

目錄

	頁數
中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
壹、前言.....	1
貳、文獻回顧.....	3
一、 Noni 之簡介.....	3
二、 Noni 果汁之發酵.....	6
三、 Noni 果汁之加工製程.....	6
(一) 傳統之 noni 果汁 (發酵之 noni 果汁).....	8
(二) 非發酵之 noni 果汁 (非傳統之 noni 果汁).....	10
(三) 新鮮擠壓之 noni 果汁 (非傳統之 noni 果汁).....	10
四、 Noni 之化學組成份.....	11
五、 Noni 果之生理功效.....	20
(一) 抗氧化性 (antioxidant activity).....	20
(二) 抗病毒 (antiviral).....	41
(三) 抗細菌 (antibacterial).....	41
(四) 抗真菌 (anti-fungal).....	44
(五) 抗結核 (anti-tubercular).....	46

(六) 抗腫瘤 (anti-tumor).....	48
(七) 抗癌症 (anti-carcinogenic).....	52
(八) 降血壓 (hypotensive).....	52
(九) 抗炎症 (anti-inflammatory).....	58
六、 Noni 果汁之品質指標.....	58
七、 多酚類化合物.....	59
(一) 酚類.....	59
(二) 類黃酮.....	61
(三) 鞣質.....	61
參、材料與方法.....	66
一、 實驗架構.....	66
二、 實驗材料.....	69
三、 試劑與試藥.....	69
四、 儀器設備.....	70
五、 部份發酵 noni 果汁之製備.....	74
六、 部份發酵 noni 果汁之加熱殺菌.....	74
七、 物理性質.....	75
八、 功能性化合物含量測定.....	76
九、 生理活性.....	79

十、	總生菌數測定.....	85
十一、	統計分析.....	85
肆、	結果與討論.....	86
Part 1：	部份發酵 noni 果汁製備及性質分析.....	86
一、	物理性質.....	86
二、	功能性化合物含量.....	91
三、	生理活性.....	98
四、	總生菌數.....	105
五、	總結.....	105
Part 2：	部份發酵 noni 果汁之殺菌實驗.....	106
一、	物理性質.....	106
二、	功能性化合物含量.....	110
三、	生理活性.....	114
四、	總生菌數.....	120
五、	總結.....	120
Part 3：	部份發酵 noni 果汁之儲藏實驗.....	121
一、	物理性質.....	121
二、	功能性化合物含量.....	127
三、	生理活性.....	136

四、 總生菌數.....	143
五、 總結.....	143
伍、 結論.....	144
陸、 參考文獻.....	146
柒、 附錄.....	159

圖目錄

圖次	頁數
圖一、夏威夷的海巴戟天樹	4
圖二、Noni 果：綠色果實和花、綠色果實和成熟白色果實	4
圖三、Noni 果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.....	17
圖四、Noni 果中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蔥醌類化合物之 化學結構式.....	18
圖五、Noni 果中已知之其他次級代謝產物之化學結構式	19
圖六、Noni 中之化合物之化學結構式	21
圖七、人體內自由基主要來源與其損害結果	31
圖八、Noni 葉子之乙醇萃取物分離出的六種化合物之化學結構式 ..	33
圖九、Noni 果之甲醇萃取物分離出的六種化合物之化學結構式	34
圖十、6 α -hydroxyadoxoside、6 β ,7 β -epoxy-8- <i>epi</i> -splendoside、americanin A 和 narcissoside 之化學結構式	36
圖十一、Noni 果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出之化合物 Isoscopletin、 Aesculetin 和 Quercetin 之結構.....	39
圖十二、Noni 果實中分離出之化合物之結構式	40
圖十三、香豆素及其衍生物之化學結構	42

圖十四、Noni 葉之乙醇萃取物中分離出的化合物之結構式	49
圖十五、Citrifolioside 化合物之結構式	51
圖十六、Citrifolinin A 化合物之結構式.....	51
圖十七、Noni 果汁中分離出之具抗腫瘤之兩種化合物 asperulosidic acid 和 6-O-(β-D-glucopyranosyl)-1-O-octanoyl-β-D-glucopyranose 之化學結構式.....	53
圖十八、血管收縮素轉化酶之作用機制	55
圖十九、具 ACE 抑制活性之類黃酮與前花青素之化學結構及其抑制 率.....	56
圖二十、從 noni 果汁中分離出具指標性之化合物之化學結構式	60
圖二十一、酚類之基本結構	62
圖二十二、類黃酮之基本結構	62
圖二十三、類黃酮之結構	63
圖二十四、單寧之基本結構	65
圖二十五、不同發酵時間 noni 果汁之色澤變化.....	90
圖二十六、不同發酵時間 noni 果汁之兩種主要有機酸含量	92
圖二十七、不同發酵時間 noni 果汁之總酚含量	93
圖二十八、不同發酵時間 noni 果汁之類黃酮含量	94
圖二十九、不同發酵時間 noni 果汁之縮合單寧含量	96

