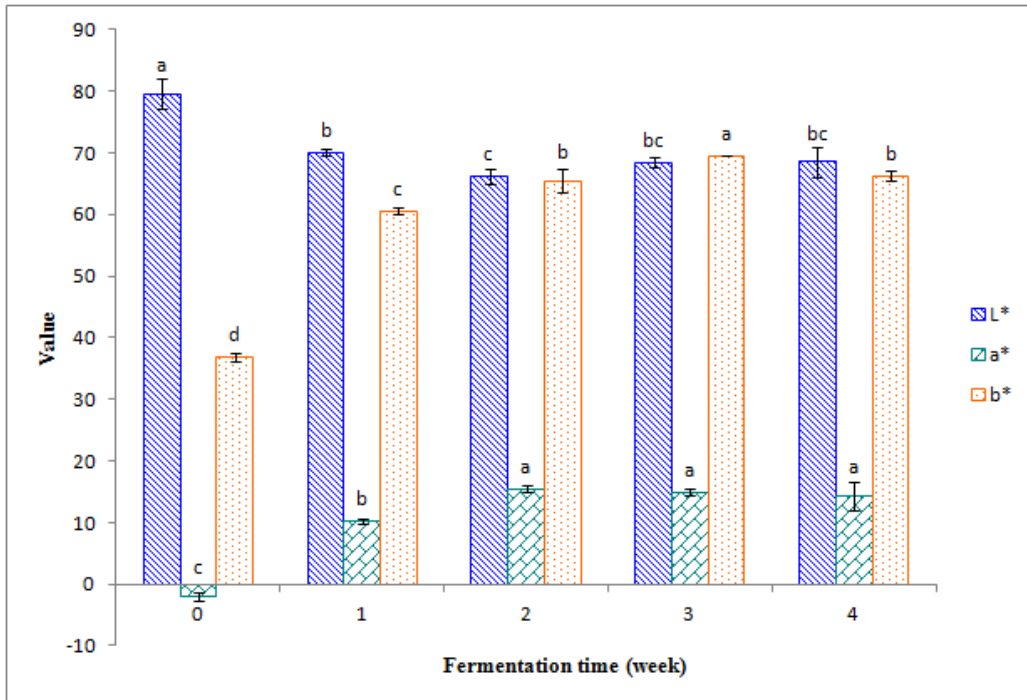


圖二十六、不同發酵時間對諾麗果汁 pH 值之影響。

Figure 26. Effects of different fermentation time on pH values of noni juice.

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

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



圖二十七、不同發酵時間對諾麗果汁色澤之影響。

Figure 27. Effects of different fermentation time on color of noni juice.

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

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

應。b*值越大表示越偏黃色，b*值與 a*值有相同趨勢，表示隨著發酵時間之增加，其諾麗果汁之顏色會越偏黃色。

二、機能性化合物含量

1. 製備小諾麗果汁中的虹苷

諾麗果中主要的 iridoids 有兩種，分別為去乙酰車葉草酸 (Deacetylasperulosidic acid, DAA)及車葉草酸 (Asperulosidic acid, AA) (Potterat and Hamburger, 2007 ; Deng *et al.*, 2010 ; West *et al.*, 2010)，且已有文獻鑑定出兩者之結構 (El-Naggar and Beal, 1980)，故後續實驗則是為確認小諾麗果汁中 DAA 和 AA 於 HPLC 層析出來的位置。由文獻(Deng *et al.*, 2010) 得知，iridoids 在 235 nm 有最大吸收波長，將新鮮小諾麗果汁以 HPLC 半製備管柱層析後可得一圖譜(圖二十八)，分別接收波峰較高的部分，並分別編號為 1-7，之後注射 rutin 及 scopoletin 標準品，由圖二十九 (a) 得知 rutin 於 36 分鐘出現，而 scopoletin 則於 37 分鐘出現，與圖二十八對照後，即可知 peak 6 與 peak 7 分別為 rutin 和 scopoletin。

將新鮮小諾麗果汁放置 2-3 天後再以 HPLC 分析可得圖二十九 (b)，由結果可知，peak 1 與 peak 2 較不安定，波峰面積明顯降低，因此後續不再對 peak 1 和 peak 2 作討論。由於 iridoids 於 345 nm 下不具吸光，因此將小諾麗果汁於 345 nm 波長下測定，

可得一層析圖(圖二十九 (c))，與圖二十八對照後可知 19 分鐘、36 分鐘、37 分鐘的波峰，即 peak 4、peak 6 與 peak 7 並非 iridoids，而由圖二十九(b)再次確認 peak 6 與 peak 7 分別為 rutin 和 scopoletin，再由文獻(楊，2005)可知 19 分鐘出現的波峰，即 peak 4 為 scopoletin 含糖衍生物。

由於 DAA 與 AA 具有一環狀結構，而苯環結構於 260 nm 的波長下具有吸光，因此將諾麗果汁於 260 nm 的波長下測定可得圖二十九 (d)，與圖二十八對照後可知，於第 6、19、20、36 與 37 分鐘出現的波峰，即 peak 3、4、5、6、7 的結構式中含有苯環。由文獻可知 (El-Naggar and Beal, 1980) DAA 的分子量較 AA 小，故 DAA 層析出來的時間會較 AA 早，因此推論 peak 3 為 DAA，而 peak 5 則為 AA。接著以全波掃描測定 peak 3 及 peak 5 的最大吸收波長，並以虹苷的類似物馬錢素(Loganin) 作為對照，結果顯示(圖三十)，loganin 最大吸收波長落在 237 nm，而 peak 3 及 peak 5 的最大吸收波長則落在 235 nm，由此確定 peak 3 與 peak 5 為 iridoids。

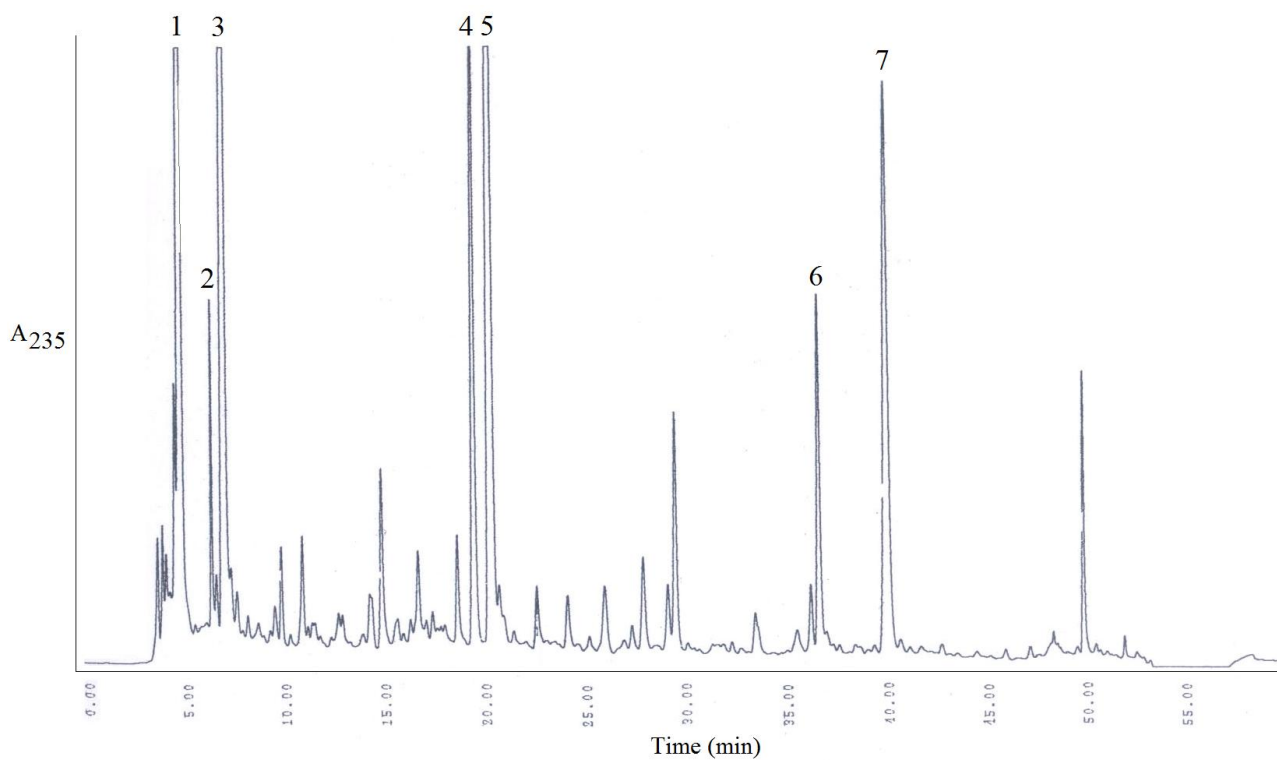
2. LC-MS-MS 鑑定

經由 LC-MS 鑑定圖譜(圖三十一) 確定 peak 3 及 peak 5 的分子量，結果分別為 390 Da 及 432 Da，與文獻結果(El-Naggar and

Beal, 1980) 相同，故可確定 peak3 為 DAA 而 peak5 為 AA。由於 DAA 與 AA 的結構接有一葡萄糖，因此由 LC-MS-MS 鑑定圖譜(圖三十二) 可知，當脫掉葡萄糖接上一分子水時其分子量為 228 Da，而 AA 脫掉一葡萄糖接上一分子水時其分子量則為 270 Da，此外，AA 與 DAA 結構上最大不同為 AA 接有一乙醯基，而當 AA 脫掉一乙醯基時，其分子量為 391 Da。

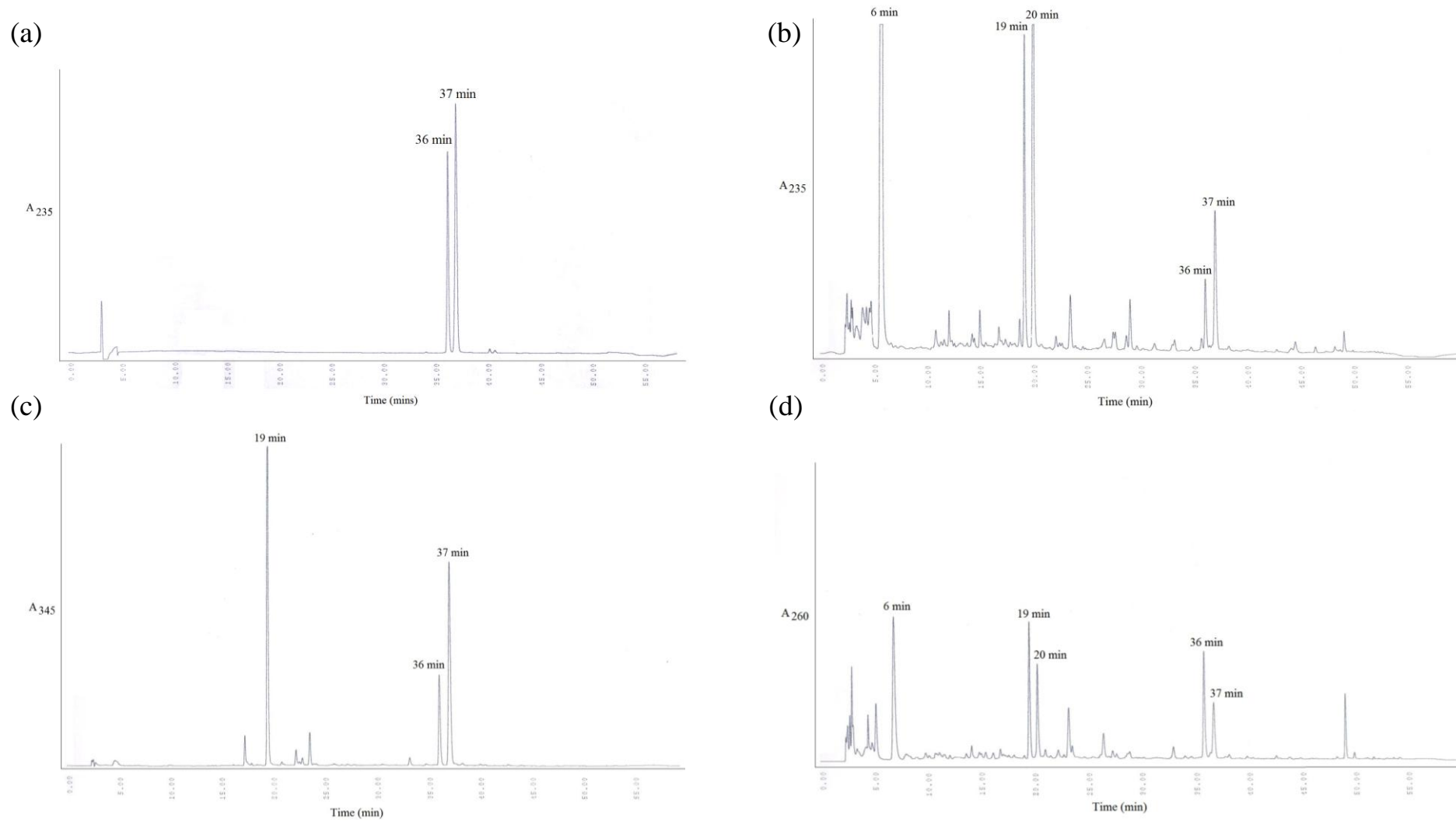
3. 大、小新鮮諾麗果汁虹苷含量測定

將新鮮大、小諾麗果置於室溫下熟成，之後分別將果實切碎成泥狀混合均勻，以離心方式得到果汁，並利用高效能液相層析分析 iridoids 於兩者中之含量多寡。由於目前市面上未有 iridoids 的標準品，故只能先由測定出的波峰面積大小來判定其 iridoids 在大、小新鮮諾麗果汁中之相對含量。文獻指出，諾麗果中主要的 iridoids 為 DAA 及 AA (Potterat and Hamburger, 2007; Deng *et al.*, 2010)，故分別將 DAA 及 AA 含量加總後結果發現，新鮮的小諾麗果其 iridoids 面積為 603542500，而新鮮的大諾麗果中的 iridoids 面積則為 536371500，小諾麗果的含量是大諾麗果的 1.13 倍，故最後選用小諾麗果作為本次實驗樣品 (圖三十三)。



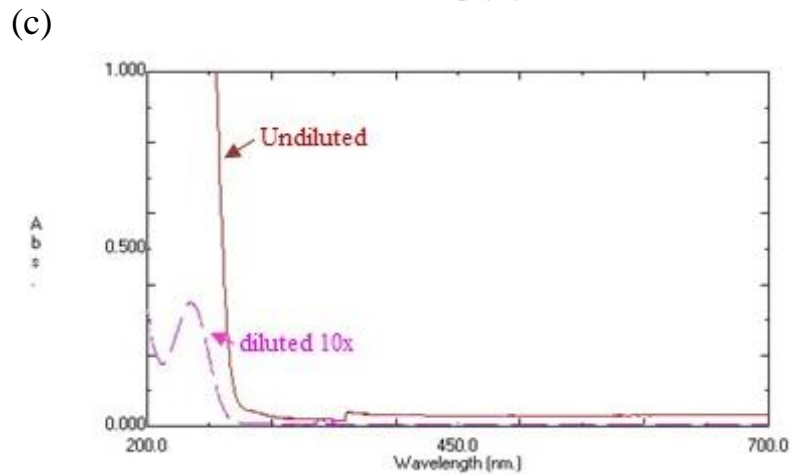
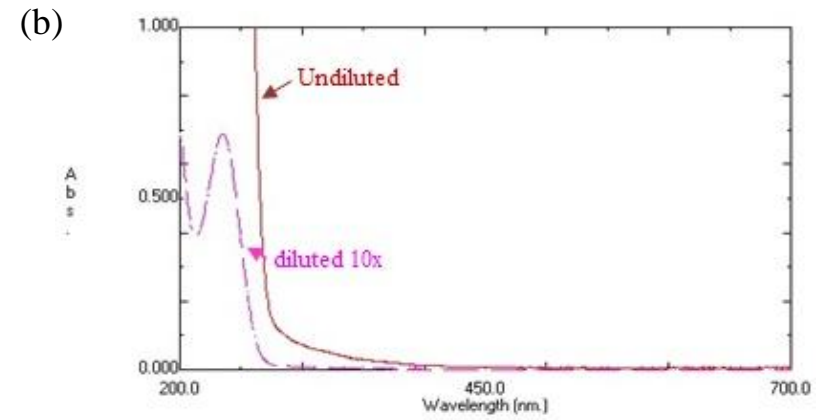
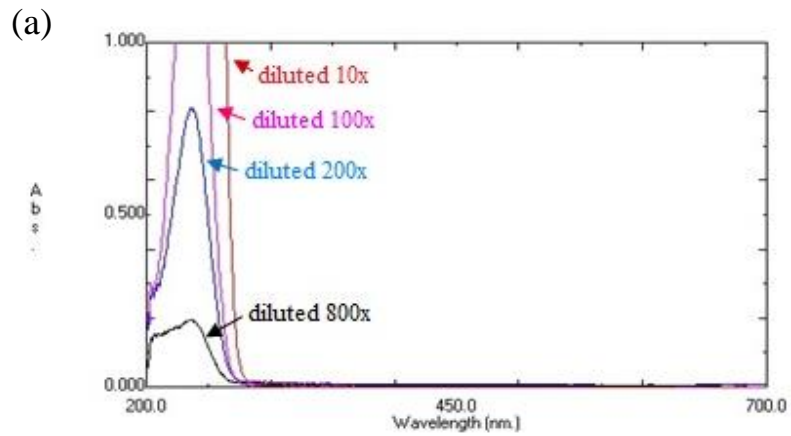
圖二十八、新鮮小諾麗果汁之半製備型高效液相層析圖。

Figure 28. Semi-preparative HPLC chromatograms of fresh small noni juice.



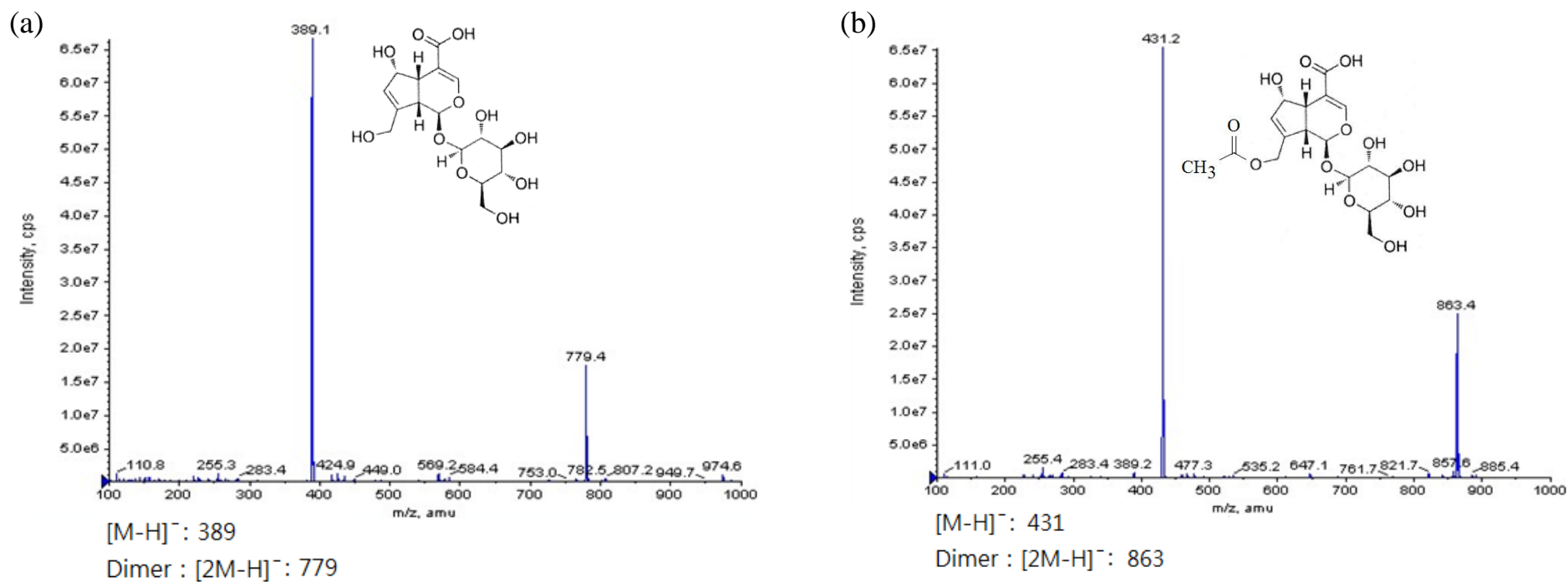
圖二十九、小諾麗果汁及芸香素與東莨菪素標準品之分析型高效液相層析圖。(a) 芸香素與東莨菪素標準品；(b) 235 nm；(c) 345 nm；(d) 260 nm。

Figure 29. Analytical HPLC chromatograms of small noni juice and standard of rutin and scopoletin. (a) standard of rutin and scopoletin, (b) 235 nm, (c) 345 nm, (d) 260 nm.



圖三十、馬錢素、peak 3 及 peak 5 之紫外線-可見光光譜圖譜。(a) 馬錢素；(b) peak 3；(c) peak 5。

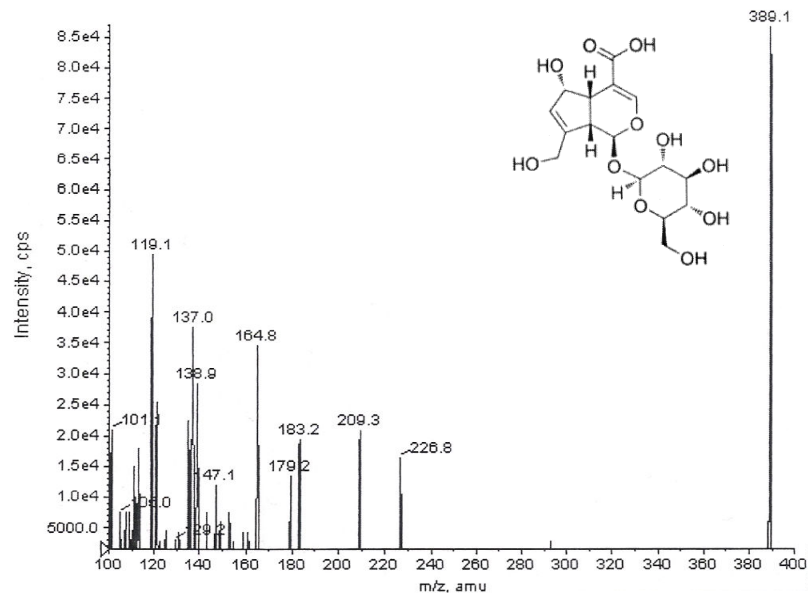
Figure 30. UV-visible spectrum of loganin, peak 3 and peak 5 isolated from noni juice. (a) loganin, (b) peak 3, (c) peak 5.