圖三十、不同發酵時間 noni 果汁之 rutin、scopoletin 及其 scopoletin 衍生物含量之變化.....	97
圖三十一、不同發酵時間 noni 果汁之 ABTS · ⁺ 自由基清除能力 (總抗氧化能力).....	99
圖三十二、不同發酵時間 noni 果汁之 DPPH 自由基清除能力.....	102
圖三十三、不同發酵時間 noni 果汁之 ACE 抑制率.....	104
圖三十四、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 pH 值.....	107
圖三十五、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色澤.....	108
圖三十六、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總酚含量.....	111
圖三十七、Noni 果汁於不同殺菌條件後之縮合單寧含量.....	113
圖三十八、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 rutin、scopoletin 及其 scopoletin 衍生物含量.....	115
圖三十九、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 ABTS · ⁺ 自由基清除能力 (總抗氧化能力).....	118
圖四十、Noni 果汁於不同儲藏時間之 pH 值.....	122
圖四十一、Noni 果汁於不同儲藏時間之主要有機酸含量.....	123
圖四十二、Noni 果汁於不同儲藏時間之顏色.....	125
圖四十三、Noni 果汁於不同儲藏時間之總酚含量.....	128
圖四十四、Noni 果汁於不同儲藏時間之類黃酮含量.....	130

圖四十五、Noni 果汁於不同儲藏時間之縮合單寧含量	132
圖四十六、Noni 果汁於不同儲藏時間之 scopoletin 衍生物、scopoletin 和 rutin 含量	134
圖四十七、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ABTS· ⁺ 自由基清除能力 (總 抗氧化能力)	137
圖四十八、Noni 果汁於不同儲藏時間之 DPPH 自由基清除能力 ...	139
圖四十九、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ACE 抑制率	142

表目錄

表次	頁數
表一、諾麗果實在成熟過程中其表面顏色和硬度之呈現.....	5
表二、Noni 果果樹在不同之成長階段下之可能產量.....	7
表三、Noni 果汁之物化組成.....	12
表四、成熟之 noni 果之揮發性化學成分.....	13
表五、Noni 果中已知之化學組成份.....	15
表六、化學化合物在植物中存在之部位.....	23
表七、Noni 傳統使用法及療效.....	28
表八、Noni 之抑菌活性.....	43
表九、Noni 果之萃取物對 G ⁺ 和 G ⁻ 菌之抑菌能力.....	45
表十、Noni 果之萃取物對真菌之抑菌能力.....	47
表十一、不同發酵時間 noni 果汁之產率.....	87
表十二、不同發酵時間 noni 果汁之 pH 值.....	87
表十三、不同發酵時間 noni 果汁之可溶性固形物重量變化.....	89

附目錄

次序	頁數
附錄一、酒石酸之標準曲線圖	159
附錄二、蘋果酸之標準曲線圖	159
附錄三、乳酸之標準曲線圖	160
附錄四、沒食子酸之標準曲線圖	160
附錄五、槲皮酮之標準曲線圖	161
附錄六、兒茶素之標準曲線圖	161
附錄七、Scopoletin 之標準曲線圖	162
附錄八、Rutin 之標準曲線圖	162
附錄九、BHA 之標準曲線圖	163
附錄十、Trolox 之標準曲線圖	163
附錄十一、不同發酵時間 noni 果汁之色澤及有機酸含量	164
附錄十二、不同發酵時間 noni 果汁之色彩	165
附錄十三、不同發酵時間 noni 果汁之功能性成分含量	166
附錄十四、不同發酵時間 noni 果汁之抗氧化能力及 ACE 抑制力	167
附錄十五、不同發酵時間 noni 果汁之總生菌數	168
附錄十六、不同發酵時間 noni 果汁之總結論	169
附錄十七、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色澤及 pH 值	170

附錄十八、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色彩	171
附錄十九、Noni 果汁於不同殺菌條件後之功能性成分含量	172
附錄二十、Noni 果汁於不同殺菌條件後之抗氧化能力	174
附錄二十一、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總生菌數	175
附錄二十二、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總結論	176
附錄二十三、Noni 果汁於不同儲藏時間之 pH 和酸含量	177
附錄二十四、Noni 果汁於不同儲藏時間之色澤	178
附錄二十五、Noni 果汁於不同儲藏時間之色彩	179
附錄二十六、Noni 果汁於不同儲藏時間之功能性成分含量	180
附錄二十七、Noni 果汁於不同儲藏時間之抗氧化能力	182
附錄二十八、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ACE 抑制率	184
附錄二十九、Noni 果汁於不同儲藏時間之總生菌數	185
附錄三十、Noni 果汁於不同儲藏時間之總結論	186

中文摘要

本研究利用短時間 (四星期) 發酵生產 noni 果汁，稱之為部份發酵諾麗果汁 (partial-fermented noni juice)。探討 noni 果汁於一個月內較佳之發酵時間，並以不同之殺菌條件 (溫度: 65 °C 和 75 °C; 時間: 0、0.5、4、8、12、24、48 小時) 進行低溫殺菌，探討其較佳之殺菌條件及其室溫儲藏兩個月之變化。於發酵、殺菌和儲藏過程中進行下列分析，(1) 物理性質之變化，包括：果汁產率、色澤、pH 值、有機酸含量和可溶性固形物。(2) 功能性化合物含量之變化，包括：總酚類化合物含量、類黃酮含量、縮合單寧含量、芸香素 (rutin) 含量、東莨菪素 (scopoletin) 及 scopoletin 衍生物含量。(3) 生理活性之變化，包括：總抗氧化能力 (Trolox equivalent antioxidant capacity, TEAC)、DPPH 自由基清除能力和血管收縮素轉化酶 (Angiotensin converting enzyme, ACE) 抑制能力。(4) 總生菌數之變化。研究發現 noni 果汁於短時間內較佳之發酵時間，以發酵四週為較佳。在不同之殺菌條件下，以 65 °C 加熱 48 小時為較佳。而於室溫儲藏下，經殺菌之 noni 果汁之功能性成分含量及生理活性較穩定，經兩個月室溫儲藏並無明顯之改變，而未經殺菌之 noni 果汁經兩星期室溫儲藏後，許多成分和活性即開始損失。而未經殺菌之 noni 果汁在不被外界污染之下，其總生菌數含量極低，於室溫儲藏兩個月後，仍可安心食用。

ABSTRACT

To find the best fermentation time, partial fermented noni juices were prepared from noni fruits by fermentation for different period, up to 4 weeks. The quality of noni juice from different fermentation period was assayed by measuring its functionalities, including the physiological and chemical attributes and total microbial count. To investigate the effect of pasteurization on the quality of partial fermented juice, the best fermented noni juice was subjected to pasteurization at 65 °C or 75 °C for two days. The quality changes during storage of noni juice with and without pasteurization were conducted at room temperature for two months. The characteristics were analyzed for following (1) changes in the physical properties including total yield, color value, pH value, organic acid content and soluble solid weight, (2) changes in the content of functional compound including total phenolic compound, flavonoid, condensed tannins, rutin, scopoletin and its derivative, (3) changes in the physiological activity including trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC), DPPH free radical scavenging and inhibitory activity of angiotensin converting enzyme (ACE), (4) change in the total plate counts of noni juice. Experimental results indicated that among four different fermentation period, noni juice of four-week fermentation gave best quality. In term of quality stability of noni juice, juice subjected to pasteurization at 65 °C for two days is better than that of pasteurization at 75 °C. The pasteurized noni juice stored at room temperature exhibited more stable functional and physiological characteristics than that of noni juice without pasteurization. After two month storage, pasteurized noni juice

showed no significant changes in quality. Whereas noni juice without pasteurization begin to reduce some of its functional and physiological attributes. With proper washing and avoiding contamination from processing, noni juice without pasteurization showed very low microbial count and can be consumed as it is even after storage at room temperature for two months.