圖三十一、LC-MS 鑑定圖譜。(a) 去乙酰車葉草酸 LC-MS 鑑定圖譜；(b) 車葉草酸 LC-MS 鑑定圖譜。

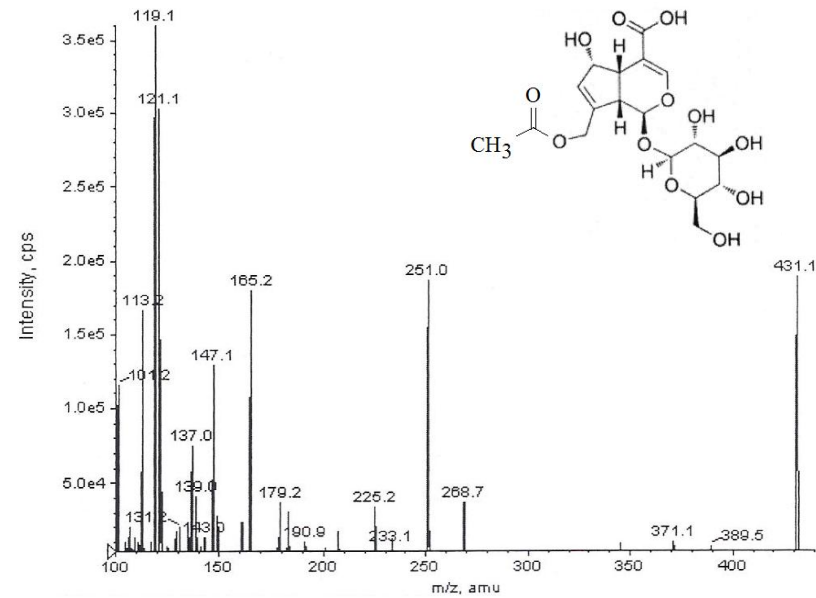
Figure 31. LC-MS spectrum. (a) LC-MS spectrum of DAA, (b) LC-MS spectrum of AA.

(a)



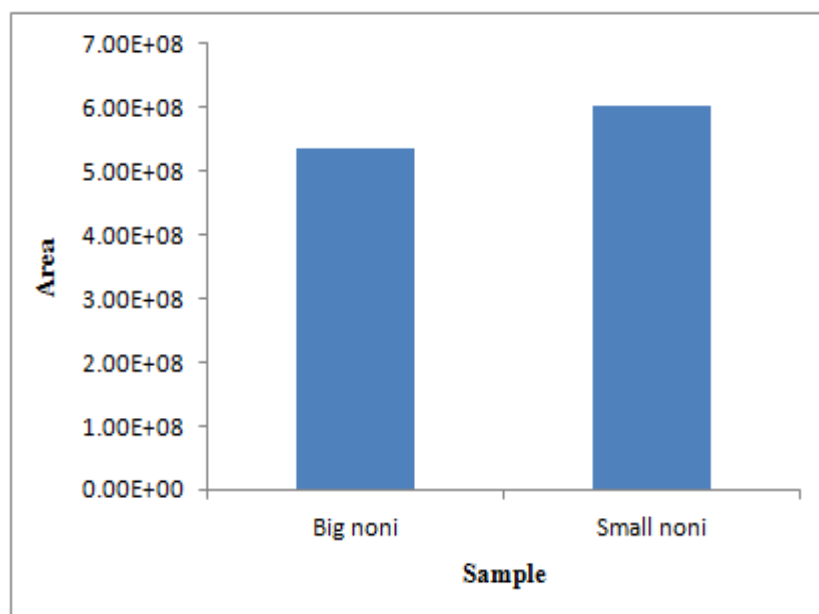
[M-H]⁻: 389
Others are the fragments ([M-H]⁻)

(b)



[M-H]⁻: 431
Others are the fragments ([M-H]⁻)

圖三十二、LC-MS-MS 鑑定圖譜。(a) 去乙酰車葉草酸 LC-MS-MS 鑑定圖譜；(b) 車葉草酸 LC-MS-MS 鑑定圖譜。
Figure 32. LC-MS-MS spectrum. (a) LC-MS-MS spectrum of DAA, (b) LC-MS-MS spectrum of AA.



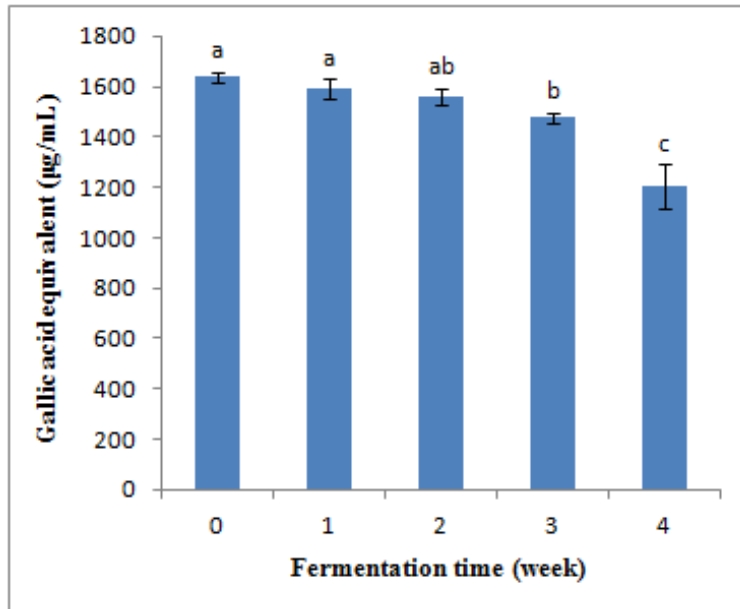
圖三十三、大諾麗果鮮果汁及小諾麗果鮮果汁之虹苷含量。
Figure 33. Iridoids contents of big noni fresh juice and small noni fresh juice.

4. 總酚類化合物含量測定(Total phenolic determination)

由實驗結果發現(圖三十四)(附錄十三)，諾麗果汁中的酚類化合物含量會隨著發酵時間而逐漸減少，其中又以發酵至第四週時之總酚含量下降最多，其含量為1206.27 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，相較未發酵的諾麗果汁之總酚含量1639.41 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 而言，下降了約26%，此結果可能是因為到發酵後期，諾麗果汁產生了氧化現象，使得部分酚類物質降解或聚集形成其他物質，而使總酚含量下降，而楊(2005)、王(2008)、羅(2008)於室溫發酵諾麗果汁時，也測得類似結果，此結果證明短時間發酵對果汁中酚類物質沒有明顯的影響，然而長時間發酵則可能造成酚類含量下降(林，2010)。

5. 類黃酮之含量測定 (Flavonoid determination)

由實驗結果得知(圖三十五)(附錄十三)，經發酵過後之諾麗果，其類黃酮量皆比諾麗鮮果汁有降低之趨勢，從未發酵前的74 $\mu\text{g quercetin equivalent}/\text{mL}$ 開始降低，經過四週的發酵後僅存約60 $\mu\text{g quercetin equivalent}/\text{mL}$ ，顯示諾麗果中的類黃酮化合物易受環境因子影響，而使部份類黃酮在發酵過程中被水解或聚合轉化成縮合單寧，使得其含量於發酵過程中逐漸減少，此結果與文獻相同(王，2008)。

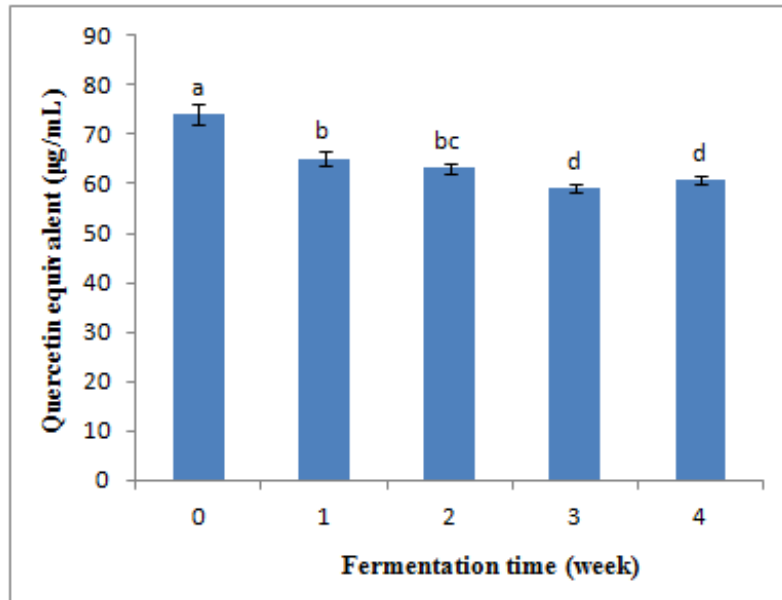


圖三十四、不同發酵時間對諾麗果汁中總酚含量之影響。

Figure 34. Effects of different fermentation time on content of total phenolic compounds of noni juice.

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

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



圖三十五、不同發酵時間對諾麗果汁中類黃酮含量之影響。

Figure 35. Effects of different fermentation time on contents of flavonoids of noni juice.

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

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

6. 縮合單寧(Condensed tannin determination)

縮合單寧的結構複雜而不易被研究，香草醛法是種廣泛應用於定量水果中縮合單寧的方法。由實驗結果(圖三十六)(附錄十三)可知，隨著發酵時間增加縮合單寧含量亦會增加，但發酵至第四週時其含量下降，可能在發酵過程中縮合單寧被水解破壞，也可能是縮合單寧持續聚合成大分子的縮合單寧沉澱，以致第四週諾麗果汁中的縮合單寧含量有下降的趨勢。有文獻指出紅酒之單寧類化合物與紅色度值具有正相關(Recamales *et al.*, 2006)，故縮合單寧與色澤有密切相關，縮合單寧之增加會使色澤更傾向為暗紅色。而從結果可以得知諾麗果汁隨著發酵時間之增加，其縮合單寧含量增加，而色澤測定中的 a^* 值亦呈現相同趨勢，此結果與文獻結論互相呼應。

7. 芸香素、東莨菪素及其含糖衍生物含量測定(Rutin, scopoletin and its derivate determination)

將經不同發酵時間之諾麗果汁，進行rutin、scopoletin 及其含糖衍生物含量分析，結果顯示(圖三十七)(附錄十三)，Rutin會隨著發酵時間而逐漸降低其含量，未發酵前含量最高可達163.74 $\mu\text{g/mL}$ ，在發酵第一週時降至約140.92 $\mu\text{g/mL}$ ，經過一個月的發酵後，其含量僅剩89.51 $\mu\text{g/mL}$ ，相較發酵前的含量明顯的降低，

此結果與Chan-Blanco 等 (2007)之研究結果互相印証。這可能是因為在發酵的過程中，rutin 受到了光、熱和氧的破壞而水解成 quercetin，亦可能與金屬Fe 螯合或是因為果汁釋出量增加所造成之稀釋結果(Lue *et al.*, 2010；Yoo *et al.*, 2012)。

Scopoletin 為一種用以抵禦黴菌感染的植物殺菌素，其產生與植物品種和生長環境有關(Farine *et al.*, 1996)。由實驗結果發現，scopoletin 會隨著發酵時間而增加，其中又以發酵至第三週的含量為最高，可達 181.49 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，但到第四週時則顯著下降至 131.07 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ；反之，scopoletin 衍生物則是會隨發酵時間而減少。文獻指出 scopoletin 衍生物與 scopoletin 有很大的相關性，scopoletin 衍生物為含有糖苷之化合物，此衍生物在經過酵素水解後會形成 scopoletin 化合物 (楊, 2005)。

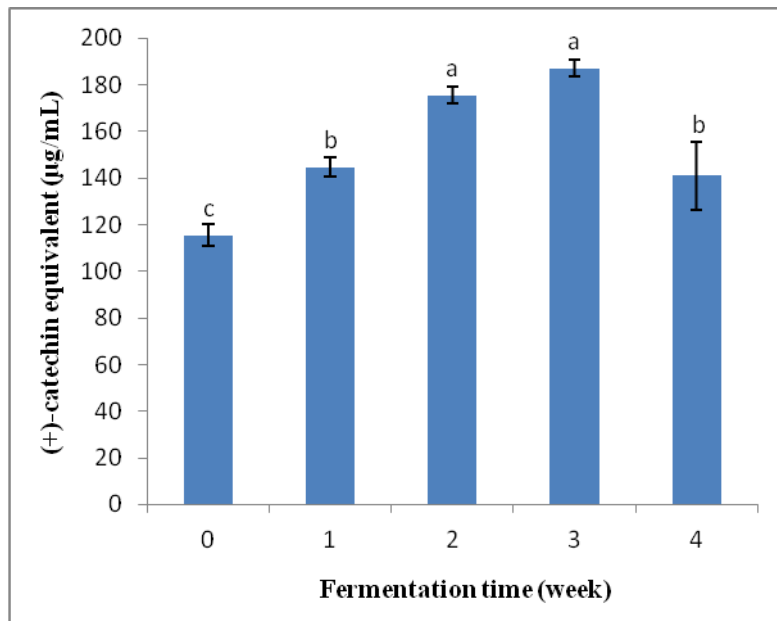
8. 虹苷含量測定(Iridoids determination)

將所分離出之 DAA 及 AA 送至中興大學貴重儀器中心，以元素分析儀測定兩者所含之 C、H、O 比例(附錄十四)，將偵測值除以理論值再乘以 100%，可得 peak 3 中 C、H、O 元素純度分別為 90.47%、118.88%、98.89%，而 peak 5 中 C、H 元素的純度則分別為 73.64% 及 97.57%，以最低純度作為 DAA 與 AA 純度之換算，即二化合物之純度分別為 90.47% 及 73.64%。將所

接收的 DAA 及 AA 經冷凍乾燥成粉末後，再配製成不同濃度，以 HPLC 注射可得兩者的標準曲線及其方程式，將果汁中所含 DAA 及 AA 以積分方式所得的面積帶入方程式後即可換算成濃度，再將換算出的濃度分別乘上純度，結果即為果汁中所含 DAA 及 AA 的實際濃度。

實驗結果如圖三十八(附錄十五) 所示，可發現 DAA 在發酵第 0 週到第 3 週時，其含量無顯著差異，但在發酵至第 4 週時，則明顯下降，而 AA 則是發酵至第 2 週時顯著下降，直至第 4 週有最低的含量；將 DAA 及 AA 的含量加總起來即為 total iridoids，其結果顯示，新鮮諾麗果汁(第 0 週)含有最高之 iridoids，其含量為 374.88 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ，而隨著發酵時間之增加，total iridoids 呈現了緩慢降低的趨勢，發酵至第四週時其含量顯著降至 271.73 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。由此結果可知，iridoids 是上述所測定之機能性化合物中含量較多且較安定者，因此未來可望做為諾麗果品質之指標性化合物。

此外，市面上大溪地諾麗果汁產品有六種，分別為 Tahitian Noni® Original™、Tahitian Noni® n-Core™、Tahitian Noni® Juice™、Tahitian Noni® Extra™、Tahitian Noni® Family™ 及 Tahitian Noni® Pure™，其中前面三種產品每 60 mL 中含有 30

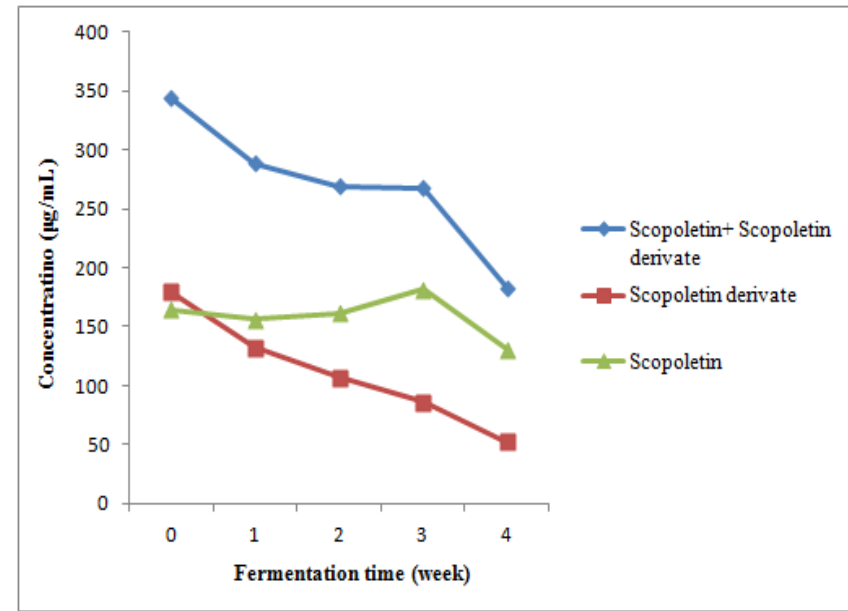
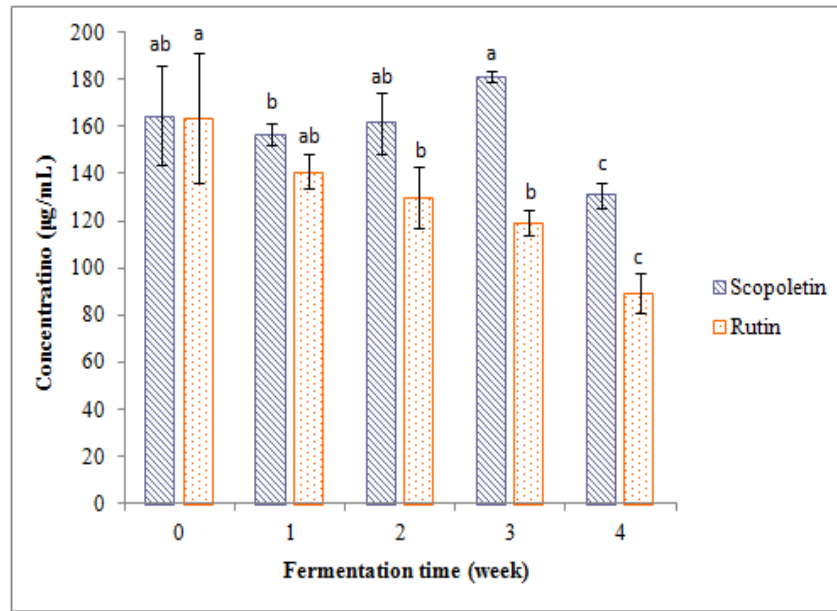


圖三十六、不同發酵時間對諾麗果汁中縮合單寧含量之影響。

Figure 36. Effects of different fermentation time on contents of condensed tannins of noni juice.

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

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

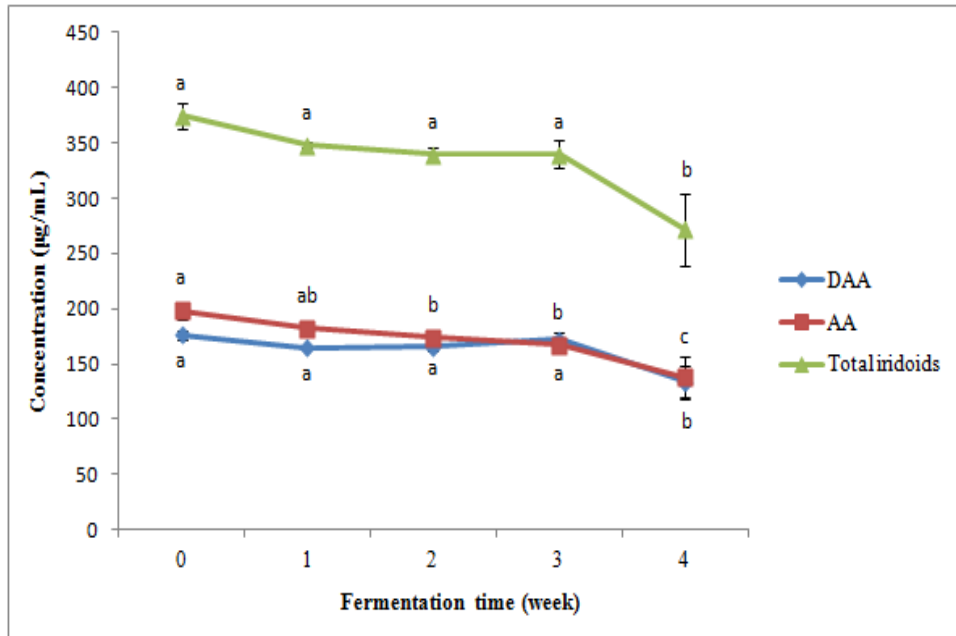


圖三十七、不同發酵時間對諾麗果汁中芸香素、東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響。

Figure 37. Effects of different fermentation time on concentration of rutin, scopoletin and scopoletin derivate of noni juice.

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

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



圖三十八、不同發酵時間對諾麗果汁中虹苷濃度之影響。

Figure 38. Effects of different fermentation time on concentration of iridoids of noni juice.