壹、前言

隨著經濟發展，現代人在飲食方面都非常講求健康需求。很多重大死亡疾病都逐年增加，發病之年齡層也逐漸下降，例如：癌症、高血壓、心血管疾病、糖尿病、肝病及許多慢性疾病。如何預防或治療這些疾病是當今非常重要之課題，除了積極地運動強身外，健康之飲食也是非常重要的一環。『藥補不如食補』、『禍從口出、病從口入』都說明了飲食對健康之重要性，也說明了從飲食來維持健康是最直接也是最容易的方式。

Noni (諾麗) (*Morinda citrifolia*) 盛產於南太平洋群島，是當地人們之食品兼藥品。Noni 之根、莖、葉、果實、種子與樹皮皆含有多種有益身體健康之植物成分，其傳說具有許多療效，已被證實具有抗氧化、抗病毒、抗細菌、抗真菌、抗癌症、抗腫瘤、抗發炎及降血壓等功效。

然而，傳統 noni 果汁之發酵時間需花費二至三個月，不僅曠日費時，還會增加堆積成本。而文獻也指出經一個月與二個月發酵，noni 果汁之生產量分別為 57.8 % 和 63.9 %，並沒有很大的差異 (Newton, 2003)。而長時間之發酵也會降低果汁之有效功能性，文獻指出長時間之發酵會降低 noni 果汁之 DPPH 自由基之清除能力，破壞不穩定之抗氧化物，例如：ascorbic acid (Yang et al., 2007)。而 noni 果汁中

之東莨菪素 (scopoletin) 與芸香素 (rutin) 功能性化合物亦會有減少之趨勢 (Chan-Blanco et al., 2007)。

Noni 果汁之總生菌數有不同之文獻報導。Chan-Blanco 等 (2007) 指出 noni 果汁中含有大量總生菌數，然而 Newton (2003) 指出 noni 果汁之總生菌數極低。而根據衛生署規定之食品衛生標準，果汁類飲料之總生菌數應少於 1×10^4 CFU/mL，而有容器包裝之果汁應少於 200 CFU/mL。故加熱殺菌能確保食品於微生物方面之安全，並能延長食品之保存期限。然而，已知許多天然之營養成分於加熱過程中會被明顯的破壞和損失，主要原因為多種活性化合物對熱不穩定 (Choi et al., 2006)。故加熱處理對 noni 果汁品質之影響值得去探討。

本研究的目的為利用短時間 (四個星期) 發酵來生產部份發酵 noni 果汁，並利用其功能性品質和生理活性來探討部份發酵 noni 果汁之較佳發酵時間。接著以較佳發酵時間生產之部份發酵 noni 果汁來進行低溫加熱殺菌，以探討其較佳加熱殺菌之條件。而後進行室溫下之儲藏實驗，於儲藏實驗方面，以未經熱處理和經較佳殺菌條件之部份發酵 noni 果汁同時進行儲藏，並探討有無殺菌之 noni 果汁於儲藏過程中之功能性成分含量、生理活性和總生菌數之變化，以便得知儲藏時間對部份發酵 noni 果汁品質之影響。