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

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

mg 的 iridoids，而第四和第五種產品則是每 60 mL 中含有 15 mg 的 iridoids，而最後一種產品更可高達每 60 mL 中含有 72 mg 的 iridoids，說明諾麗果汁中含有豐富的 iridoids，故具有促進心臟健康、增強免疫系統、提高能量及耐力之功效。

三、生理活性

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

由文獻得知，諾麗果汁具有很強的抗氧化能力，而不經稀釋的諾麗果汁之清除力會超過 100 % (王，2008；黃，2010)，故本實驗將諾麗果汁稀釋 50 倍，而實驗結果如圖三十九(附錄十六)，其抗氧化活性單位以 $\mu\text{g trolox equivalent/mL}$ 表示，而 $\text{ABTS} \cdot ^+$ 自由基清除能力則以百分比作表示。由(a)圖可知，每毫升未發酵的新鮮諾麗果汁(第 0 週)相當於 35.28 $\mu\text{g trolox}$ 當量，而由(b)圖得知，經發酵後的抗氧化能力(50.29%) 比未發酵之新鮮諾麗果汁(44.08%) 來得好，這可能是因為發酵時果膠酵素之作用，使得抗氧化物質從植物組織中釋放出來的緣故。然而，隨著發酵時間之增加，其總抗氧化能力則會隨之下降，此結果與總酚趨勢相互呼應，有文獻指出，抗氧化能力與總酚具有相關性(Yang *et al.*, 2010)，而結果亦與文獻符合。

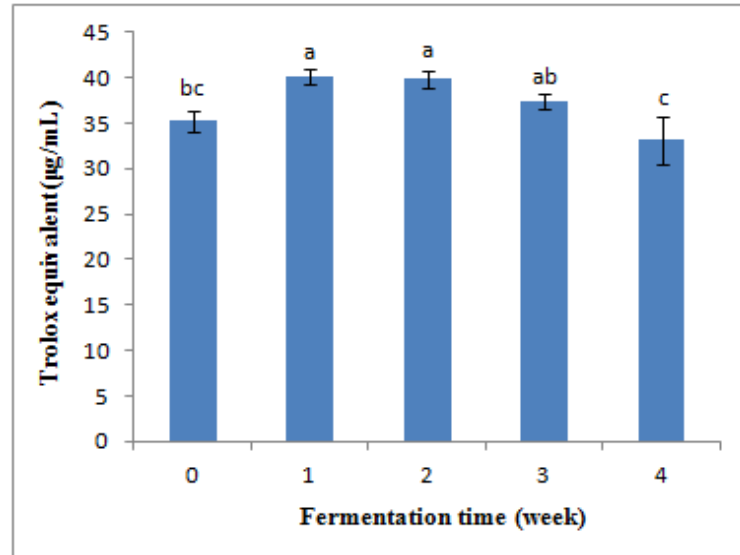
2. DPPH 自由基清除能力 (DPPH free radical scavenging activity)

將不同發酵時間之諾麗果汁，進行DPPH 自由基清除能力之分析，其實驗結果如圖四十(附錄十六)，單位以 $\mu\text{g BHA equivalent/mL}$ 表示，而DPPH 自由基清除能力則以百分比作表示。由於諾麗果汁具有很強的DPPH 自由基清除能力，若不經稀釋其DPPH 自由基清除力大約都在100 %左右，故本實驗將諾麗果汁作80 倍稀釋。從(a)圖得知，未發酵的新鮮諾麗果汁(第0週)相當於12.5 $\mu\text{g BHA}$ 當量，而從(b)圖可知，諾麗果汁在發酵第0-3週時，其DPPH 自由基清除能力雖由74.26%下降至70.62%，但於統計上並無顯著差異，而在發酵至第四週時其DPPH 自由基清除能力則顯著下降至62.45%。

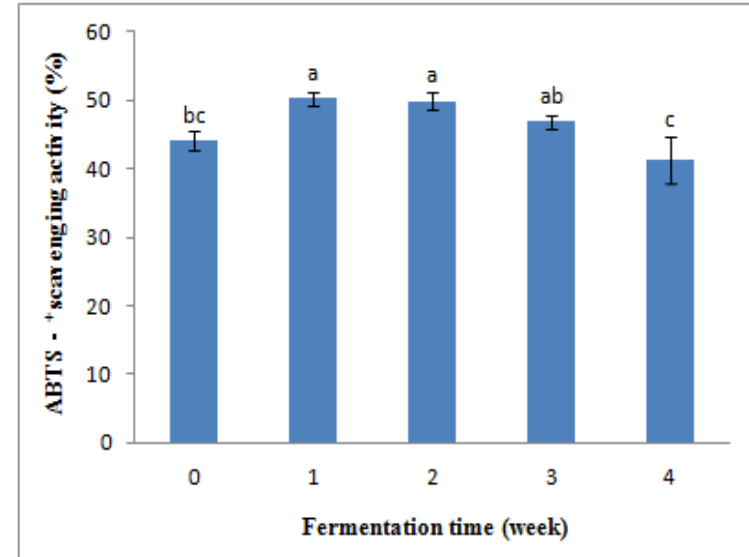
3. 血管收縮素轉化酶抑制活性 (ACE inhibitory activity)

將經不同發酵時間之諾麗果汁 (經8倍稀釋)，進行ACE 抑制活性分析，由實驗結果發現(圖四十一)(附錄十六)，於不同發酵時間中，諾麗果汁對抑制ACE 活性在統計上雖為無顯著差異，但亦證實諾麗果汁的確具有抑制ACE 活性之效果，以發酵一週的諾麗果汁之抑制力最好，可達到71.3%，顯示諾麗果汁確實具有良好的ACE 抑制活性，即具有降血壓之功效。

(a)



(b)



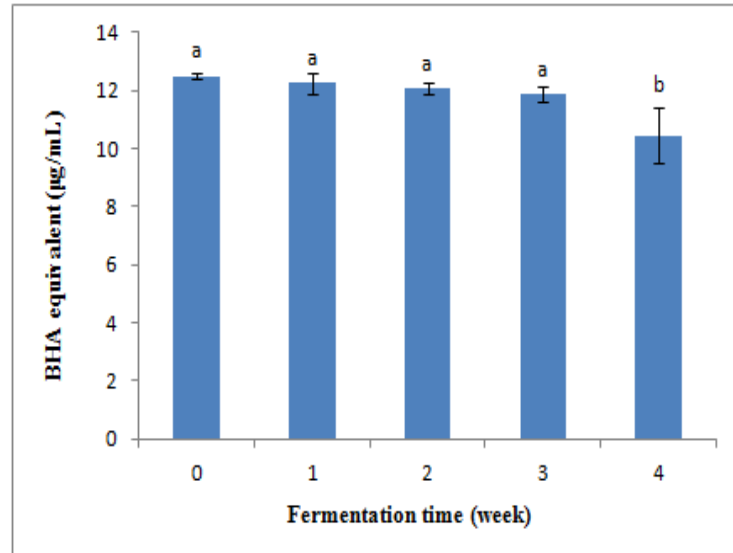
圖三十九、不同發酵時間對諾麗果汁(40 倍稀釋) 的相對 trolox 當量及 ABTS ·⁺ 自由基清除能力之影響。(a) 相對 trolox 當量；(b) ABTS ·⁺ 自由基清除能力。

Figure 39. Effects of different fermentation time on trolox equivalent and ABTS ·⁺ radical scavenging activity of noni juice (40 fold dilution). (a) trolox equivalent, (b) ABTS ·⁺ radical scavenging activity.

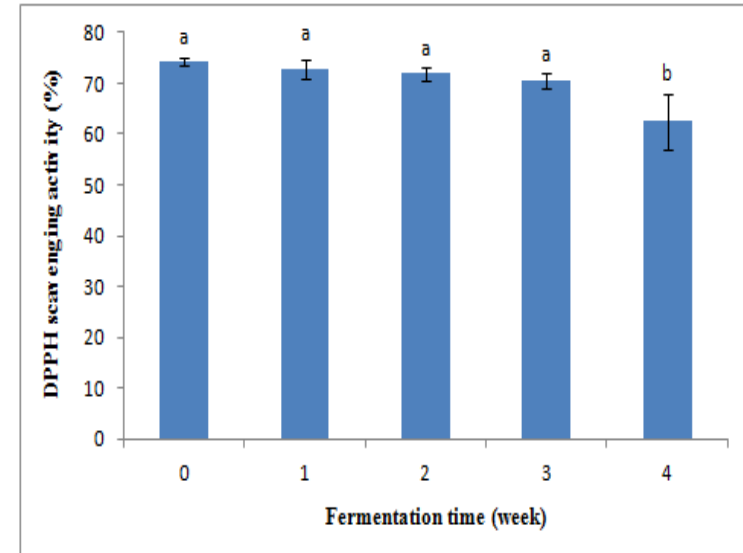
Each value is the mean ± standard deviation (n = 3).

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

(a)



(b)

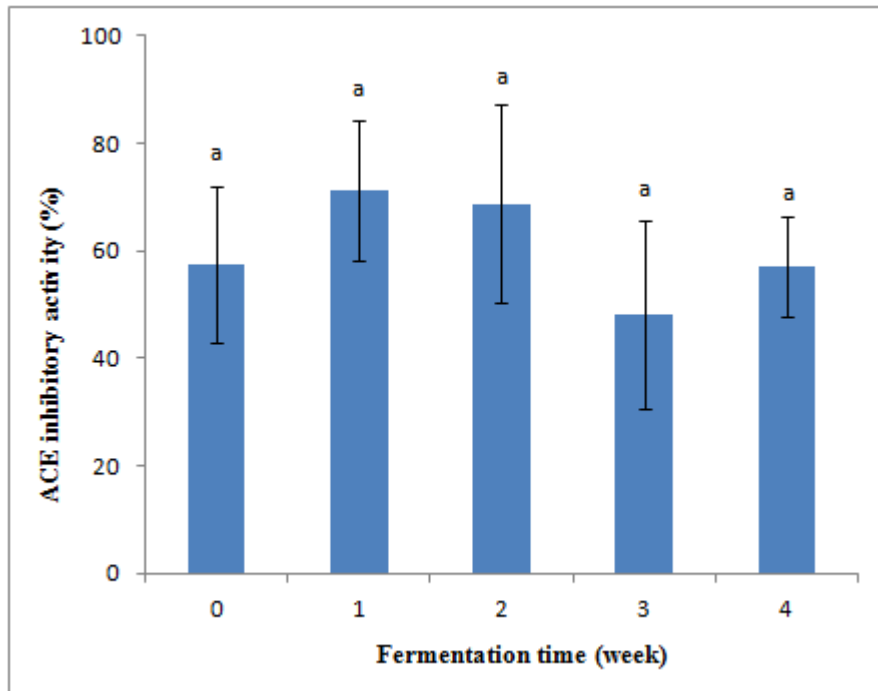


圖四十、不同發酵時間對諾麗果汁(80 倍稀釋) 的相對 BHA 當量及 DPPH 自由基清除能力之影響。(a) 相對 BHA 當量；(b) DPPH 自由基清除能力。

Figure 40. Effects of different fermentation time on BHA equivalent and DPPH radical scavenging activity of noni juice (80 fold dilution). (a) BHA equivalent, (b) DPPH radical scavenging activity.

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

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



圖四十一、不同發酵時間對諾麗果汁(8 倍稀釋) 的ACE 抑制活性之影響。

Figure 41. Effects of different fermentation time on ACE inhibitory activity of noni juice (8 fold dilution).

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

^a Means among same fermentation time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

Part. 2：儲藏性試驗

一、理化性質

1. 諾麗果製成果汁之產率

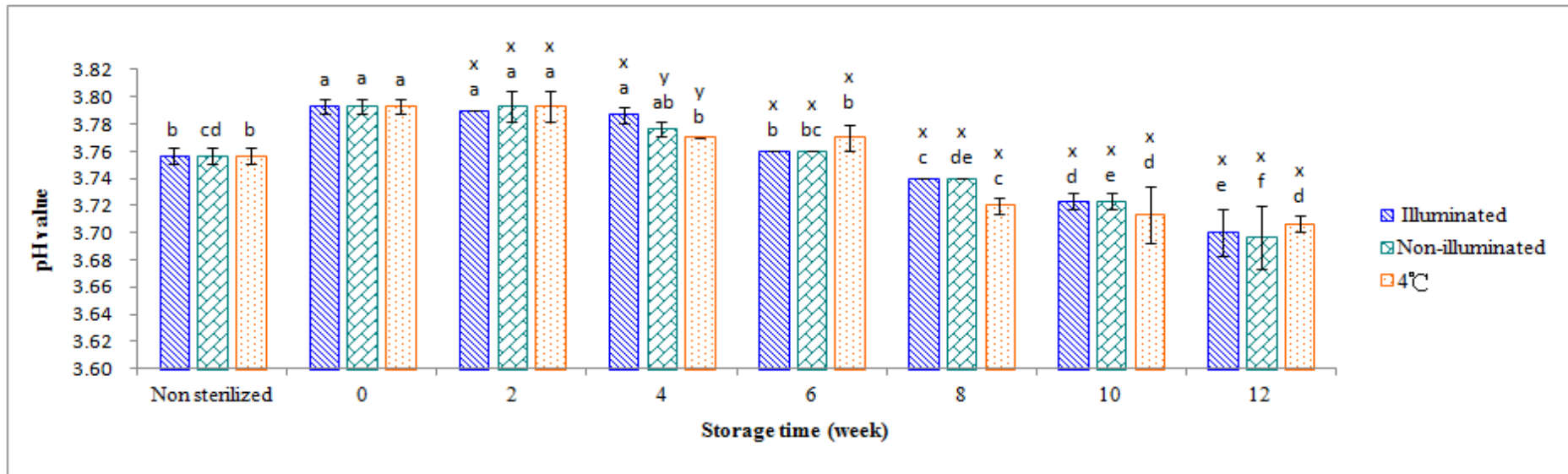
將發酵一個月後的果泥攪拌均勻後，利用離心方式將果汁分取出來，可得其產率為 56.74%。

2. 不同儲藏時間及方式對諾麗果汁 pH 值之影響

由實驗結果發現(圖四十二)(附錄十八)，不管是在照光組、未照光組或4°C組中，殺菌過後的諾麗果汁(第0週)之pH值皆高於未殺菌的諾麗果汁。經殺菌照光儲藏至第四週後，其pH值會隨儲藏時間越久而逐漸降低，未照光組與照光組有相同趨勢，而在4°C組，則是儲藏至第二週後即有隨儲藏時間越久而逐漸降低的情況。另外，儲藏至第四週時，三組pH值接近，分別為 3.79、3.78及3.77，而在其他儲藏時間，三組間皆無顯著差異。

3. 不同儲藏時間及方式對諾麗果汁色澤之影響

由實驗結果(圖四十三)(附錄十九)可知，不管是在照光、未照光或4°C組中，未殺菌的諾麗果汁之L*值及b*值皆高於殺菌過後的諾麗果汁，表示經殺菌過後，諾麗果汁的顏色會變深，推



圖四十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁 pH 值之影響。

Figure 42. Effects of different storage time at three conditions on pH values of noni juice.

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

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

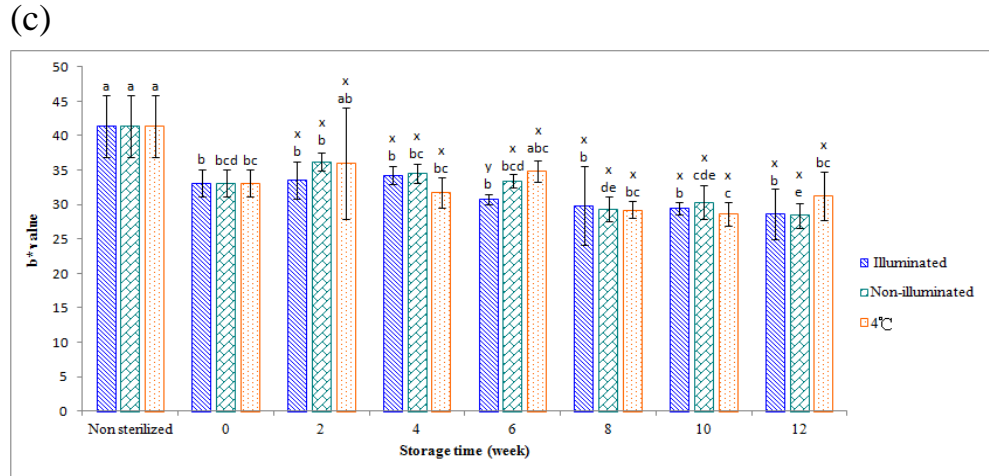
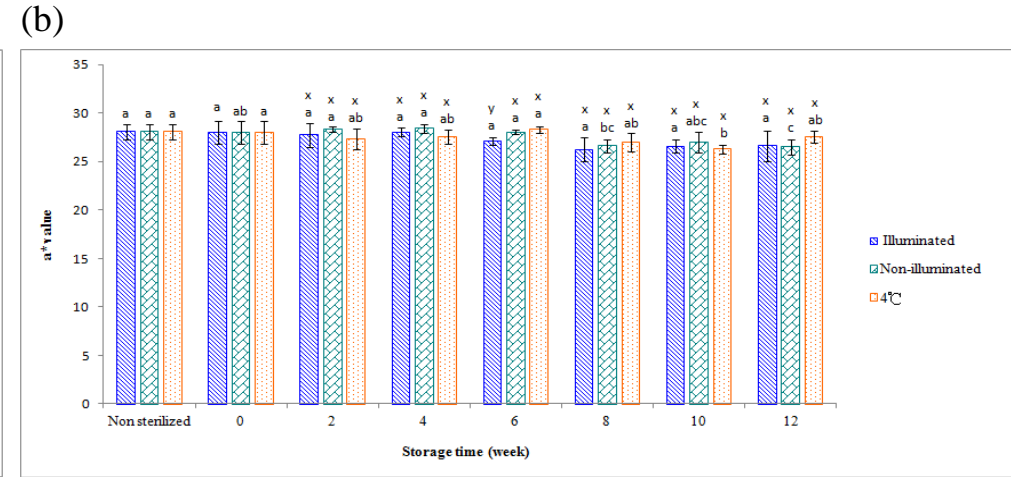
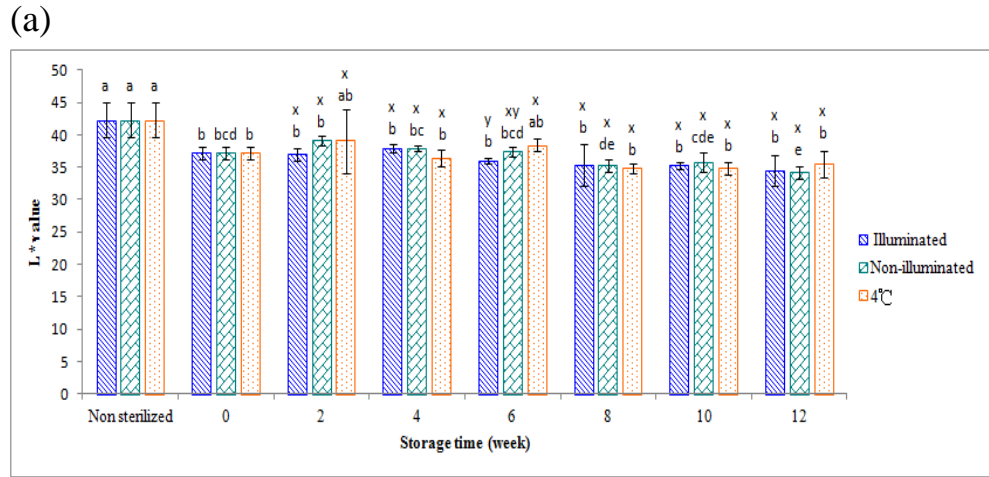
^{x-y} Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

測可能是因加而促使其褐變反應發生。另外，照光組與 4°C 組由第 0 週儲藏到第十二週時，其 L* 值與 b* 值皆無顯著差異，但在未照光組中，儲藏至第八週後，其 L* 值和 b* 值有下降之趨勢，表示諾麗果汁在未照光的情況下儲藏越久，其顏色會越來越深。而照光、未照光和 4°C 組間只有儲藏至第六週時，4°C 組之 L* 值及 b* 值有高於照光和未照光組外，其他儲藏時間三者間皆無顯著差異。由 b 圖得知，照光組不管是未殺菌或經殺菌後儲藏，其 a* 值皆無顯著差異，而在未照光組中則是儲藏至第六週後有下降的趨勢，並在儲藏至第十二週時有最低值。在 4°C 組中，除了儲藏至第十週時有最低值外，其餘皆無顯著差異。在照光、未照光及 4°C 組間是以儲藏至第六週時，未照光組及 4°C 組的 a* 值高於照光組外，其他儲藏時間三者間皆無顯著差異。由此可知加熱殺菌會加速非酵素性褐變反應之進行，故經熱處理後之諾麗果汁之色澤不再有明顯地變化。

二、機能性化合物含量

1. 總酚類化合物含量測定(Total phenolic determination)

由實驗結果(圖四十四)(附錄二十)可以得知，不管是在照光組、未照光組或 4°C 組中，都以殺菌過後的諾麗果汁酚類含量較多，而殺菌後到儲藏至第十二週其酚類含量皆無明顯的差異。



圖四十三、不同儲藏時間及方式諾麗果汁色澤之影響。

(a) L*值；(b) a*值；(c) b*值。

Figure 43. Effects of different storage time at three conditions on color of noni juice.

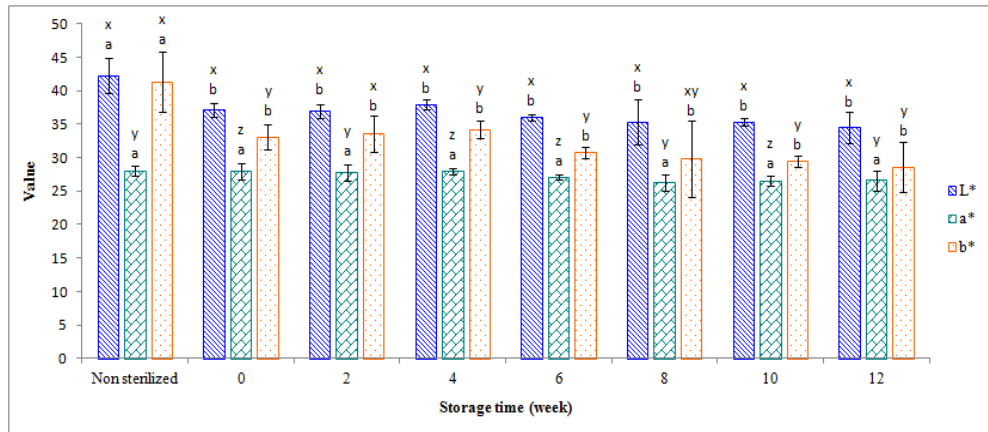
(a) L* value, (b) a* value, (c) b* value.

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

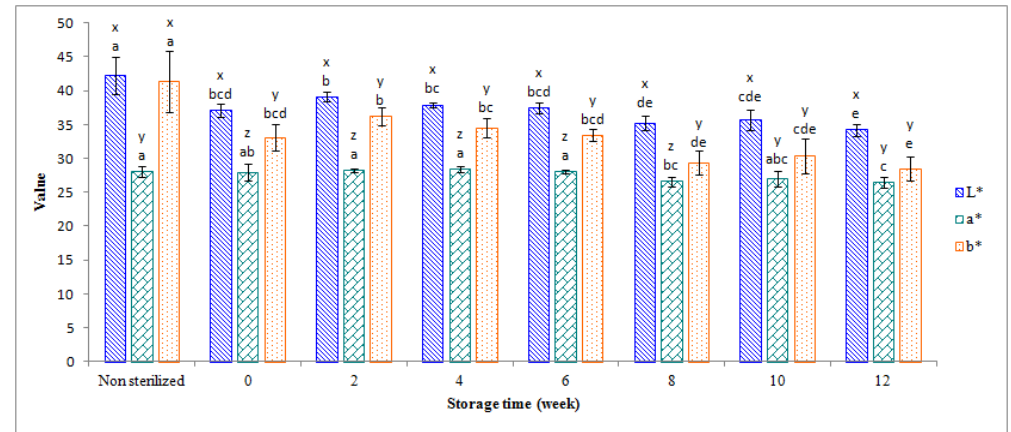
^{a-e} Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

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

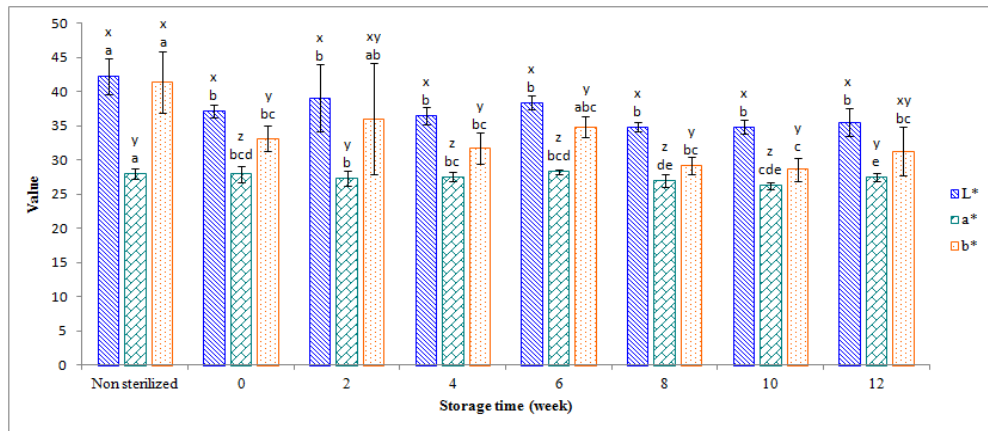
(d)



(e)



(f)



圖四十三、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁色澤之影響。

(d) 照光；(e) 未照光；(f) 4°C。

Figure 43. Effects of different storage time at three conditions on color of noni juice.

(d) illuminated, (e) non-illuminated, (f) 4°C.

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

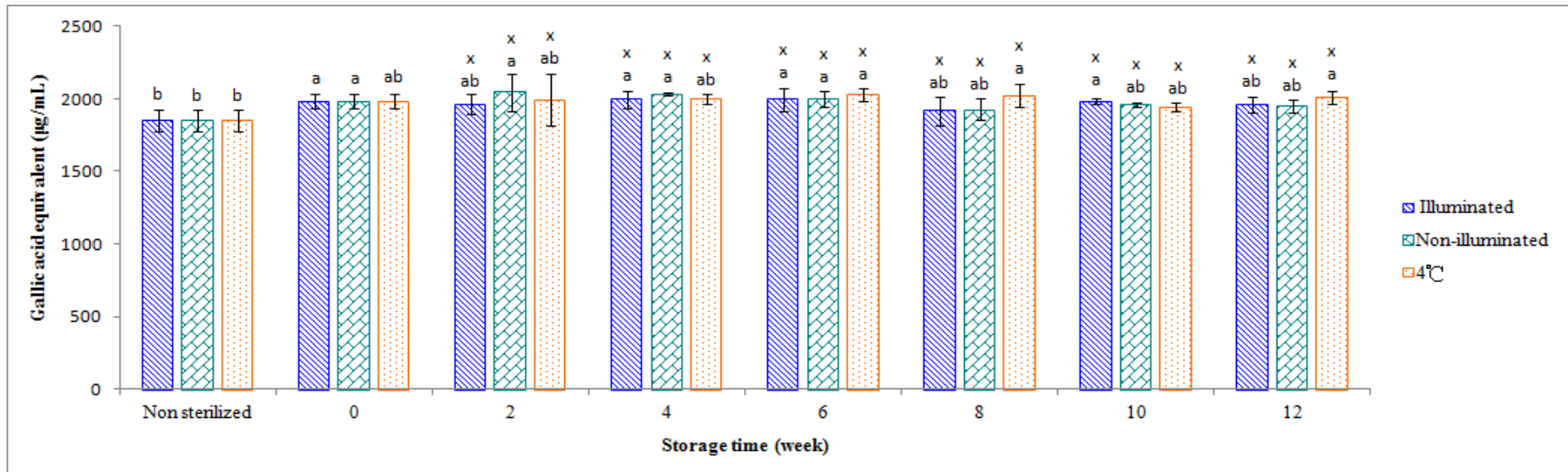
^{a-f} Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

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

另外，在相同儲藏時間下，照光、未照光及 4°C 組間亦無顯著差異。實驗結果與 Yang 等 (2007) 之研究結果相似，結果指出加熱對總酚之含量影響不大，主要原因為經熱處理之諾麗果汁會因加熱而使水解性酵素失活，多酚類化合物多以穩定之糖苷或酯鍵之鍵結型態存在，故不易被熱所破壞，而於儲藏過程中可以穩定不被破壞，故總酚類化合物含量不會有明顯之改變。

2. 類黃酮含量測定 (Flavonoid determination)

由實驗結果(圖四十五) (附錄二十一)可得知，在照光組及 4°C 組中，其類黃酮含量沒有明顯的改變，推測造成照光組有此結果之原因可能與加熱而使關聯性酵素失活有關，故類黃酮化合物於儲藏過程中不會受破壞而減少；此外，4°C 組因為在低溫下所有作用機制較慢，故其含量能保存較久；在未照光組中則是以儲藏至第八週開始有降低之趨勢，至儲藏第十二週其含量則有最低值 69.25 µg/ml，推測原因可能是因為儲藏時間過久所導致亦或果汁中的類黃酮化合物可能聚合而轉變成縮合單寧化合物或被水解破壞，故類黃酮化合物含量減少。除此之外，在相同儲藏時間下，照光、未照光及 4°C 組間則無顯著差異。



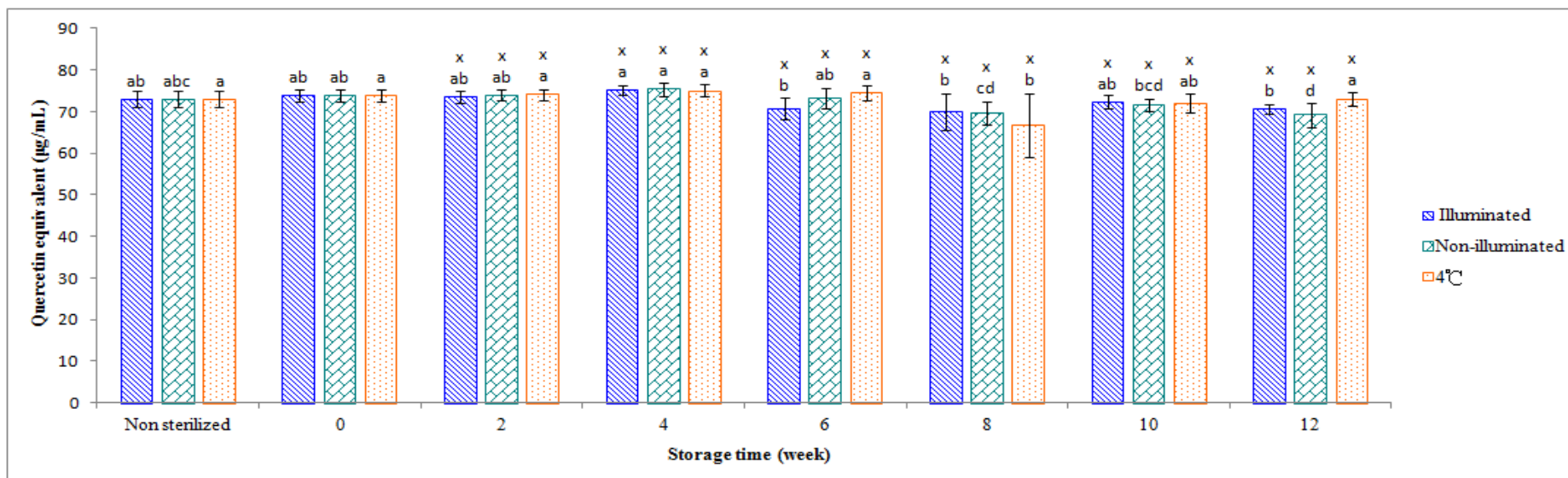
圖四十四、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中總酚含量之影響。

Figure 44. Effects of different storage time at three conditions on contents of total phenolic compounds of noni juice.

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十五、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中類黃酮含量之影響。

Figure 45. Effects of different storage time at three conditions on contents of flavonoids of noni juice.

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

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

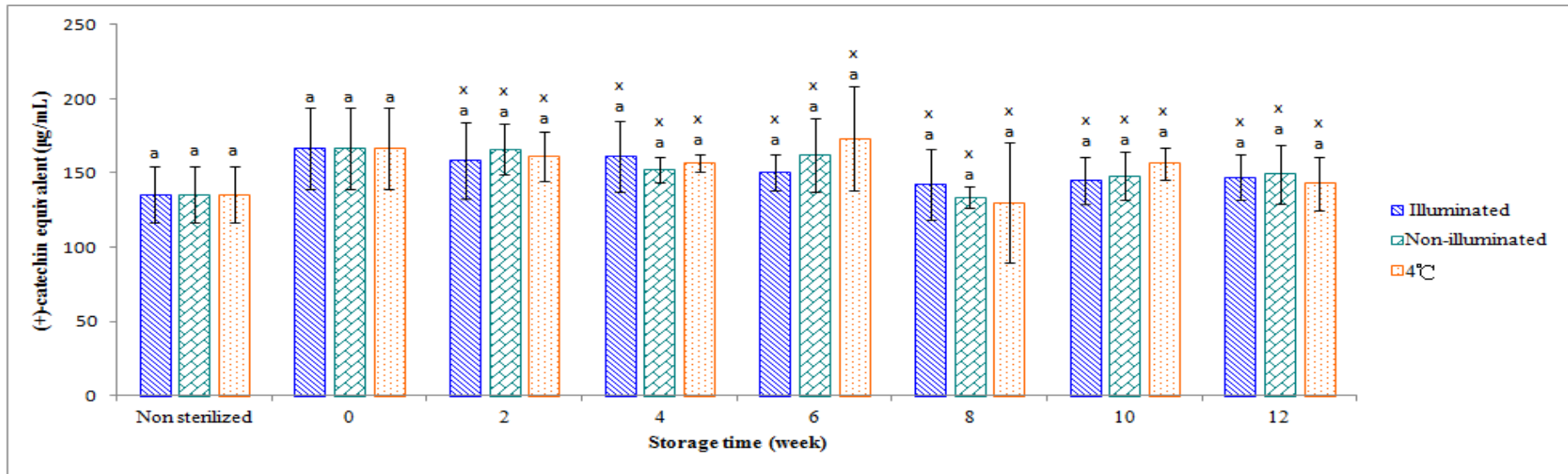
^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

3. 縮合單寧含量測定(Condensed tannin determination)

從實驗結果 (圖四十六) (附錄二十二) 可以得知，在照光、未照光及4°C組中，皆以第0週有最高之縮合單寧含量166.39 µg/mL，而在不同儲藏時間下，照光、未照光及4°C組之諾麗果汁中的縮合單寧含量並無顯著的變化，推測原因可能是經熱處理之諾麗果汁因加熱而使酵素失活，故縮合單寧化合物於儲藏過程中不會受破壞而減少。在相同儲藏時間下，照光、未照光及4°C組間亦無顯著差異。除此之外，縮合單寧含量亦可能與類黃酮之聚合有很大的關係，也與縮合單寧聚合和沉澱的速率有關。

4. 芸香素、東莨菪素及其含糖衍生物含量測定(Rutin, scopoletin and its derivative determination)

從實驗結果 (圖四十七) (附錄二十三) 可以得知，rutin含量在未照光組以未殺菌較佳，殺菌過後不管儲藏時間長短其含量皆無明顯的改變，而照光組及4°C組中，不管殺菌與否及儲藏時間長短，其含量亦都沒有顯著差異。此外，scopoletin含量在照光組以儲藏至第10週最佳，其含量可高達222.27µg/ml，在未照光組及4°C組則不管殺菌與否及儲藏時間長短，其含量皆無顯著改變。Scopoletin含糖衍生物雖有隨著儲藏時間而逐漸增加，但其上升含量在誤差範圍內。除此之外，在相同儲藏時間下，照光組、未



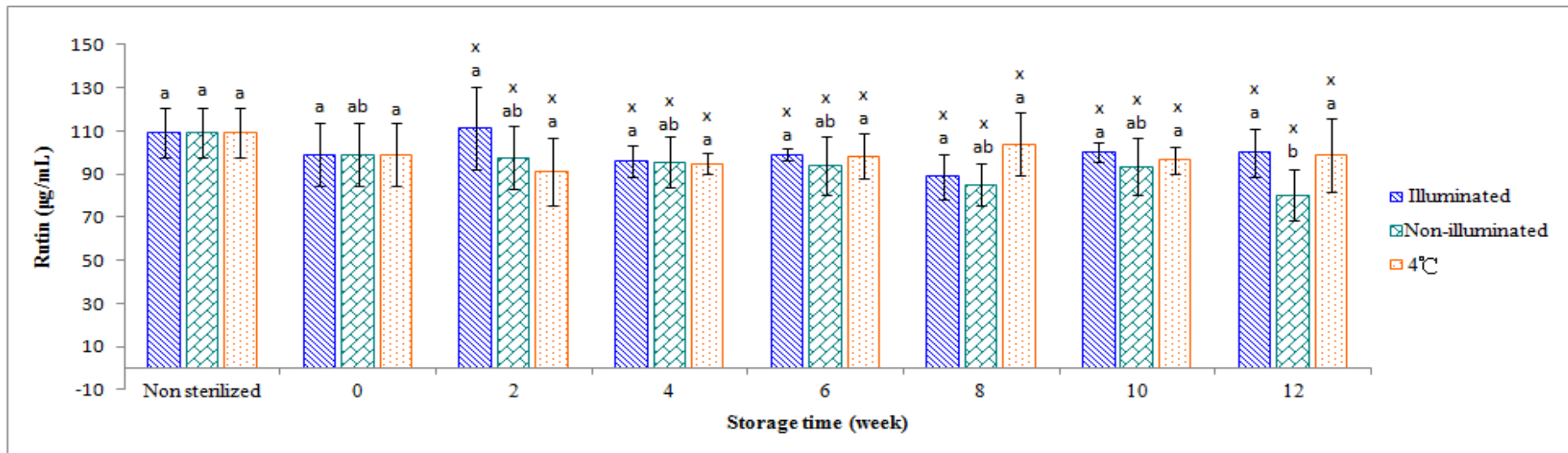
圖四十六、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中縮合單寧含量之影響。

Figure 46. Effects of different storage time at three conditions on contents of condensed tannins of noni juice.

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

^a Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖四十七、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中芸香素濃度之影響。

Figure 47. Effects of different storage time at three conditions on concentration of rutin of noni juice.

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

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

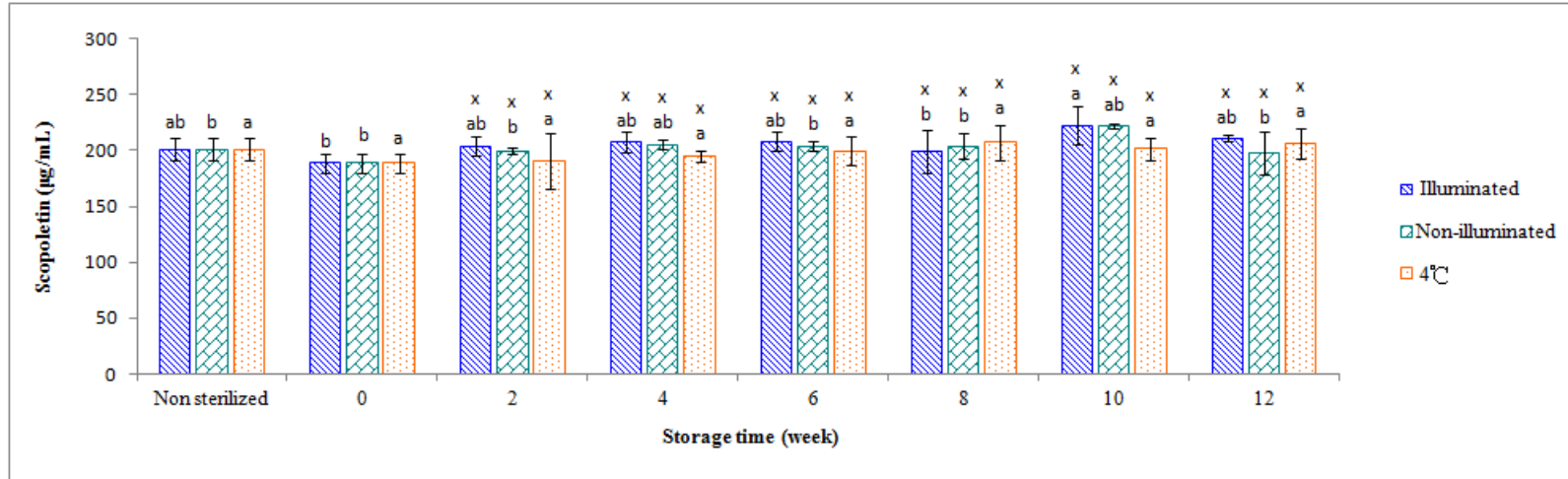
^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

照光組及4°C組的rutin、scopoletin及scopoletin含糖衍生物含量皆沒有顯著的差異。Scopoletin與其含糖衍生物之總含量在照光組中以儲藏至第10週有最高的含量，可達382.03µg/mL，而在未照光組中亦以儲藏至第10週有最高含量386.01µg/mL，4°C組中則是以儲藏至第12週有最高含量362.27µg/mL (圖四十八)(附錄二十四)。由上述結果可知，不管是經不同處理(殺菌、未殺菌)、不同儲藏方式(照光、未照光、4°C)或儲藏時間(0-12週)都不會對scopoletin造成顯著的影響，這可能是因經65°C殺菌處理之諾麗果汁因加熱而使酵素失活，而使機能性化合物不受到酵素之破壞，使scopoletin較為安定，故於儲藏過程中不會有所變化，故由此實驗可知，經加熱處理有利於諾麗果汁中之機能性化合物之儲藏。

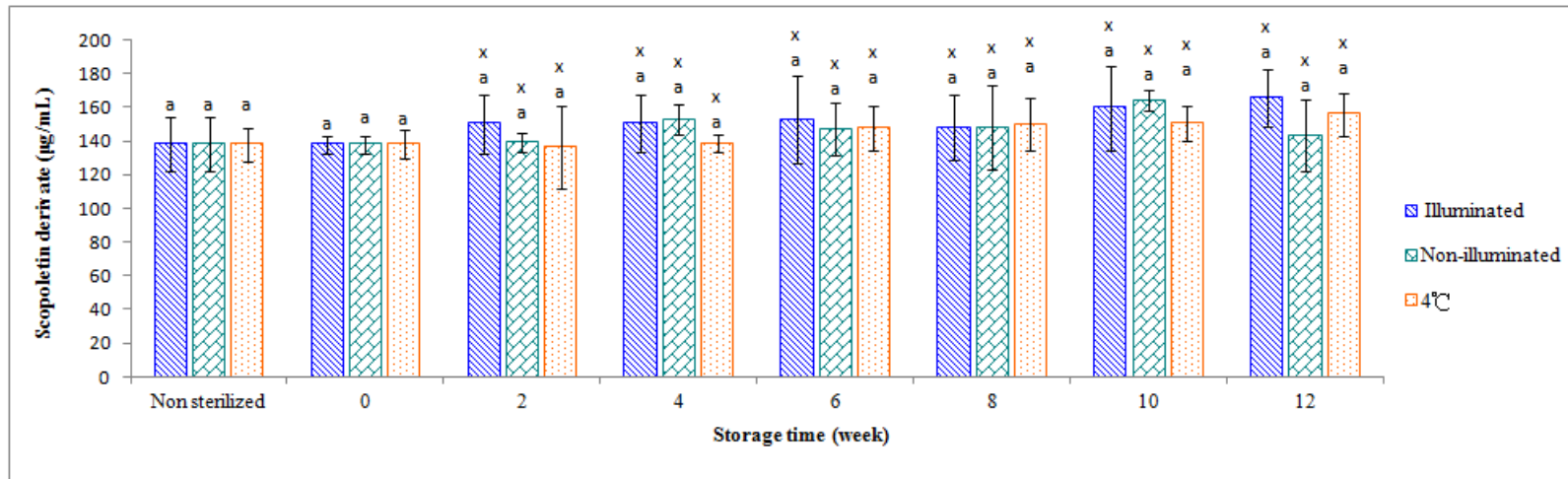
5. 虹苷含量測定(Iridoids determination)

由實驗結果(圖四十九)(附錄二十五)可以得知，DAA 在未殺菌及殺菌後的含量無明顯改變，而於不同儲藏時間下，其含量亦無顯著差異，且在相同儲藏時間下，照光組、未照光組及4°C組亦沒有明顯差異。文獻中(Deng *et al.*, 2010) 指出，諾麗果汁在商業加工中通常以巴斯德氏殺菌法加熱，故作者將 DAA 置於 pH 3.3 下以 90°C 加熱一分鐘，結果顯示加熱前與加熱後無顯著的差異性，表示 DAA 在巴斯德氏殺菌法中亦會呈現安定狀態。AA

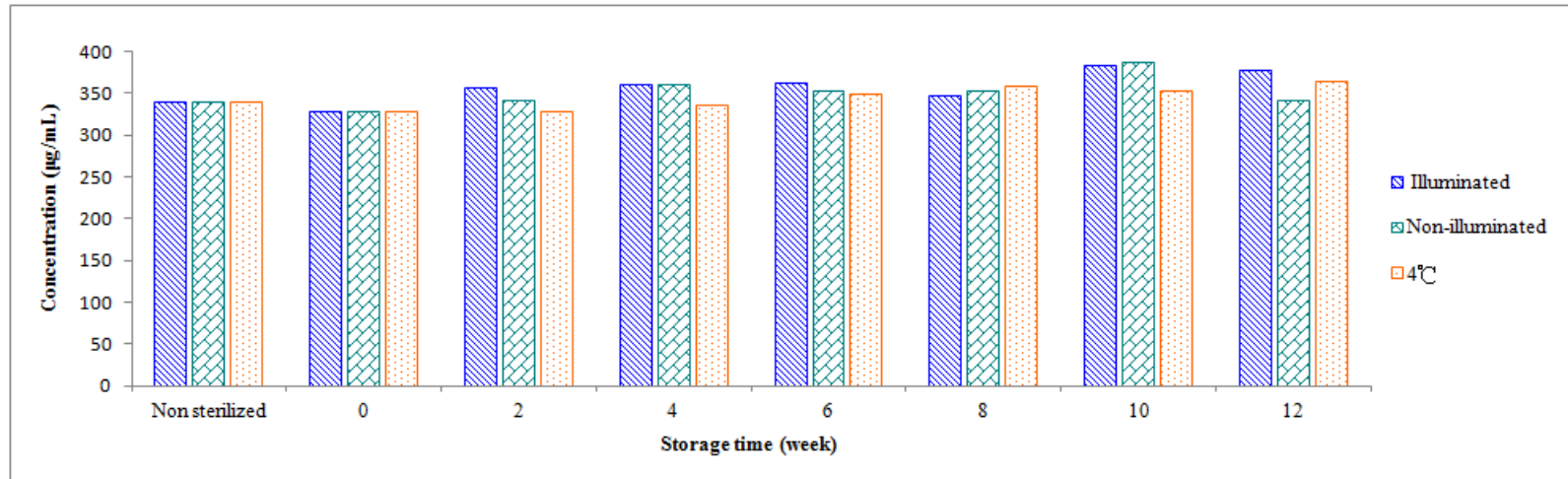
(a)



(b)



(c)



圖四十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響。(a) 東莨菪素；(b) 東莨菪素含糖衍生物；(c) 東莨菪素及其含糖衍生物總含量。

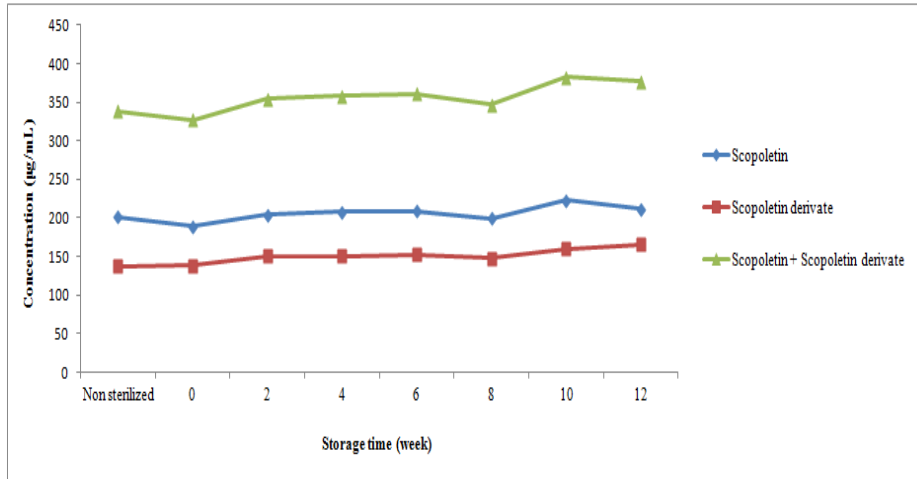
Figure 48. Effects of different storage time at three conditions on concentration of scopoletin and scopoletin derivative of noni juice. (a) scopoletin, (b) scopoletin derivative, (c) total contents of scopoletin and scopoletin derivative.