貳、文獻回顧

一、 Noni 之簡介

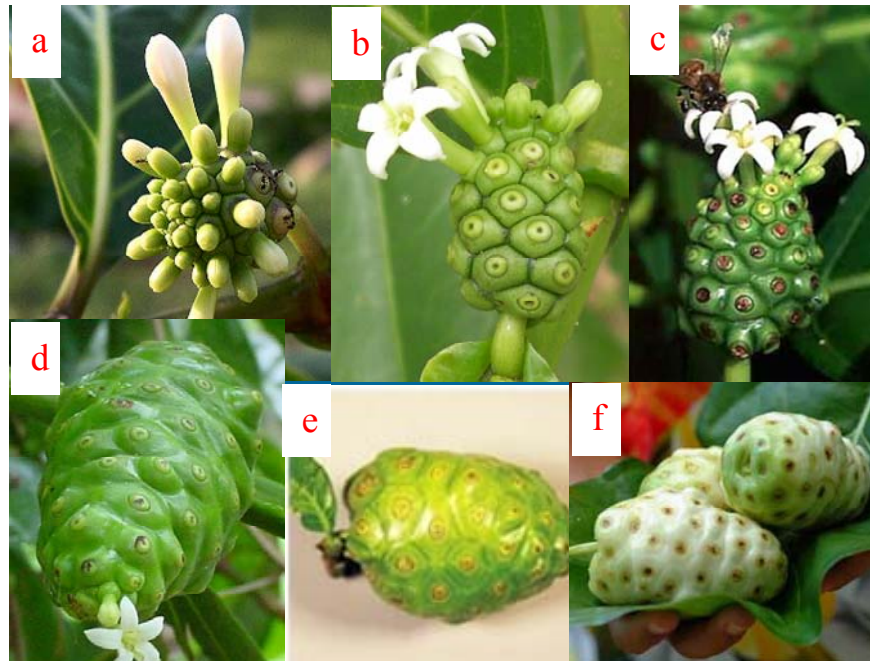
茜草科 (Rubiaceae)、海巴戟天屬 (Morinda)，此種植物在全世界約有八十種，最常見到的種類為 *Morinda citrifolia* L.，一般稱之為 noni (Samoylenko et al., 2006)。而依據其栽種地方之不同則具有不同的俗名，如印度次大陸有 India mulberry、nuna 或 ach 之稱；馬來西亞則稱之 mengkudu；東南亞則稱之 nhau；加勒比海則稱之 painkiller bush；澳大利亞則稱之 cheese fruit；而 noni 俗名則來自於夏威夷 (Morton, 1992; Nelson, 2001; Ross, 2001; Wang et al., 2002; Cardon, 2003)。另外還有 ba ji tian、nono 及 nonu 等俗名 (Samoylenko et al., 2006)。

Noni (檄樹) 學名：海巴戟天 (*Morinda citrifolia* L.)，是一種灌木，為直立性的常綠小喬木，高約 3-10 公尺，具有許多寬橢圓形的葉子 (長約 5-17 公分，寬約 10-40 公分)，如圖一所示。其花為小管狀的白花，聚集生長於花梗上。其葉柄似環狀地分布於花梗周圍，其花冠呈白綠色 (Morton, 1992; Elkins, 1998; Dixon et al., 1999; Ross, 2001; Cardon, 2003)。Noni 果實為肥胖橢圓形 (長約 3-10 公分，寬約 3-6 公分)，外觀呈凸起狀，狀似手榴彈，係由許多小白花聚集轉變而成之聚合果，如圖二所示。果實具有輕微的皺紋，表面覆蓋著淡紅棕色之小葉芽，葉芽中含有種子，果實顏色從綠轉變為黃至白，如表一



圖一、夏威夷的海巴戟天樹。

Fig. 1. *Morinda citrifolia* tree in Hawaii.
(McClatchey, 2002)



圖二、Noni 果：綠色果實和花^(a-d)、綠色果實^(e) 和成熟白色果實^(f)。

Fig. 2. Noni fruit: young green fruit with flowers^(a-d), green fruit^(e), and mature white fruit^(f).

(楊, 2005)

表一、諾麗果實在成熟過程中其表面顏色和硬度之呈現

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

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

(Chan-Blanco et al., 2006)

所示。成熟之果實會散發出強烈類似丁酸之腐敗氣味 (Morton, 1992; Dixon et al., 1999)。而果泥多汁具苦味，呈黃色或乳白色之凝膠狀。成熟之果實表面具有許多堅硬呈紅棕色三角狀之凹處，每個凹處皆含有四個種子 (約 3.5 mm) (Dittmar, 1993)。

Noni 為熱帶植物，產於南太平洋群島及澳大利亞，包括菲律賓、夏威夷、馬來西亞、印尼和薩摩亞群島等，現今已被栽種於許多熱帶地區，包括玻里尼西亞、印度、哥倫比海、拉丁美洲、墨西哥、哥倫比亞、委內瑞拉、哥斯大黎加、巴拿馬、佛羅里達州和西印度群島等 (Dixon et al., 1999; Ross, 2001)。亦適合生長於台灣中南部之溫溼氣候，四季皆可開花結果，仲夏至秋季為其盛產期。其果實產量會隨著成長階段之不同而有所影響，如表二所示 (Nelson, 2003)。

二、 Noni 果汁之發酵

Noni 果汁之發酵為一種自然過程，主要為果肉中多種酵素之綜合作用，促使成熟之果實進行自消化分解 (autolysis)，進而增強有效成分之生物活性，民間亦認為發酵產品之生理功效較新鮮果汁來得佳 (楊, 2005)。