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

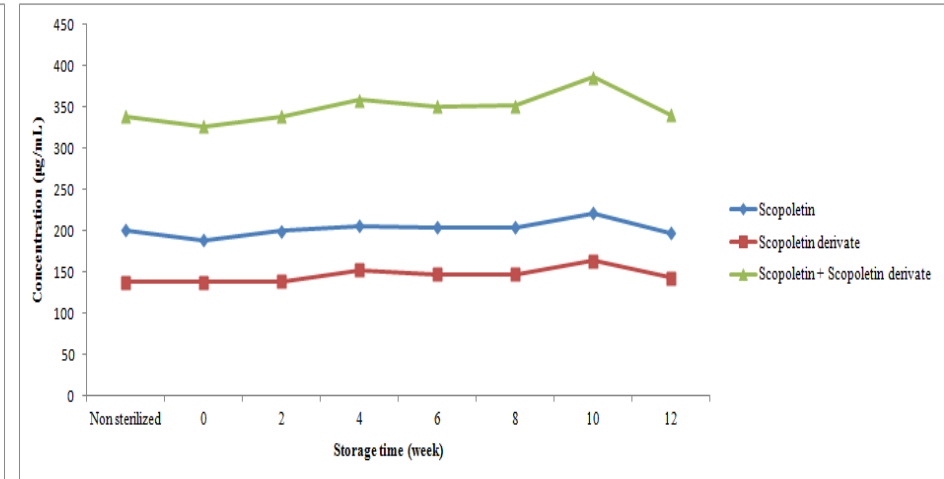
^{a-b} Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

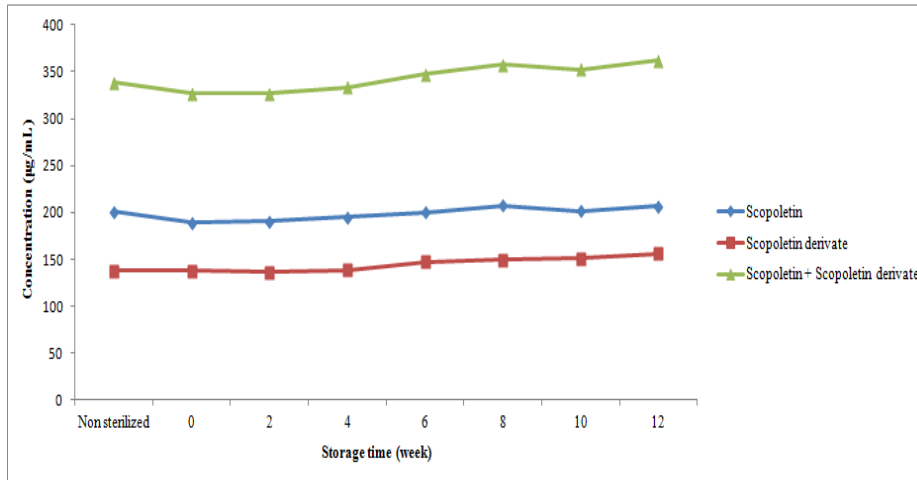
(d)



(e)



(f)



圖四十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響。

(d) 照光；(e) 未照光；(f) 4°C。

Figure 48. Effects of different storage time at three conditions on concentration of scopoletin and scopoletin derivative of noni juice.

(d) illuminated, (e) non-illuminated, (f) 4°C.

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

在未殺菌及殺菌後的含量無明顯改變，而於不同儲藏時間下，其含量亦無顯著差異，但在相同儲藏時間下，照光組及未照光組於儲藏至第 12 週時有降低現象，而於 4°C 組則無明顯差異，此結果說明，長時間儲藏下置於低溫較能保存 AA 的含量。

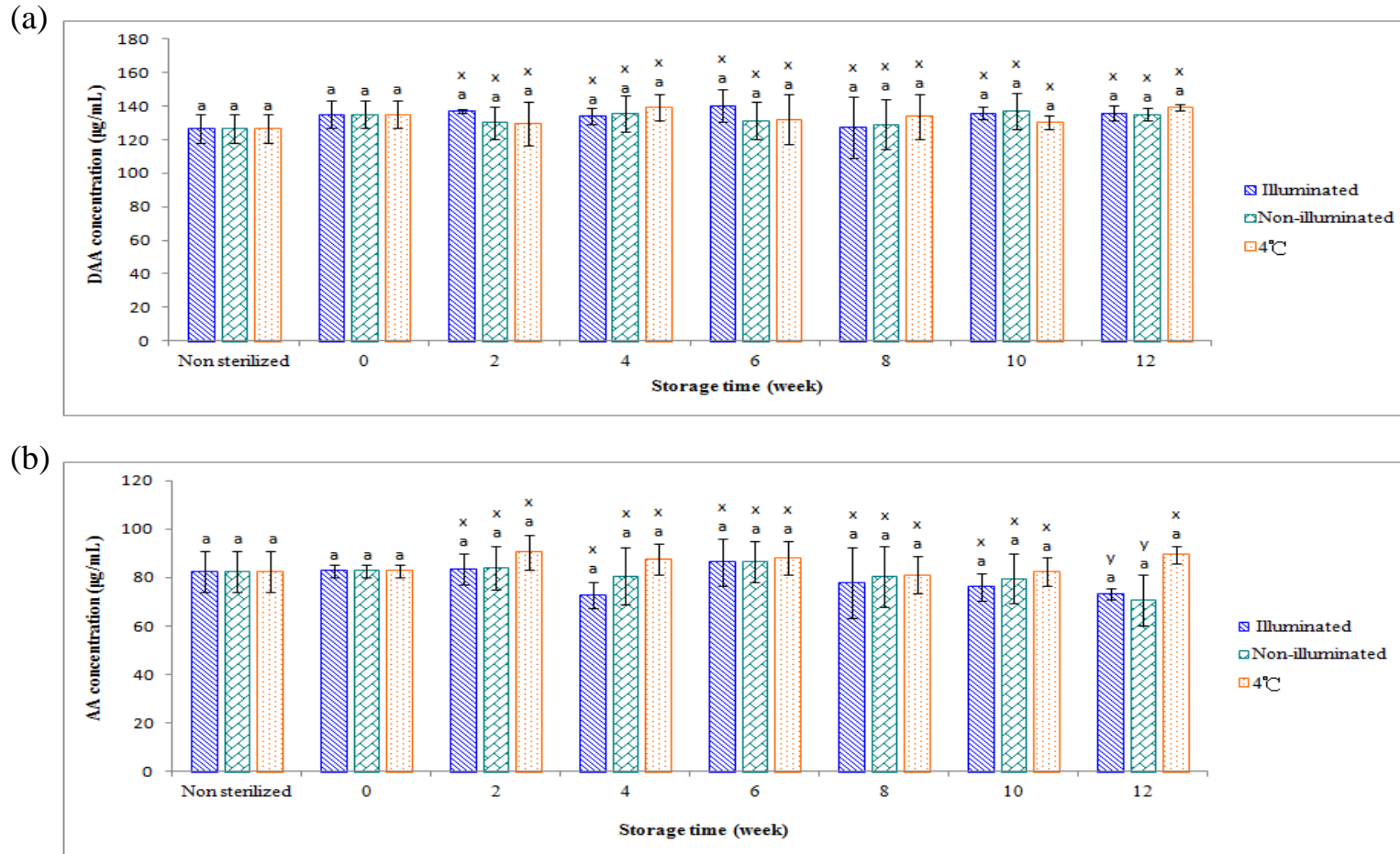
三、生理活性

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

抗氧化活性單位以 $\mu\text{g trolox equivalent/mL}$ 表示，而 $\text{ABTS} \cdot ^+$ 自由基清除能力則以百分比作表示。由於諾麗果汁具有很強的總抗氧化能力，故不經稀釋的諾麗果汁之 $\text{ABTS} \cdot ^+$ 自由基清除力大約都在 100 % 左右。本實驗將諾麗果汁經 30 倍稀釋，結果顯示(圖五十) (附錄二十六)，照光組的 $\text{ABTS} \cdot ^+$ 自由基清除力可達到 64.19 %，未照光組可達 62.69 %，而 4°C 組則仍有 63.71 %。由實驗結果得知，不管是殺菌、未殺菌或儲藏時間長短皆不影響其總抗氧化能力，而在相同儲藏時間下，照光、未照光及 4°C 組間亦是沒有明顯的改變。

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

實驗結果單位以 $\mu\text{g BHA equivalent/ mL}$ 表示，而 DPPH 自由基清除能力則以百分比表示。將不同儲藏時間之諾麗果汁，進



圖四十九、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中虹苷濃度之影響。(a) DAA；(b) AA。

Figure 49. Effects of different storage time at three conditions on concentration of iridoids of noni juice. (a) DAA, (b) AA.

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

^a Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

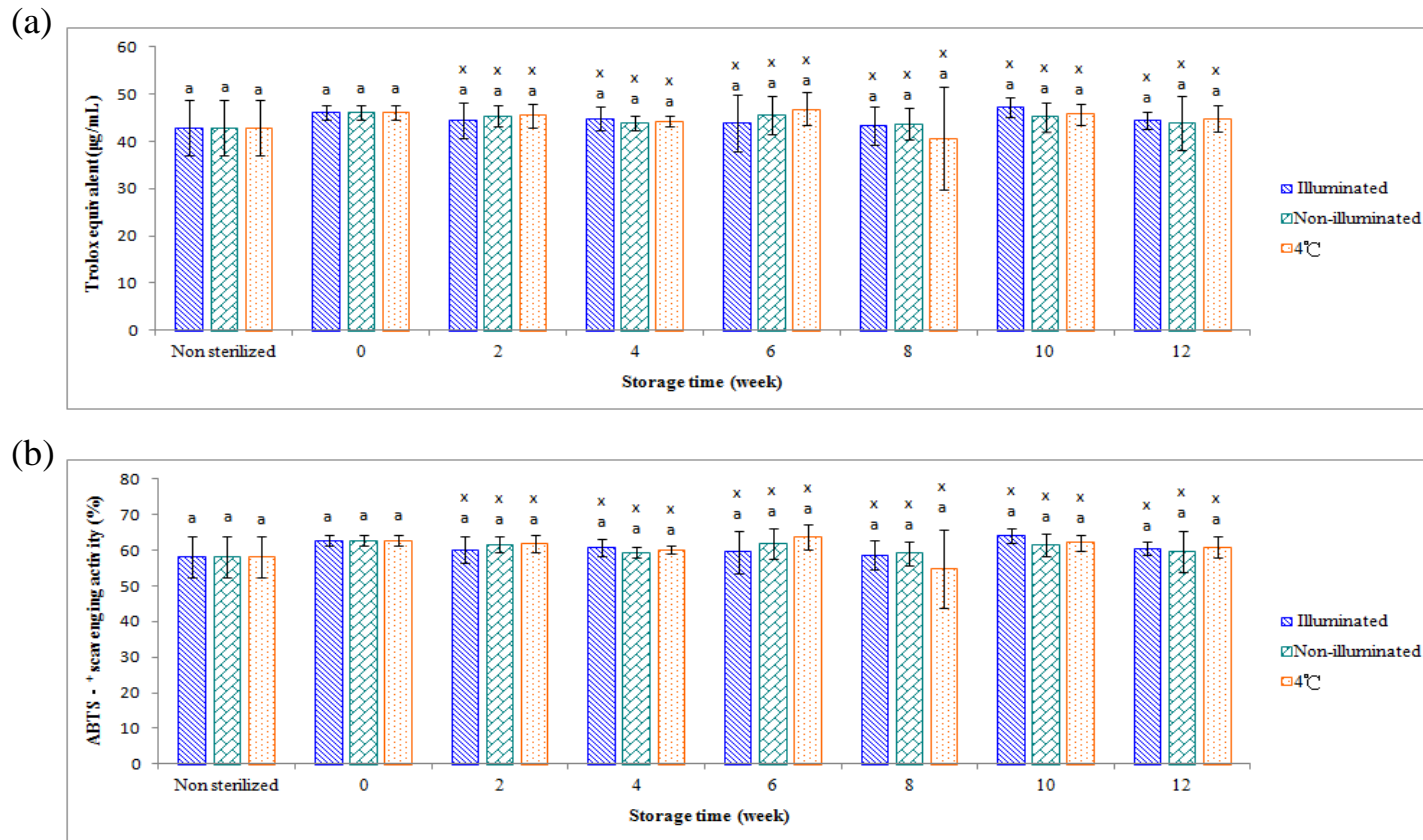
^{x-y} Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

行 DPPH 自由基清除能力之分析，由於 noni 果汁具有很強的 DPPH 自由基清除能力，若不經稀釋其 DPPH 自由基清除力大約都在 100 % 左右，故本實驗將諾麗果汁作 80 倍稀釋，結果顯示(圖五十一)(附錄二十七)，在照光組中，以儲藏至第十週與第十二週有最高之 DPPH 自由基清除能力，分別為 74.11% 及 76.54%，而未照光組則與照光組有相同趨勢，其 DPPH 自由基清除能力分別為 73.52% 及 73.37%，可能是因經殺菌過後其具清除能力之有效物質被釋出或生成所造成；在 4°C 組方面，仍是以儲藏至第十週與第十二週有最好的 DPPH 自由基清除能力，分別為 75.06% 及 74.86%。而在相同儲藏時間下，照光、未照光及 4 °C 組間則皆無顯著差異。

3. 血管收縮素轉化酶抑制活性 (ACE inhibitory activity)

在儲藏三個月後諾麗果汁仍具有很強的 ACE 活性抑制，所以將樣品經八倍稀釋後，再進行 ACE 抑制活性之分析。從實驗結果 (圖五十二) (附錄二十八) 得知，在照光組中以儲藏至第 6 週到第 12 週之 ACE 抑制活性較佳，可從 63.81% 至 68.16%，而未照光組中則是以儲藏至第 12 週為最佳，具有 70.73% 之抑制力，4°C 組於未殺菌及殺菌後儲藏至第 10 週其 ACE 抑制活性幾乎沒有太大變化，而至第 12 週時則有最佳之 ACE 抑制活性，其抑

制力可達79.24%；在相同儲藏時間下，三組間則無顯著差異。上述結果顯示，諾麗果汁在儲藏後期有較佳之ACE 抑制活性，這可能是因為一些植物中具有抑制ACE 活性的化合物(例如：hydrolysable tannins、phenylpropanes、proanthocyanidins、xanthones、terpenoids、alkaloids及oligosaccharides) 隨著儲藏時間漸漸被釋放出(黃，2010)。



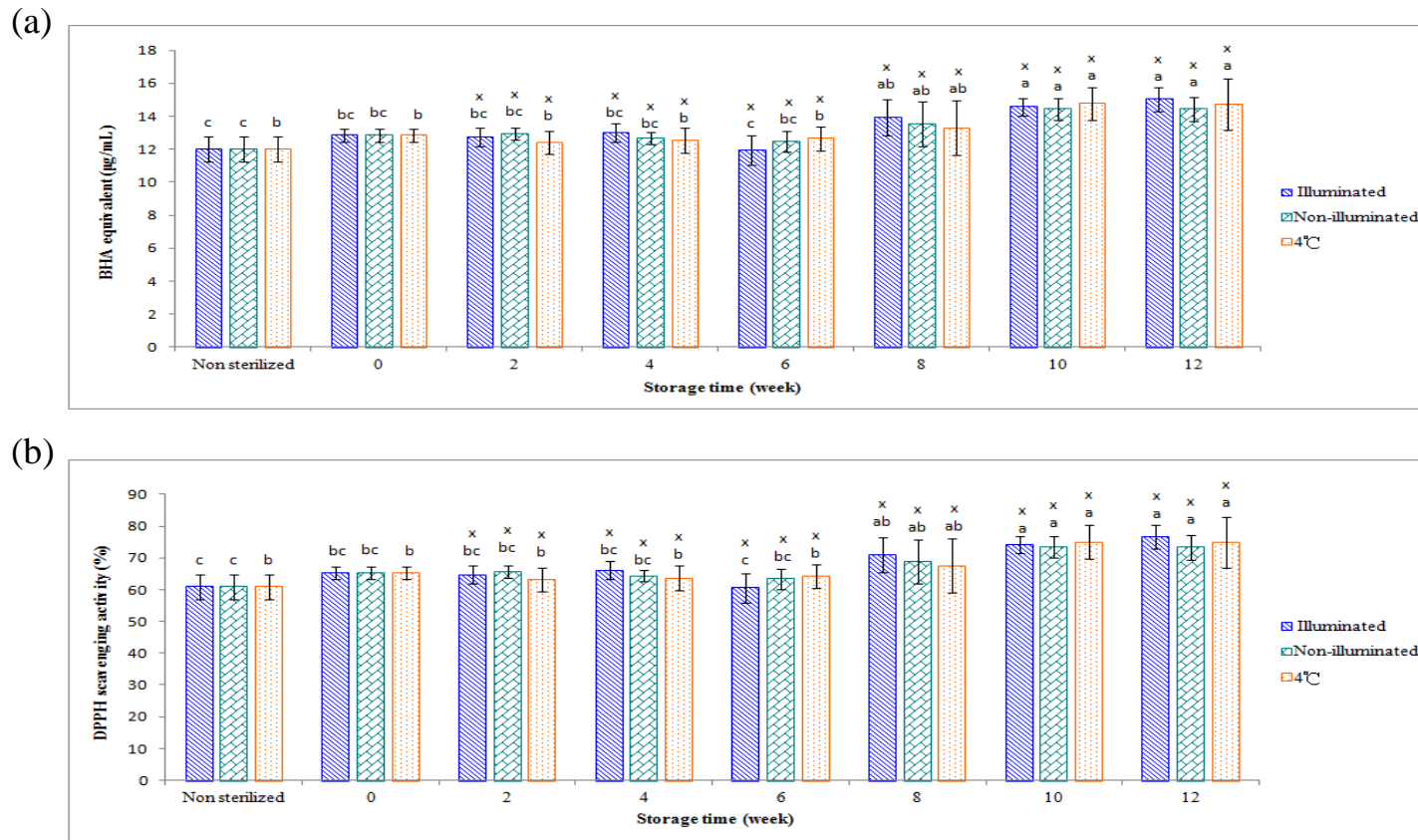
圖五十、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(30 倍稀釋) 的相對 trolox 當量及 ABTS ·⁺ 自由基清除能力之影響。(a) 相對 trolox 當量；(b) ABTS ·⁺ 自由基清除能力。

Figure 50. Effects of different storage time at three conditions on trolox equivalent and ABTS ·⁺ radical scavenging activity of noni juice (30 fold dilution). (a) Trolox equivalent, (b) ABTS ·⁺ radical scavenging activity.

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

^a Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



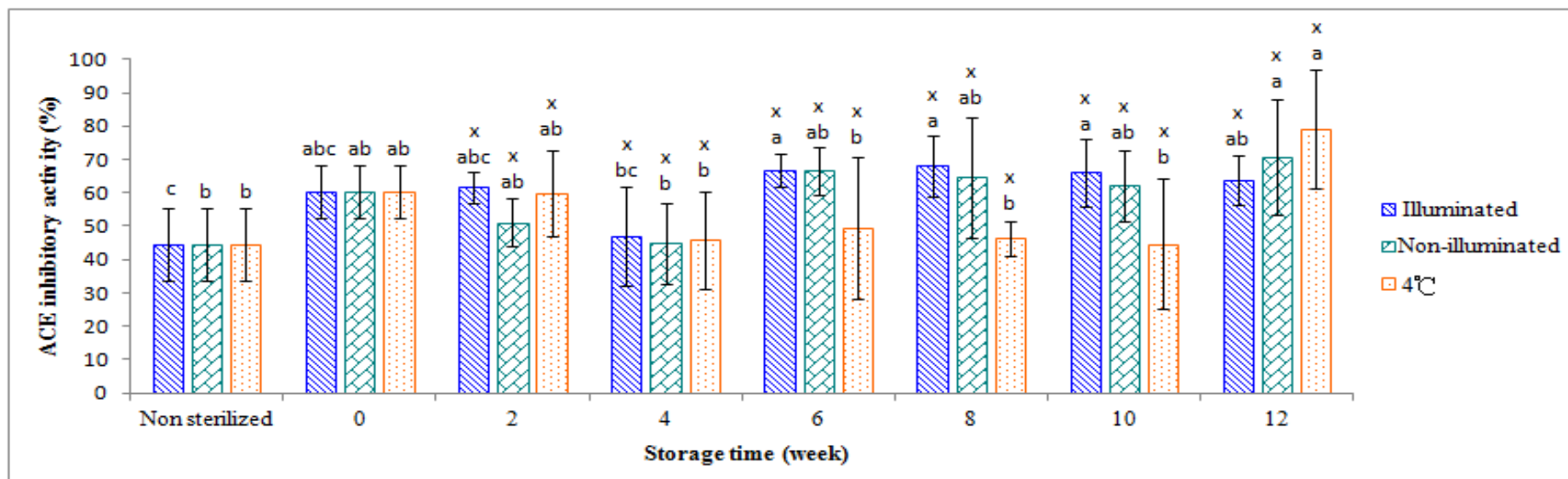
圖五十一、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(70 倍稀釋) 的相對 BHA 當量及 DPPH 自由基清除能力之影響。(a) 相對 BHA 當量；(b) DPPH 自由基清除能力。

Figure 51. Effects of different storage time at three conditions on BHA equivalent and DPPH radical scavenging activity of noni juice (70 fold dilution). (a) BHA equivalent, (b) DPPH radical scavenging activity.

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).



圖五十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁(8 倍稀釋) 的ACE 抑制活性之影響。

Figure 52. Effects of different storage time at three conditions on ACE inhibitory activity of noni juice (8 fold dilution) .

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

^a Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

伍、結論

大諾麗及小諾麗中，以小諾麗鮮果汁中的有效機能性成份 iridoids 含量較多，且 iridoids 可以 HPLC 進行分離、純化並以 LC-MS 和 LC-MS-MS 鑑定後，確定收集的兩者為去乙酰車葉草酸(DAA)及車葉草酸(AA)，分子量分別為 390 Da 及 432 Da。

發酵性實驗中，由結果可知，未發酵及發酵諾麗果汁的 pH 值幾乎維持在 3.7；在色澤方面，諾麗果汁則會由金黃色轉變為紅褐色，且隨發酵時間之增加顏色會越深；另外，產率方面會隨著發酵時間增加，其中以第三週為最佳；而 iridoids 會隨著發酵時間緩慢下降；由於 rutin 為一不安定之化合物，故在發酵過程中會隨之降低；Scopoletin 在第三週有最高的含量，而其含糖衍生物含量則隨發酵時間下降；總酚、類黃酮及總抗氧化能力亦是隨發酵時間而下降，相反的縮合單寧則是隨之增加，又以第三週含量最高，DPPH 自由基清除能力與 ACE 抑制活性雖有些微下降，但並不顯著。綜合實驗結果可知，雖未發酵之諾麗果汁亦具有良好的機能性成分，但若考慮到產率則是以發酵過的諾麗果汁較佳，其中又以發酵至第二週較好；DAA 及 AA 為上述機能性成分中含量較高且較穩定者，故可作為諾麗品質指標性物質。

在儲藏性實驗中，經發酵一個月後其產率可達56.74%，而經三個

月儲藏之諾麗果汁於不同處理下（照光、不照光、4°C），其pH 值會隨儲藏時間而降低；色澤方面，果汁經過殺菌後，其顏色會因褐變反應而變深，但儲藏三個月後其顏色則沒有太大的改變；Iridoids 方面則亦呈現安定狀態；總酚在三組間以殺菌過後其含量較未殺菌來的高；類黃酮在照光組中以儲藏至第4週較好，未照光組則在儲藏至第8週時有開始下降的趨勢，4°C組則是以儲藏至第8週有最低值；Rutin除了在未照光組於儲藏至第12週有最低值外，其餘並沒有明顯差異。另外，scopoletin 在照光組儲藏至第10週時有最高之含量，未照光及4°C組則無顯著差異。Scopoletin 衍生物、縮合單寧及總抗氧化能力不管是在照光、未照光或4°C組經儲藏三個月後，其含量或能力皆無顯著差異。此外，DPPH 自由基清除能力在三組中皆以儲藏至第8週及第12週較好；ACE 抑制活性到儲藏後期較佳。綜合實驗結果顯示，經殺菌過再儲藏，不管是照光、未照光或4°C，諾麗果汁的機能性成分及生理活性皆沒有太大的變化，顯示出諾麗果汁於加熱後有較佳的儲藏性，主要原因為加熱能使酵素失活，故於儲藏過程中可避免機能性化合物被酵素水解而破壞。由此得知於儲藏過程中，諾麗果汁經過殺菌處理後，不管是保存在照光、未照光或4°C皆可維持其品質。

陸、參考文獻

- 王美燕。2008。部份發酵諾麗果汁之製備及其儲藏性探討。東海大學食品科學系 碩士論文。
- 李宗哲。2008。以廢棄雞爪開發具抗氧化與降高血壓效果酵素水解物之研究。國立中興大學 動物科學系 碩士論文。
- 林昱成。2010。部分純化諾麗果膠酵素與諾麗果汁控溫發酵之研究。東海大學 食品科學系 碩士論文。
- 唐孟成、賈之慎、朱祥瑞和呂順霖。1996。春秋桑葉中黃酮類化合物總量及提取方法比較。浙江農業大學學報 22(4): 394-398。
- 陳富民。2007。諾麗 (Noni)果汁最佳發酵條件之探討。屏東科技大學機械系 碩士論文。
- 黃永翰。2010。鈣螯合諾麗果汁及果汁粉之製備、定性與儲藏研究。東海大學 食品科學系 碩士論文。
- 張惠敏。2009。諾麗・今日預防醫學之星。台灣 正義出版社。
- 楊淑娟。2005。Noni 果汁抗氧化性、ACE 抑制活性和其純化物質 Scopoletin 及衍生物之化學結構鑑定。東海大學 食品科學系 碩士論文。
- 蔡宗堯。2004。酵素水解分離大豆蛋白以製備高血壓抑制肽。東海大學 食品科學系 碩士論文。
- 鍾玉玲。2003。海巴戟天葉、莖及果實粗萃取物的抗氧化活性之比較。嘉南藥理科技大學 生物科技研究所 碩士論文。
- 羅宇展。2009。檳樹 (諾麗)果實自然發酵過程中果汁與乾燥果肉所含酚類化合物之變化。台灣大學 生物資源暨農學院園藝學研究所 碩士論文。
- Aalbersberg, W. G. L., Hussein, S., Sotheeswaran, S., & Parkinson, S. (1993) Carotenoids in the leaves of *Morinda citrifolia*. *J. Herbs Spices Med. Plants*, 2, 51-54.
- Arnao, M. B., Cano. A., Hernandez-Ruiz, J., Garcia-Canovas, F. and

- Acosta, M. (1996) Inhibition by L-ascorbic acid and other antioxidants of the 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) oxidation catalyzed by peroxidase: a new approach for determining total antioxidant status of foods. *Analy. Biochem.* 236: 255-261.
- Asahina, A. Y., Ebesu, J. S. M., Ichinotsubo, D., Tongson, J. and Hokama, Y. (1994) Effect of okadaic acid (OA) and Noni fruit extraction in the synthesis of tumor necrosis factor- α (TNF- α) by peripheral blood mononuclear (PBN) cells *in vitro*. The Proceedings of the International Symposium of Ciguatera and Marine Natural Products: 197-205.
- Atkinson, N. (1956) Antibacterial substances from flowering plants. 3. Antibacterial activity of dried Australian plants by rapid direct plate test. *Aust. J. Exp. Biol.* 34, 17-26.
- Bouderbala, S., Prost, J., Lacaille-Dubois, M. A. and Bouchenak, M. (2010) Iridoid extracts from *Ajuga iva* increase the antioxidant enzyme activities in red blood cells of rats fed a cholesterol-rich diet. *Nutrition Research* 30 (5): 358-365.
- Bui, A. K. T., Bacic, A., and Pettolino, F. (2006) Polysaccharide composition of the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni). *Phytochemistry* 67, 1271-1275.
- Calabrò, M. L., Tommasini, S., Donato, P., Stancanelli, R., Raneri, D., Catania, S., Costa, C., Villari, V., Ficarra, P. and Ficarra, R. (2005) The rutin/ β -cyclodextrin interactions in fully aqueous solution: spectroscopic studies and biological assays. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 36: 1019-1027.
- Cardon, D. (2003) *Le Monde des Teintures Naturelles*. Belin. Paris.
- Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Perez, A. M., Reynes, M., Brillouet, J.-M. and Brat, P. (2006) The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of

- agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *J. Food Compos. Anal.* 19: 645-654.
- Chan-Blanco, Y., Vaillant F., Pérez A. M., Belleville, M.-P., Zúûiga, C., & 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.
- Chunhieng, M. T. (2003) Développement de nouveaux aliments santé tropicale: application à la noix du Brésil *Bertholettia excelsa* et au fruit de Cambodge *Morinda citrifolia*. Ph.D. thesis, INPL, France.
- Cliff, M. A., King, M. C. and Schlosser, J. (2007) Anthocyanin, phenolic composition, colour measurement and sensory analysis of BC commercial red wines. *Food Res. Int.* 40, 92-100.
- Cook, N. C. and Samman, S. (1996) Flavonoids – Chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 7 (2), 66-76
- Cushman, D. W. and Cheung, H. S. (1971) Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem. Pharmacol.* 20: 1637-1648.
- Deng, S. (2010) Chemical analysis of bioactive iridoids in commercial fruit juices. *Journal of Medicinal Food Plants* 2 (1), 6-9.
- Deng, S., West, B. J. and Jensen, C. J. (2010) A quantitative comparison of phytochemical components in global noni fruits and their commercial products. *Food Chem.* 122 : 267–270.
- Deng, S., West, B. J., Palu, A. K. and Jensen, C. J. (2010) Determination and Comparative Analysis of Major Iridoids in Different Parts and Cultivation Sources of *Morinda citrifolia*. *Phytochem. Anal.* 22: 26-30.
- Dinda, B., Debnath, S., and Harigaya, Y. (2007) Naturally Occurring

- Iridoids. A Review, Part 1. *Chem. Pharm. Bull.* 55 (2), 159-222.
- Dittmar, A. (1993) *Morinda citrifolia* L. – use in indigenous Samoan medicine. *J. Herbs Spices Med. Plants* 1: 77-92.
- Dixon, A. R., McMillen, H. and Etkin, N. L. (1999) Ferment this: the transformation of Noni, a traditional Polynesian medicine (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae). *Ecological Botony* 53: 51-68.
- Elkins, R. (1998) Hawaiian Noni (*Morinda citrifolia*) Prize Herb of Hawaii and the South Pacific. Woodland Publishing. Utah.
- El-Naggar L. J . & Beal J. L. (1980) Iridoids. A Review. *J. Nat. Prod.* 43 (6), 649–707.
- European Commission. Scientific Committee of Food. (2002) Opinion of the Scientific Committee on Food of Tahitian Noni Juice. SCF/CS/DOS/ 18 ADD 2. Belgium.
- Farine, J. R., Legal, L., Moreteau, B., and Quere, J. L. (1996) Volatile components of ripe fruits of *Morinda citrifolia* and their effects on *Drosophila*. *Phytochem.* 41(2), 433-438.
- Heinicke, R. M. (1985) The pharmacologically active ingredient of noni. *Pac. Trop. Bot. Gard. Bull.* 15: 10-14.
- Hirazumi, A., Furusawa, E., Chou, S.C. and Hokama, Y. (1994) Anticancer activity of *Morinda citrifolia* on intraperitoneally implanted Lewis lung carcinoma in syngenic mice. *Proc West Pharmacol Soc.* 37: 145-146.
- Hirazumi, A. and Furusawa, E. (1999) An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni) with antitumor activity. *Phytother Res.* 13: 380-387.
- Hirazumi, A., Furusawa, E., Chou, S.C. and Hokama, Y. (1996) Immunomodulation contributes to the anticancer activity of *Morinda citrifolia* (Noni) fruit juice. *Proc West Pharmacol Soc.* 39: 7-9.

- Ikeda, R., Wada M., Nishigaki T. and Nakashima K. (2009) Quantification of coumarin derivatives in Noni (*Morinda citrifolia*) and their contribution of quenching effect on reactive oxygen species. *Food Chem.* 113: 1169-1172.
- 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. *Int. J. Integr. Biol.* 3 (1): 44-49.
- Julkunen-Titto, 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, D.-H., Lee, H.-J., Oh, Y.-J., Kim, M.-J., Kim, S.-H., Jeong, T.-S. and Baek, N.-I. (2005) Iridoid Glycosides Isolated from *Oldenlandia diffusa* Inhibit LDL-Oxidation. *Arch Pharm Res* 2 (10) : 1156-1160.
- Kinghorn, A. D., Chai, Hee-byung., Sung, C. K., & Keller, W. J. (2011) The classical drug discovery approach to defining bioactive constituents of botanicals. *Fitoterapia.*, 82, 71-79.
- Lacaille-Dubois, M. A., Franck, U. and Wagner, H. (2001) Search for potential Angiotensin Converting Enzyme (ACE)-inhibitors from

- plants. *Phytomedicine* 8 (1): 47-52.
- Li, B., Zhang, D.-M., Luo, Y. M. and Chen, X.G. (2006) Three New and Antitumor Anthraquinone Glycosides from *Lasianthus acuminatissimus* MERR. *Chem. Pharm. Bull.* 54(3) : 297-300.
- 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.
- Lin, L.-C., Wang, Y.-H., Hou, Y.-C., Chang, S., Liou, K.-T., Chou, Y.-C., Wang, W.-Y. and Shen, Y.-C. (2006) The inhibitory effect of phenylpropanoid glycosides and iridoid glucosides on free radical production and β 2 integrin expression in human leucocytes. *Journal of Pharmacy and Pharmacology* 58 (1): 129-135.
- Liu, C. H., Xue, Y. R., Ye, Y. H., Yuan, F. F., Liu, J. Y., and Shuang, J. L. (2007) Extraction and characterization of antioxidant compositions from fermented fruit juice of *Morinda citrifolia* (Noni). *Agricultural Sciences in China* 6 (12): 1494-1501.
- 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. Ethnopharmacol.* 49: 23-32.
- Lue B.-M., Nielsen N. S., Jacobsen C., Hellgren L., Guo Z., Xu X. (2010) Antioxidant properties of modified rutin esters by DPPH, reducing power, iron chelation and human low density lipoprotein assays. *Food Chem.* 123: 221-230.
- 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.

- McClatchey, W. (2002) From Polynesian healers to health food stores: changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). *Integral Cancer Therapy* 1:110-120.
- McKoy, M. L. G., Thomas, E. A. and Simon, O. R. (2002) Preliminary investigation of the anti-inflammatory properties of an aqueous extract from *Morinda citrifolia* (Noni). *Pharmacol Soc.* 45: 76–78.
- Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V. and Milner, A. (1993) A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin. Sci.* 84: 407-412.
- Mohd, Z., Abdul-Hamid, A., & Osman, A. (2001) Antioxidative activity extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf. *Food Chem.* 78, 227-231.
- Moorthy, N. K. and Reddy, G. S. (1970) Preliminary phytochemical and pharmacological study of *Morinda citrifolia* Linn. *Antiseptic.* 67: 167-171.
- Morton, J. F. (1992) The ocean-going Noni, or Indian mulberry (*Morinda citrifolia*, Rubiaceae) and some of its “colourful” relatives. *Ecological Botony* 46: 241-256.
- Nakamura, T., Nakazawa, Y., Onizuka, S., Satoh, S., Chiba, A., Sekihashi, K., Miura, A., Yasugahira, N. and Sasaki, Y. (1997) Antimutagenicity of Tochu tea (an aqueous extract of *Eucommia ulmoides* leaves): 1. The clastogen-suppressing effects of Tochu tea in CHO cells and mice. *Mutation Research, Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 388 (1): 7-20.
- Nelson, S. C. (2001) Noni cultivation in Hawaii. *Fruit and Nuts* 4: 1-4.
- Nelson, S. C. (2003) *Noni Cultivation and Production in Hawaii.* In

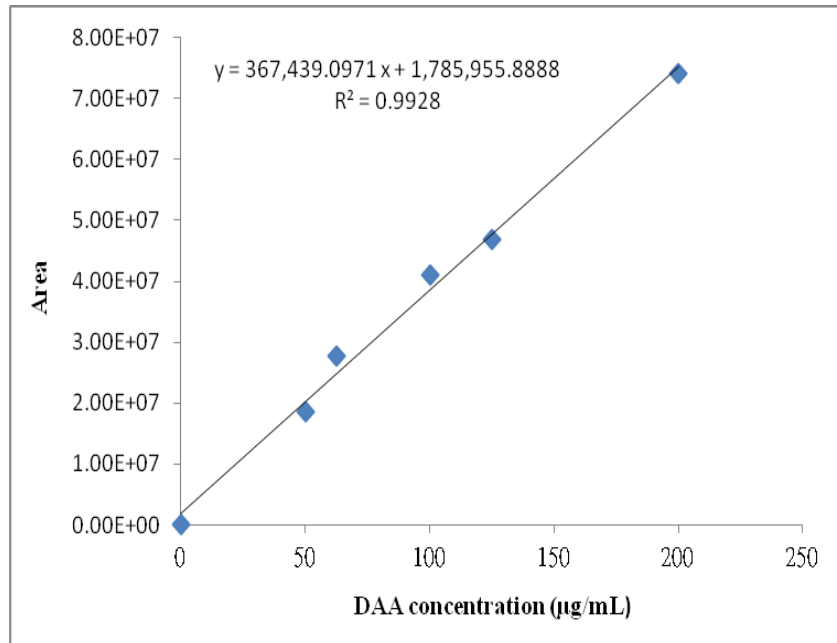
- Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference.* University of Hawaii at Nanao. College of Tropical Agriculture and Human Resources. Hawaii.
- Nelson, S. C. and Elevitch C.R. (2006) Noni: The complete guide for consumers and growers. 1st ed. Permanent Agriculture Resources, Holualoa, Hawaii.
- Newton, K. (2003) Production of Noni Juice and Powder in Samoa. From: *Proceedings of the 2002 Hawaii Noni Conference.* University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources.
- Ojewole, J. A. O. and Adesina, S. K. (1983) Mechanism of the hypotensive effect of scopoletin isolated from the fruit of *Tetrapleura tetraptera*. *Planta Med.* 49 (1): 46-50.
- Pacifico, S., D'Abrosca, B., Pascarella, M. T., Letizia, M., Uzzo, P., Piscopo, V., Fiorentino, A. (2009) Antioxidant efficacy of iridoid and phenylethanoid glycosides from the medicinal plant *Teucrium chamaedris* in cell-free systems. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17 (17): 6173-6179.
- Palu, A. K., Kim, A. H., West, B. J., Deng, S., Jensen, J., & White, L. (2008) The effects of *Morinda citrifolia* L. (noni) on the immune system: its molecular mechanisms of action. *J. Ethnopharmacol.* 115, 502-506.
- 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.
- Pietta, P.-G. (2000) Flavonoids as Antioxidants. *J. Nat. Prod.* 63: 1035-1042.

- Potterat, O. and Hamburger, M. (2007) *Morinda citrifolia* (Noni) Fruit-Phytochemistry, Pharmacology, Safety. *Planta Med.* 73: 191-199.
- Potterat, O., Felten, R.V., Dalsgaard, P. W. and Hamburger, T. (2007) Identification of TLC Markers and Quantification by HPLC-MS of Various Constituents in Noni Fruit Powder and Commercial Noni-Derived Products. *J. Agric. Food Chem.* 55, 7489-7494.
- Ram J. (2002) Noni processing and quality control: protecting the image of Hawaiian. Proc.2002 Hawaii noni conf. p. 25-28.
- Rastrelli, L., Caceres, A., Morales, C., Simone, F. D. and Aquino, R. (1998) Iridoids from *Lippia graveolens*. *Phytochemistry* 49(6), 1829-1832.
- Recamales, A. F., Sayago, A. Gonzalez-Miret, M. L. and Hernanz, D. (2006) The effect of time and storage conditions on the phenolic composition and colour of white wine. *Food Res. Int.* 39: 220-229.
- Ross, I. A. (2001) Medical Plants of the World. Chemical Constituents, Traditional and Modern Medical Uses. Humana Press. New Jersey.
- Saludes, J. P., Garson, M. J., Franzblau, S. G. and Aguinaldo, A. M. (2002) Antitubercular constituents from the hexane fraction of *Morinda citrifolia* L. (Rubiaceae). *Phytotherapeutic Research* 16: 683–685.
- Samoylenko, V., Zhao, J., Dunbar, D. C., Khan, I. A., Rushing, J. W. and Muhammad, I. (2006) New constituents from noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice. *J. Agric. Food Chem.* 54: 6398-6402.
- Shahidi, F. and Naczk, M. (2004). Phenolics in Food and Nutraceuticals: Sources, Applications and Health Effects. CRC Press, Boca Raton, FL. American Chemical Society. *Washington, D. C.*, 162-175.
- Shimada, K., Fujikawa, K., Yahara, K. and Nakamura, T. (1992) Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil

- in cyclodextrin emulsion. *J. Agric. Food Chem.* 40: 945-948.
- Shovic, A. C. and Whistler, W. A. (2001). Food sources of provitamin A and vitamin C in the American Pacific. *Trop. Sci.* 41, 199-202.
- Tundis, R., Loizzo, M. R., Menichini, F., Statti, G. A. and Menichini, F. (2008) Biological and Pharmacological Activities of Iridoids: Recent Developments. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 8: 399-420.
- Versari, A., Boulton, R. B. and Parpinello, G. P. (2008). A comparison of analytical methods for measuring the color components of red wines. *Food Chem.* 106: 397-402.
- 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., Peng, L., Lutfiyya, M. N., Henley, E., Eidenbacher-Hoper, V., and Anderson G. (2009) *Morinda citrifolia* (noni) reduces cancer risk in current smokers by decreasing aromatic DNA adducts. *Nutrition and Cancer* 61: 634-639.
- Wang, M. Y., West, B. J., Jensen, C. J., Nowicki, D., Chen, S., Palu, A.K. and Anderson, G. (2002) *Morinda citrifolia* (Noni): a literature review and recent advances in Noni research. *Acta. Pharmacol. Sin.* 23 (12): 1127-1141.
- West, B. J. (2006). Hepatotoxicity from interferon-beta, not noni juice. *Digestion*, 74, 47-48.
- West, B. J., Deng S. and Jensen, C. J. (2006) Nutrient and phytochemical analyses of processed noni puree. *Food Research International* 44(7): 2295-2301.
- Xing, J., Xu, W.-R., Liu, P., Liu, B.-N., Fu, H.-X., Liu, W., Wang, Y.-L. and Tang, L.-D. (2009) Virtual evaluation on anti-inflammatory activities of iridoids from cape jasmine fruit and adhesive rehmannia root. *Zhongcaoyao* 40 (6): 930-935.

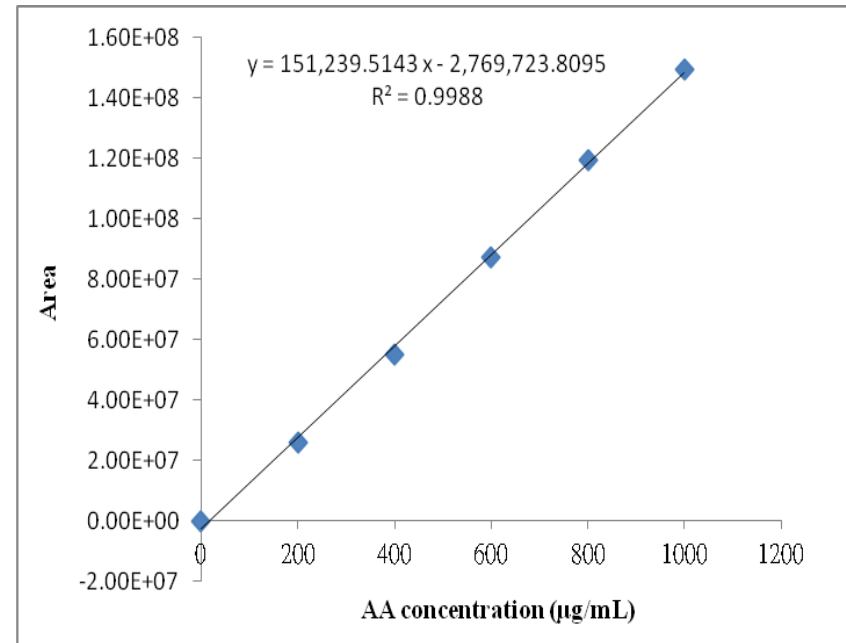
- Yamabe, N., Noh, J. S., Park, C. H., Kang, K. S., Shibahara, N., Tanaka, T., Yokozawa, T. (2010) Evaluation of loganin, iridoid glycoside from Corni Fructus, on hepatic and renal glucolipotoxicity and inflammation in type 2 diabetic db/db mice. *European Journal of Pharmacology* 648 (1-3) : 179-187.
- Yamaguchi, S., Ohnishi, J., Sogawa, M., Maru, I., Ohta, Y. and Tsukada, Y. (2002) Inhibition of Angiotensin I converting enzyme by noni (*Morinda citrifolia*) juice. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 49 (9): 624-627.
- Yang, J., Paulino, R., Janke-Stedronsky, S. and Abawi, F. (2007) Free-radical-scavenging activity and total phenols of noni (*Morinda citrifolia* L.) juice and powder in processing and storage. *Food Chem.* 102: 302-308.
- Yoo J., Kim Y., Yoo S.-H., Inglett G. E., Lee S. (2012) Reduction of rutin loss in buckwheat noodles and their physicochemical characterization. *Food Chem.* 98(3):508-512.
- Youngken, H. W. (1958) A study of the root of *Morinda citrifolia* Linn I. *J. Am. Pharm. Assoc.* 47: 162-165.
- Younos, C., Rolland, A., Fleurentin, J., Lanhers, M.C., Misslin, R. and Mortier, F. (1990) Analgesic and behavioral effects of *Morinda citrifolia*. *Planta Medicine* 56: 430-434.
- Yu, H., Li, S., Huang, M. T. and Ho, C. T. (2008) Anti-inflammatory constituents in Noni (*Morinda citrifolia*) fruits. *Dietary Supplements* 12 : 179-190.
- Zin, Z. M., Abdul-Hamid, A., Osman, A. and Saari N. (2006) Antioxidative activity of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) *Food Chem.* 94: 169-178.

柒、附錄



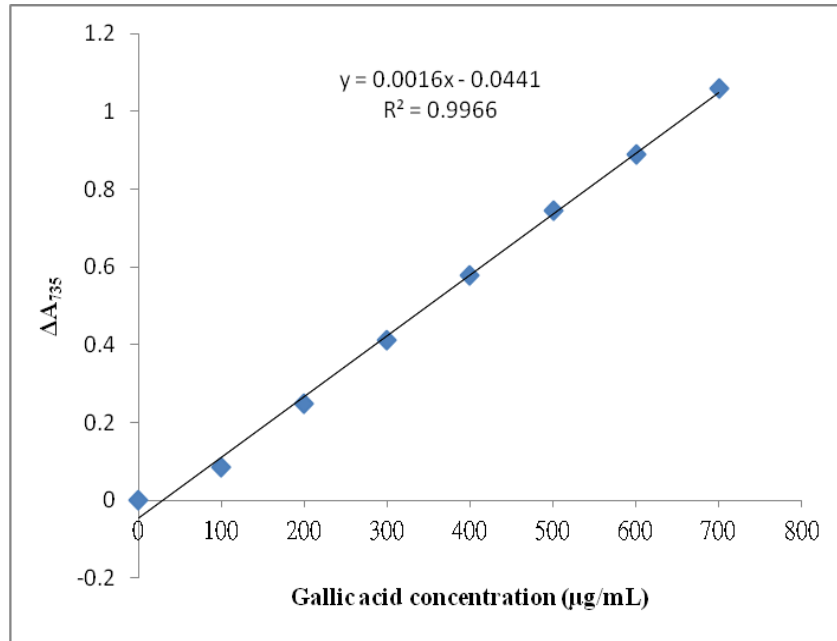
附錄一、去乙酰車葉草酸之標準曲線圖

Appendix 1. Standard curve of deacetylasperulosidic acid

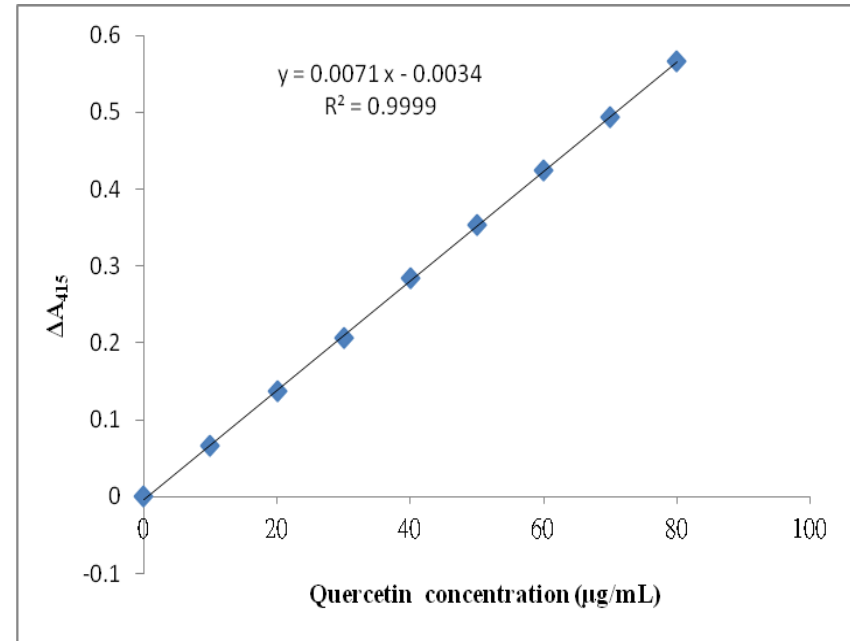


附錄二、車葉草酸之標準曲線圖

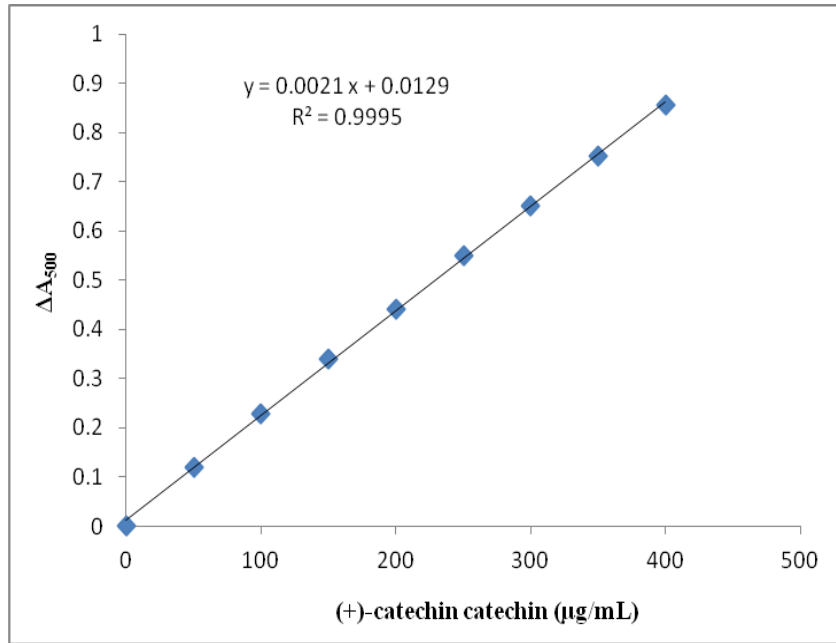
Appendix 2. Standard curve of asperulosidic acid



附錄三、沒食子酸之標準曲線圖
Appendix 3. Standard curve of gallic acid

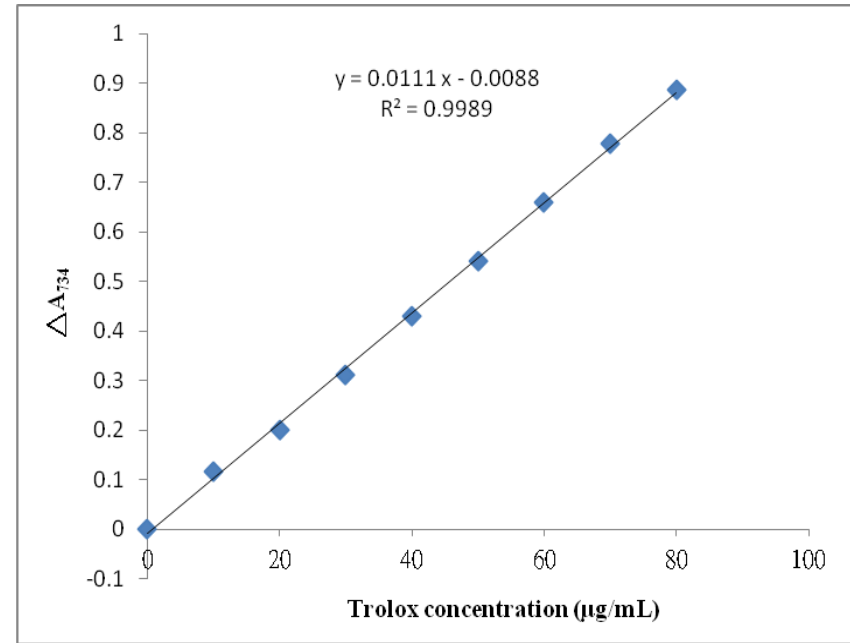


附錄四、槲皮酮之標準曲線圖
Appendix 4. Standard curve of quercetin



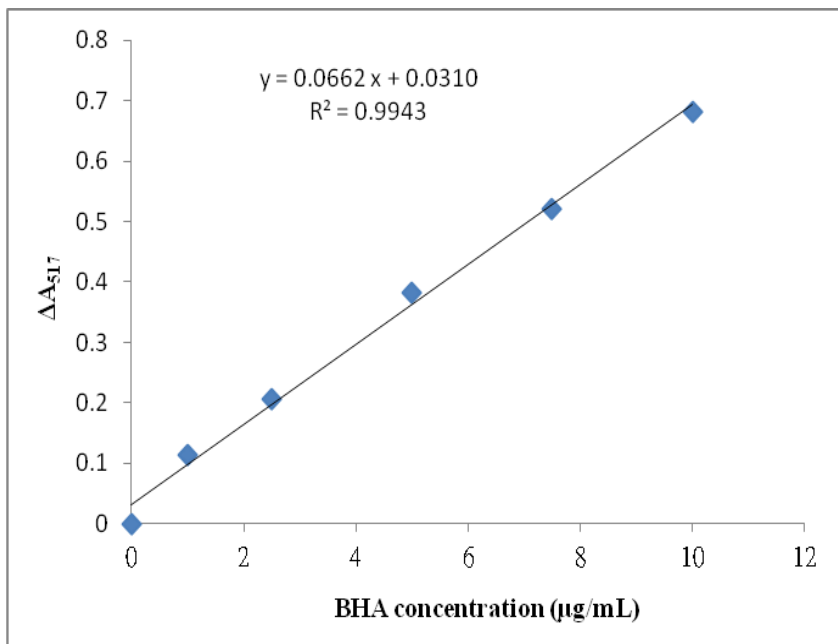
附錄五、兒茶素之標準曲線圖

Appendix 5. Standard curve of (+)-catechin



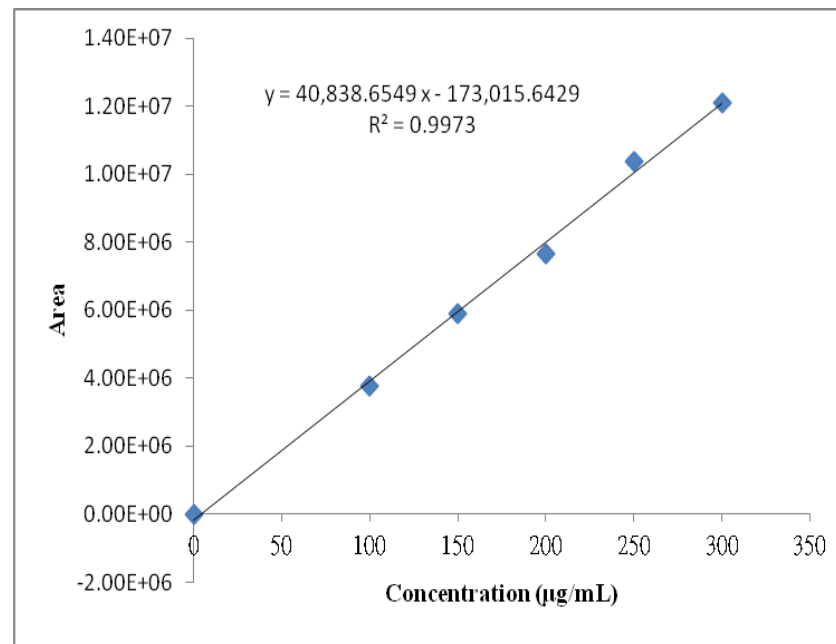
附錄六、Trolox 之標準曲線圖

Appendix 6. Standard curve of trolox



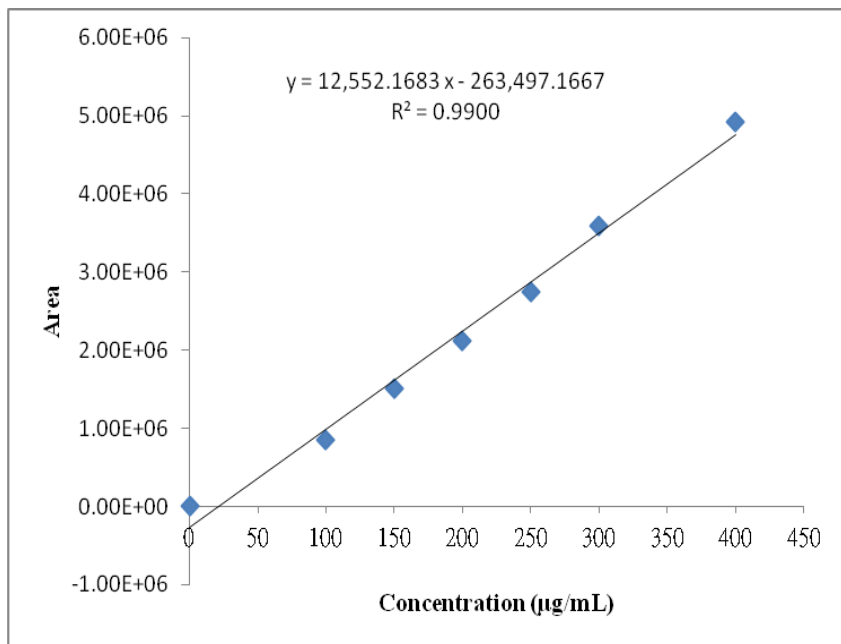
附錄七、BHA 之標準曲線圖

Appendix 7. Standard curve of BHA



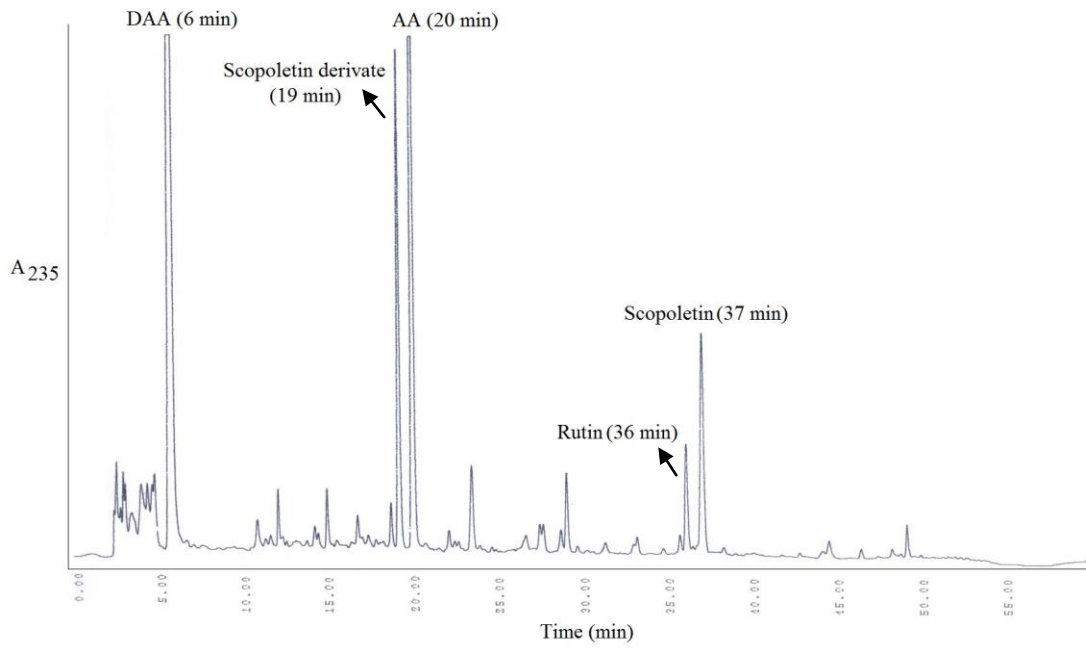
附錄八、Scopoletin 之標準曲線圖

Appendix 8. Standard curve of scopoletin

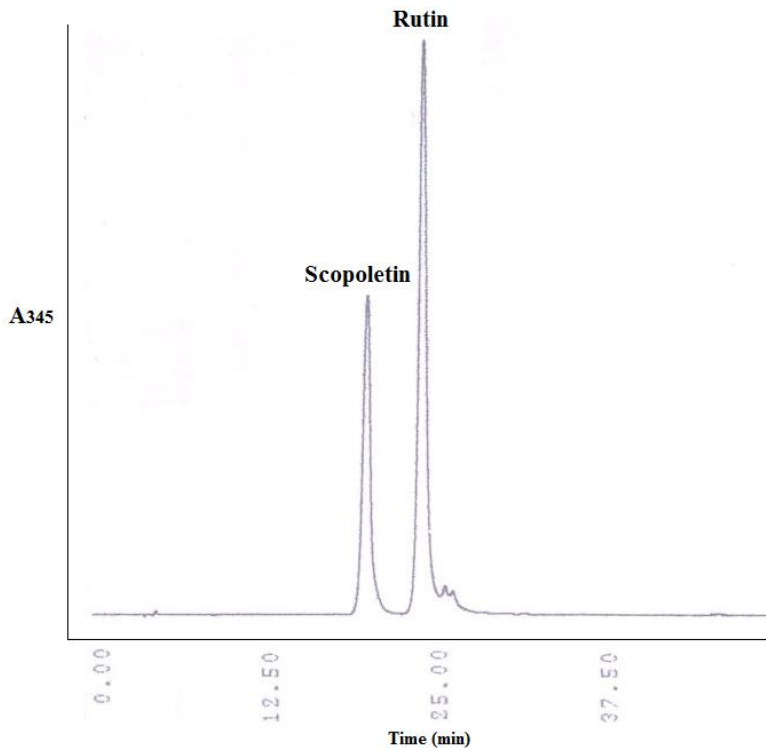


附錄九、Rutin 之標準曲線圖

Appendix 9. Standard curve of rutin



附錄十、小諾麗果汁之分析型高效液相層析圖
 Appendix 10. Analytical HPLC chromatogram of small noni juice



附錄十一、芸香素與東莨菪素標準品之分析型高效液相層析圖
 Appendix 11. Analytical HPLC chromatogram of standard of rutin and scopoletin

附錄十二、不同發酵時間對諾麗果汁之產率、pH值及色澤之影響

Appendix 12. Effects of different fermentation time on yield, pH values and color of noni juice

Fermentation time (week)	Yield (%)	pH	L*	a*	b*
0	47.70	3.76±0.01 ^a	79.62±2.49 ^a	-1.98±0.70 ^c	36.91±0.74 ^d
1	53.68	3.72±0.01 ^b	70.14±0.64 ^b	10.17±0.44 ^b	60.51±0.54 ^c
2	56.90	3.72±0.01 ^b	66.19±1.13 ^c	15.41±0.56 ^a	65.45±1.84 ^b
3	57.99	3.69±0.01 ^c	68.53±0.84 ^{bc}	14.87±0.55 ^a	69.56±0.05 ^a
4	57.63	3.77±0.01 ^a	68.55±2.46 ^{bc}	14.25±2.28 ^a	66.27±0.90 ^b

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

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

附錄十三、不同發酵時間對諾麗果汁之機能性成份含量之影響

Appendix 13. Effects of different fermentation time on contents of functional compounds of noni juice

Fermentation time (week)	Total phenolic ($\mu\text{g/mL}$)	Flavonoid ($\mu\text{g/mL}$)	Condensed tannins ($\mu\text{g/mL}$)	Scopoletin ($\mu\text{g/mL}$)	Scopoletin derivate ($\mu\text{g/mL}$)	Rutin ($\mu\text{g/mL}$)
0	1639.41 \pm 21.45 ^a	74.14 \pm 2.15 ^a	115.48 \pm 4.75 ^c	164.74 \pm 21.14 ^{ab}	179.29 \pm 8.70 ^{ab}	163.74 \pm 27.29 ^a
1	1592.99 \pm 40.94 ^a	65.17 \pm 1.26 ^b	144.66 \pm 4.31 ^b	156.65 \pm 4.49 ^b	132.17 \pm 0.74 ^b	140.92 \pm 7.41 ^{ab}
2	1560.24 \pm 33.00 ^{ab}	63.19 \pm 1.04 ^{bc}	175.52 \pm 3.59 ^a	161.81 \pm 13.04 ^{ab}	107.05 \pm 4.89 ^{ab}	129.88 \pm 12.81 ^b
3	1478.23 \pm 19.24 ^b	59.24 \pm 0.74 ^d	186.98 \pm 3.54 ^a	181.49 \pm 2.45 ^a	86.03 \pm 0.51 ^a	119.30 \pm 5.21 ^b
4	1206.27 \pm 87.86 ^c	60.85 \pm 0.84 ^d	140.90 \pm 14.60 ^b	131.07 \pm 5.26 ^c	52.21 \pm 0.52 ^c	89.51 \pm 8.45 ^c

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

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

附錄十四、去乙酰車葉草酸及車葉草酸之元素分析

Appendix 14. The elemental analysis of deacetylasperulosidic acid and asperulosidic acid

Sample code	Weight (mg)	N %	C %	H %	O %
DAA ^a	1.969	0.00	44.49	6.75	-
	1.902	0.00	44.59	6.66	-
理論值	-	0.00	49.23	5.64	-
DAA ^a	1.802	-	-	-	44.63
理論值	-	-	-	-	45.13
AA ^b	3.360	0.00	36.84	5.49	-
	3.312	0.00	36.80	5.36	-
理論值	-	0.00	50.00	5.56	-

^a Deacetylasperulosidic acid

^b Asperulosidic acid

- Mean not detected.

附錄十五、不同發酵時間對諾麗果汁中去乙酰車葉草酸、車葉草酸濃度及兩者總量之影響

Appendix 15. Effects of different fermentation time on concentration of deacetylasperulosidic acid, asperulosidic acid and total iridoids of noni juice

Fermentation time (week)	DAA ^a ($\mu\text{g/mL}$)	AA ^b ($\mu\text{g/mL}$)	Total iridoids ^c ($\mu\text{g/mL}$)
0	176.61 \pm 4.28 ^a	198.27 \pm 7.53 ^a	374.88 \pm 11.75 ^a
1	165.16 \pm 1.71 ^a	182.79 \pm 1.07 ^{ab}	347.94 \pm 2.45 ^a
2	165.70 \pm 3.49 ^a	174.10 \pm 2.41 ^b	339.80 \pm 5.73 ^a
3	172.43 \pm 5.75 ^a	167.58 \pm 6.68 ^b	340.01 \pm 12.42 ^a
4	133.45 \pm 14.50 ^b	138.28 \pm 18.52 ^c	271.73 \pm 32.98 ^b

^a Deacetylasperulosidic acid

^b Asperulosidic acid

^c Total contents of deacetylasperulosidic acid and asperulosidic acid

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

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

附錄十六、不同發酵時間對諾麗果汁的抗氧化能力及 ACE 抑制活性之影響

Appendix 16. Effects of different fermentation time on antioxidant capacity and ACE inhibitory activity of noni juice

Fermentation time (week)	ABTS · ⁺ scavenging activity	Equal to Trolox conc.	DPPH scavenging activity	Equal to BHA conc.	ACE inhibitory activity
	(%)	(µg/mL)	(%)	(µg/mL)	(%)
	1/50*	1/50*	1/80*	1/80*	1/8*
0	44.08±1.46 ^{bc}	35.28±1.14 ^{bc}	74.26±0.65 ^a	12.50±0.11 ^a	57.38±14.49 ^a
1	50.29±1.01 ^a	40.13±0.79 ^a	72.84±1.99 ^a	12.25±0.35 ^a	71.30±12.93 ^a
2	49.90±1.16 ^a	39.83±0.91 ^a	71.87±1.17 ^a	12.08±0.20 ^a	68.79±18.31 ^a
3	46.83±1.00 ^{bc}	37.43±0.78 ^{bc}	70.62±1.44 ^a	11.87±0.25 ^a	48.22±17.46 ^a
4	41.33±3.39 ^c	33.13±2.65 ^c	62.45±5.46 ^b	10.44±0.95 ^b	57.05±9.22 ^a

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

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

1/8*: The sample diluted for eight fold.

1/50*: The sample diluted for fifty fold.

1/80*: The sample diluted for eighty fold.

附錄十七、發酵性試驗之總結論

Appendix 17. The summary of fermentation experiment

Fermentation time (week)	0	1	2	3	4
DAA ^a contents	1	1	1	1	2
AA ^b contents	1	1.5	2	2	3
Total phenolic compounds	1	1	1.5	2	3
Flavonoids compounds	1	2	2.5	4	4
Condensed tannin compounds	3	2	1	1	2
Scopoletin derivative	1.5	2	1.5	1	3
Scopoletin	1.5	2	1.5	1	3
Rutin	1	1.5	2	2	3
ACE inhibitory activity	1	1	1	1	1
Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC)	2.5	1	1	2.5	3
DPPH scavenging activity	1	1	1	1	2
*Total	15.5	16	16	18.5	29

^a Deacetylasperulosidic acid

^b Asperulosidic acid

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

* Mean the lowest score was the best.

附錄十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁 pH 值之影響

Appendix 18. Effects of different storage time at three conditions on pH values of noni juice

Storage time (week)	pH value		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	3.76±0.01 ^b	3.76±0.01 ^{cd}	3.76±0.01 ^b
0	3.79±0.01 ^a	3.79±0.01 ^a	3.79±0.01 ^a
2	3.79±0.00 ^{ax}	3.79±0.01 ^{ax}	3.79±0.01 ^{ax}
4	3.79±0.01 ^{ax}	3.78±0.01 ^{aby}	3.77±0.00 ^{by}
6	3.76±0.00 ^{bx}	3.76±0.00 ^{bcx}	3.77±0.01 ^{bx}
8	3.74±0.00 ^{cx}	3.74±0.00 ^{dex}	3.72±0.01 ^{cx}
10	3.72±0.01 ^{dx}	3.72±0.01 ^{ex}	3.71±0.02 ^{dx}
12	3.70±0.02 ^{ex}	3.70±0.02 ^{fx}	3.71±0.01 ^{dx}

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

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

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

附錄十九、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁色澤之影響

Appendix 19. Effects of different storage time at three conditions on color of noni juice

Storage time (week)	Color								
	L*			a*			b*		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	42.27±2.69 ^a	42.27±2.69 ^a	42.27±2.69 ^a	28.06±0.76 ^a	28.06±0.76 ^a	28.06±0.76 ^a	41.36±4.48 ^a	41.36±4.48 ^a	41.36±4.48 ^a
0	37.16±0.98 ^b	37.16±0.98 ^{bcd}	37.16±0.98 ^b	27.97±1.16 ^a	27.97±1.16 ^{ab}	27.97±1.16 ^a	33.13±1.88 ^a	33.13±1.88 ^{bcd}	33.13±1.88 ^{bc}
2	36.99±1.04 ^{bx}	39.14±0.76 ^{bx}	39.08±4.94 ^{abx}	27.77±1.24 ^{ax}	28.30±0.27 ^{ax}	27.33±1.08 ^{abx}	33.55±2.77 ^{bx}	36.19±1.33 ^{bx}	36.05±8.10 ^{abx}
4	37.97±0.69 ^{bx}	37.93±0.41 ^{bcx}	36.47±1.29 ^{bx}	28.03±0.46 ^{ax}	28.42±0.45 ^{ax}	27.56±0.70 ^{abx}	34.24±1.31 ^b	34.52±1.43 ^{bcx}	31.74±2.26 ^{bcx}
6	36.02±0.44 ^{by}	37.46±0.77 ^{bcdxy}	38.40±0.99 ^{abx}	27.11±0.43 ^{ay}	28.03±0.23 ^{ax}	28.31±0.34 ^{ax}	30.77±0.77 ^{by}	33.44±0.93 ^{bcdx}	34.88±1.56 ^{abcx}
8	35.36±3.30 ^{bx}	35.25±1.03 ^{dex}	34.86±0.70 ^{bx}	26.23±1.22 ^{ax}	26.61±0.70 ^{bcx}	26.96±0.95 ^{abx}	29.85±5.73 ^{bx}	29.36±1.79 ^{dex}	29.23±1.23 ^{bcx}
10	35.32±0.57 ^{bx}	35.76±1.52 ^{cdex}	34.87±1.01 ^{bx}	26.56±0.67 ^{ax}	27.00±1.10 ^{abcx}	26.28±0.49 ^{bx}	29.50±0.88 ^{bx}	30.35±2.52 ^{cdex}	28.66±1.69 ^{cx}
12	34.50±2.35 ^{bx}	34.23±0.91 ^{ex}	35.49±2.04 ^{bx}	26.59±1.53 ^{ax}	26.47±0.81 ^{cx}	27.56±0.62 ^{abx}	28.63±3.69 ^{bx}	28.45±1.80 ^{ex}	31.26±3.58 ^{obcx}

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

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

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

附錄二十、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中總酚含量之影響

Appendix 20. Effects of different storage time at three conditions on contents of total phenolic compounds of noni juice

Storage time (week)	Total phenol ($\mu\text{g/mL}$)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	1851.24 \pm 77.61 ^b	1851.24 \pm 77.61 ^b	1851.24 \pm 77.61 ^b
0	1983.55 \pm 48.71 ^a	1983.55 \pm 48.71 ^a	1983.55 \pm 48.71 ^{ab}
2	1963.63 \pm 67.60 ^{abx}	2045.36 \pm 127.28 ^{ax}	1995.81 \pm 176.48 ^{abx}
4	1997.85 \pm 59.77 ^{ax}	2032.59 \pm 11.30 ^{ax}	1999.90 \pm 35.29 ^{abx}
6	1997.34 \pm 79.70 ^{ax}	1996.83 \pm 52.76 ^{ax}	2028.51 \pm 45.77 ^{ax}
8	1917.14 \pm 96.76 ^{abx}	1926.33 \pm 73.38 ^{abx}	2024.93 \pm 78.29 ^{ax}
10	1985.59 \pm 20.10 ^{ax}	1958.01 \pm 16.86 ^{abx}	1941.66 \pm 29.73 ^{abx}
12	1962.09 \pm 56.44 ^{abx}	1947.79 \pm 47.39 ^{abx}	2009.09 \pm 42.59 ^{ax}

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十一、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中類黃酮含量之影響

Appendix 21 . Effects of different storage time at three conditions on contents of flavonoids of noni juice

Storage time (week)	Flavonoids ($\mu\text{g/mL}$)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	73.04 \pm 1.84 ^{ab}	73.04 \pm 1.84 ^{abc}	73.04 \pm 1.84 ^a
0	73.92 \pm 1.53 ^{ab}	73.92 \pm 1.53 ^{ab}	73.92 \pm 1.53 ^a
2	73.51 \pm 1.44 ^{abx}	74.00 \pm 1.33 ^{abx}	74.09 \pm 1.28 ^{ax}
4	75.19 \pm 1.19 ^{ax}	75.41 \pm 1.56 ^{ax}	75.05 \pm 1.41 ^{ax}
6	70.62 \pm 2.60 ^{bx}	73.29 \pm 2.39 ^{abx}	74.47 \pm 1.89 ^{ax}
8	70.04 \pm 4.44 ^{bx}	69.55 \pm 2.72 ^{cdx}	66.69 \pm 7.50 ^{bx}
10	72.30 \pm 1.57 ^{abx}	71.58 \pm 1.57 ^{bcdx}	71.94 \pm 2.26 ^{abx}
12	70.57 \pm 1.04 ^{bx}	69.25 \pm 2.93 ^{dx}	73.04 \pm 1.50 ^{ax}

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十二、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中縮合單寧含量之影響

Appendix 22. Effects of different storage time at three conditions on contents of condensed tannins of noni juice

Storage time (week)	Condensed tannins ($\mu\text{g}/\text{mL}$)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	135.61 \pm 18.70 ^a	135.61 \pm 18.70 ^a	135.61 \pm 18.70 ^a
0	166.39 \pm 27.57 ^a	166.39 \pm 27.57 ^a	166.39 \pm 27.57 ^a
2	158.76 \pm 25.65 ^{ax}	166.00 \pm 17.28 ^{ax}	161.21 \pm 16.99 ^{ax}
4	161.51 \pm 23.68 ^{ax}	152.13 \pm 8.26 ^{ax}	156.87 \pm 5.92 ^{ax}
6	150.53 \pm 12.37 ^{ax}	162.00 \pm 24.50 ^{ax}	173.43 \pm 35.04 ^{ax}
8	142.60 \pm 23.76 ^{ax}	133.77 \pm 6.89 ^{ax}	130.17 \pm 40.08 ^{ax}
10	144.99 \pm 15.74 ^{ax}	148.08 \pm 15.89 ^{ax}	156.52 \pm 10.98 ^{ax}
12	146.94 \pm 15.22 ^{ax}	149.43 \pm 19.84 ^{ax}	143.05 \pm 18.04 ^{ax}

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

附錄二十三、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中芸香素濃度之影響

Appendix 23. Effects of different storage time at three conditions on concentration of rutin of noni juice

Storage time (week)	Rutin ($\mu\text{g/mL}$)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	109.41 \pm 11.58 ^a	109.41 \pm 11.58 ^a	109.41 \pm 11.58 ^a
0	98.97 \pm 14.79 ^a	98.97 \pm 14.79 ^{ab}	98.97 \pm 14.79 ^a
2	111.10 \pm 19.26 ^{ax}	97.72 \pm 14.72 ^{abx}	91.26 \pm 15.64 ^{ax}
4	95.93 \pm 7.39 ^{ax}	95.58 \pm 11.79 ^{abx}	95.04 \pm 4.98 ^{ax}
6	98.96 \pm 2.86 ^{ax}	94.05 \pm 13.74 ^{abx}	98.38 \pm 10.45 ^{ax}
8	88.94 \pm 10.47 ^{ax}	85.11 \pm 9.59 ^{abx}	103.85 \pm 14.64 ^{ax}
10	100.18 \pm 4.58 ^{ax}	93.45 \pm 13.45 ^{abx}	96.51 \pm 6.41 ^{ax}
12	100.02 \pm 11.09 ^{ax}	80.26 \pm 11.99 ^{bx}	98.58 \pm 17.13 ^{ax}

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

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

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

附錄二十四、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中東莨菪素及其含糖衍生物濃度之影響

Appendix 24. Effects of different storage time at three conditions on concentration of scopoletin and its derivative of noni juice

Storage time (week)	Scopoletin (µg/mL)			Scopoletin derivative (µg/mL)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	200.99±10.00 ^{ab}	200.99±10.00 ^b	200.99±10.00 ^a	137.83±16.09 ^{ax}	137.83±16.09 ^{ax}	137.83±16.09 ^{ax}
0	188.97±8.43 ^b	188.97±8.43 ^b	188.97±8.43 ^a	137.95±5.36 ^{ax}	137.95±5.36 ^{ax}	137.95±5.36 ^{ax}
2	204.47±8.06 ^{abx}	200.20±2.63 ^{bx}	190.36±24.60 ^{ax}	150.10±17.73 ^{ax}	139.07±5.94 ^{ax}	136.48±25.59 ^{ax}
4	207.58±9.70 ^{abx}	205.93±3.97 ^{abx}	194.99±4.97 ^{ax}	150.68±17.01 ^{ax}	152.74±9.05 ^{ax}	138.60±3.20 ^{ax}
6	208.41±8.83 ^{abx}	204.26±4.56 ^{bx}	199.88±13.28 ^{ax}	152.63±25.80 ^{ax}	147.03±15.93 ^{ax}	147.48±21.07 ^{ax}
8	198.98±19.18 ^{bx}	204.34±11.36 ^{bx}	207.51±15.91 ^{ax}	147.75±19.48 ^{ax}	147.72±25.06 ^{ax}	149.84±24.05 ^{ax}
10	222.53±16.66 ^{ax}	221.90±2.09 ^{abx}	201.70±10.40 ^{ax}	159.50±24.68 ^{ax}	164.11±5.72 ^{ax}	150.78±22.66 ^{ax}
12	211.27±3.18 ^{abx}	197.60±18.99 ^{bx}	206.43±12.91 ^{ax}	165.43±17.06 ^{ax}	142.94±21.27 ^{ax}	155.84±19.13 ^{ax}

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

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

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

附錄二十五、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁中去乙酰車葉草酸及車葉草酸濃度之影響

Appendix 25. Effects of different storage time at three conditions on contents of deacetylasperulosidic acid and asperulosidic acid concentration of noni juice

Storage time (week)	DAA ^a (µg/mL)			AA ^b (µg/mL)		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	126.47±8.38 ^a	126.47±8.38 ^a	126.47±8.38 ^a	82.56±8.43 ^a	82.56±8.43 ^a	82.56±8.43 ^a
0	135.01±8.15 ^a	135.01±8.15 ^a	135.01±8.15 ^a	82.73±2.56 ^a	82.73±2.56 ^a	82.73±2.56 ^a
2	137.19±1.02 ^{ax}	130.25±9.80 ^{ax}	129.58±12.74 ^{ax}	83.60±6.41 ^{ax}	84.10±8.84 ^{ax}	90.44±7.29 ^{ax}
4	134.19±4.60 ^{ax}	135.62±10.71 ^{ax}	139.14±7.9 ^{ax}	72.60±5.45 ^{ax}	80.47±11.73 ^{ax}	87.58±6.60 ^{ax}
6	140.35±9.41 ^{ax}	131.25±11.08 ^{ax}	132.11±15.11 ^{ax}	86.32±9.63 ^{ax}	86.54±8.48 ^{ax}	88.00±6.82 ^{ax}
8	127.48±18.06 ^{ax}	129.27±15.04 ^{ax}	133.94±13.33 ^{ax}	77.97±14.46 ^{ax}	80.32±12.47 ^{ax}	81.08±7.82 ^{ax}
10	135.99±4.03 ^{ax}	137.08±10.64 ^{ax}	130.39±4.35 ^{ax}	76.12±5.6 ^{ax}	79.58±10.40 ^{ax}	82.54±5.81 ^{ax}
12	136.03±4.35 ^{ax}	135.22±3.57 ^{ax}	139.32±2.18 ^{ax}	73.37±2.20 ^{ax}	70.63±10.34 ^{ax}	89.50±3.50 ^{ax}

^a Deacetylasperulosidic acid

^b Asperulosidic acid

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

^a Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

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

附錄二十六、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 ABTS •⁺ 清除能力及相對 trolox 濃度之影響

Appendix 26. Effects of different storage time at three conditions on ABTS •⁺ scavenging activity and equivalent to trolox concentration of noni juice

Storage time (week)	ABTS • ⁺ scavenging activity (%)			Equal to Trolox conc. (µg/mL)		
	1/30*			1/30*		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	58.09±5.88 ^{ax}	58.09±5.88 ^{ax}	58.09±5.88 ^{ax}	42.89±4.14 ^{ax}	42.89±4.14 ^{ax}	42.89±4.14 ^{ax}
0	62.69±1.54 ^{ax}	62.69±1.54 ^{ax}	62.69±1.54 ^{ax}	46.12±1.08 ^{ax}	46.12±1.08 ^{ax}	46.12±1.08 ^{ax}
2	60.22±3.79 ^{ax}	61.74±2.30 ^{ax}	61.80±2.47 ^{ax}	44.39±2.66 ^{ax}	45.46±1.62 ^{ax}	45.51±1.74 ^{ax}
4	60.83±2.48 ^{ax}	59.48±1.51 ^{ax}	60.09±1.08 ^{ax}	44.82±1.74 ^{ax}	43.87±1.06 ^{ax}	44.30±0.76 ^{ax}
6	59.58±5.97 ^{ax}	61.84±4.14 ^{ax}	63.71±3.50 ^{ax}	43.94±4.20 ^{ax}	45.53±2.91 ^{ax}	46.85±2.46 ^{ax}
8	58.66±4.10 ^{ax}	59.21±3.37 ^{ax}	54.88±10.98 ^{ax}	43.29±2.89 ^{ax}	43.68±2.37 ^{ax}	40.64±7.72 ^{ax}
10	64.19±2.05 ^{ax}	61.44±3.07 ^{ax}	62.19±2.18 ^{ax}	47.18±1.44 ^{ax}	45.25±2.16 ^{ax}	45.78±1.53 ^{ax}
12	60.42±1.85 ^{ax}	59.56±5.80 ^{ax}	60.90±2.87 ^{ax}	44.53±1.30 ^{ax}	43.93±4.07 ^{ax}	44.87±2.02 ^{ax}

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

^a Means among same storage condition with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

1/30*: The sample diluted for thirty fold.

附錄二十七、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 DPPH 自由基清除能力及相對 BHA 濃度之影響

Appendix 27. Effects of different storage time at three conditions on DPPH radical scavenging activity and equivalent to BHA concentration of noni juice

Storage time (week)	DPPH scavenging activity (%)			Equal to BHA conc. ($\mu\text{g/mL}$)		
	1/70*			1/70*		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	60.93 \pm 3.83 ^c	60.93 \pm 3.83 ^c	60.93 \pm 3.83 ^b	11.99 \pm 0.75 ^c	11.99 \pm 0.75 ^c	11.99 \pm 0.75 ^b
0	65.26 \pm 2.03 ^{bc}	65.26 \pm 2.03 ^{bc}	65.26 \pm 2.03 ^b	12.84 \pm 0.40 ^{bc}	12.84 \pm 0.40 ^{bc}	12.84 \pm 0.40 ^b
2	64.77 \pm 2.88 ^{bcx}	65.75 \pm 1.89 ^{bcx}	63.07 \pm 3.68 ^{bx}	12.74 \pm 0.56 ^{bcx}	12.94 \pm 0.37 ^{bcx}	12.41 \pm 0.72 ^{bx}
4	66.14 \pm 2.75 ^{bcx}	64.42 \pm 1.77 ^{bcx}	63.68 \pm 3.90 ^{bx}	13.01 \pm 0.54 ^{bcx}	12.68 \pm 0.35 ^{bcx}	12.53 \pm 0.76 ^{bx}
6	60.58 \pm 4.58 ^{cx}	63.50 \pm 3.19 ^{bcx}	64.28 \pm 3.75 ^{bx}	11.92 \pm 0.90 ^{cx}	12.50 \pm 0.62 ^{bcx}	12.65 \pm 0.73 ^{bx}
8	70.94 \pm 5.54 ^{abx}	68.78 \pm 6.96 ^{abx}	67.60 \pm 8.37 ^{abx}	13.95 \pm 1.08 ^{abx}	13.53 \pm 1.36 ^{abx}	13.30 \pm 1.64 ^{abx}
10	74.11 \pm 2.77 ^{ax}	73.52 \pm 3.40 ^{ax}	75.06 \pm 5.18 ^{ax}	14.57 \pm 0.54 ^{ax}	14.46 \pm 0.67 ^{ax}	14.76 \pm 1.01 ^{ax}
12	76.54 \pm 3.70 ^{ax}	73.37 \pm 3.87 ^{ax}	74.86 \pm 8.04 ^{ax}	15.05 \pm 0.73 ^{ax}	14.43 \pm 0.76 ^{ax}	14.72 \pm 1.57 ^{ax}

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

1/70*: The sample diluted for seventy fold.

附錄二十八、不同儲藏時間及方式對諾麗果汁的 ACE 抑制活性之影響

Appendix 28. Effects of different storage time at three conditions on ACE inhibitory activity of noni juice

Storage time (week)	ACE inhibitory activity (%)		
	1/8*		
	Illuminated	Non-illuminated	4°C
Non sterilized	44.62±11.07 ^{cx}	44.62±11.07 ^{bx}	44.62±11.07 ^{bx}
0	60.43±7.95 ^{abcx}	60.43±7.95 ^{abx}	60.43±7.95 ^{abx}
2	61.47±4.67 ^{abcx}	51.03±7.20 ^{abx}	59.67±12.82 ^{abx}
4	46.97±14.77 ^{bcx}	44.82±11.89 ^{bx}	45.74±14.43 ^{bx}
6	66.75±4.96 ^{ax}	66.47±7.11 ^{abx}	49.50±21.22 ^{bx}
8	68.16±9.25 ^{ax}	64.56±17.97 ^{abx}	46.34±5.30 ^{bx}
10	66.10±10.20 ^{ax}	62.02±10.78 ^{abx}	44.73±19.67 ^{bx}
12	63.61±7.41 ^{abx}	70.73±17.20 ^{ax}	79.24±17.71 ^{ax}

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

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

^x Means in the same storage time with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

1/8*: The sample diluted for eight fold.

附錄二十九、儲藏性試驗之總結論

Appendix 29. The summary of storage experiment

Storage time (week)	2			4			6			8			10			12		
	I ^a	NI ^b	4°C	I ^a	NI ^b	4°C	I ^a	NI ^b	4°C	I ^a	NI ^b	4°C	I ^a	NI ^b	4°C	I ^a	NI ^b	4°C
DAA ^c contents	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AA ^d contents	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
Total phenolic compounds	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Flavonoids compounds	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Condensed tannin compounds	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Scopoletin derivative	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Scopoletin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Rutin	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACE inhibitory activity	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Trolox equivalent antioxidant activity (TEAC)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DPPH scavenging activity	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
*Total	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	12	12	11

^a Illuminated

^b Non-illuminated

^c Deacetylasperulosidic acid

^d Asperulosidic acid

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

* Mean the lowest score was the best.