三、 Noni 果汁之加工製程

在夏威夷，noni 果汁之生產有不同的加工和製造方法，例如：noni

表二、Noni 果樹在不同之成長階段下之可能產量

Table 2. Possible yields of noni at various growth stages

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

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

(Nelson, 2003)

果汁可分為發酵或非發酵；新鮮擠壓或汁液自然滴出。而傳統之 noni 果汁之生產方法是經過至少兩個月之發酵，使其汁液自然滴出而成。而非傳統之 noni 果汁之生產方法則是經由壓榨或擠壓成熟之果實而成。

瓶裝之 noni 果汁除了以百分之百純果汁之型態存在外，有些 noni 果汁還添加其他添加物或稀釋來改善其風味，一般添加覆盆子、藍莓或葡萄風味之果汁，而有些生產者會選擇加水稀釋或加糖來改善 noni 產品。而瓶裝之 noni 果汁不一定要經過巴斯德殺菌，因為發酵之果汁一般具有低的 pH 值，故巴斯德殺菌可以不被需要，但巴斯德殺菌之加工過程可以改善生果汁之風味。

(一) 傳統之 noni 果汁 (發酵之 noni 果汁)：

1. Noni 果實送達加工工廠

從送達加工工廠中之 noni 果實中挑選出新鮮且成熟之果實。

剛收成之果實為綠色中帶有白色，而未成熟之果實為白色或黃色，此時具有堅硬之外表，可以避免果實在運輸和處理過程中造成的外表性之傷害和挫傷。此階段之 noni 果實無需經過特殊之處理，將果實放置室溫下一天或數天即可達到成熟，之後則可立即進行果汁之加工。

2. 將 noni 果實清洗並自然風乾

Noni 果實之清洗具有許多不同的方式，例如：強力水柱的噴洗或機械化的傳送帶清洗設備。

3. 將 noni 果實放置發酵容器

和不夠成熟之 noni 果實相比，完全成熟之果實可含有並釋放出較多的果汁。故當果實成熟、軟化且成半透明狀時，放入果汁收集器皿中可具有最高效率的果汁生產量。而綠色且堅硬之果實放入果汁收集器皿中則有明顯較少的果汁釋放量，且較不甜而具有苦味。而且完全成熟之果實所得到的果汁具有較亮的顏色，而未成熟之果實所得到的果汁則顏色相對較黑。

4. 成熟之 noni 果實在果汁收集器皿經發酵至少兩個月

果汁收集器皿和發酵器皿之材質皆必須為玻璃、不銹鋼或食用級之塑膠。在發酵過程中，noni 果汁會漸漸地從果泥中滲出，其顏色會隨著發酵時間而從起初的黃褐色或金黃色漸漸地變黑。在發酵完成後，果汁將從器皿底部之活栓中取出，而器皿可將新鮮空氣排出在外，使整個過程中果汁和新鮮空氣始終保持在最小量的接觸。

5. 最後將果汁倒出，經過濾和裝瓶

發酵熟成之 noni 果汁為黑褐色之液體，類似醬油之外觀和組織結構，以及澄清葡萄酒的性質，其 pH 值相當低（大約為

3.5)。在發酵約兩個月後，大部分之果汁可自然的和果泥分離，而從器皿中流出。而利用此方法所得到的果汁回收率大約為40-50%。待果汁完全流出後，再將殘留在果泥中之果汁完全壓榨出，而殘留之果泥和種子則丟棄或脫水乾燥應用在其他 noni 產品之生產。

(二) 非發酵之 noni 果汁 (非傳統之 noni 果汁)：

在夏威夷，有些生產者和消費者比較喜歡顏色較亮且口味較甜之產品。而收集器皿的 noni 果汁若不經過發酵則可保有較多水果之甜味，而經發酵之果汁則有相對地苦味和酸味。而未經發酵之 noni 果汁則為每兩三天則從收集器皿中取出，不讓果汁進行發酵。而得到的果汁則須立即進行瓶裝和冷藏或冷凍，直到銷售或被消費。

(三) 新鮮擠壓之 noni 果汁 (非傳統之 noni 果汁)：

當 noni 果實成熟時，即使用水果壓榨機來使果汁與果泥和種子分離。使用此方法所得到的果汁可達65%以上的回收率。和發酵之 noni 果汁相比，新鮮擠壓之 noni 果汁比較甜 (較不酸) 且較具水果之風味，顏色為金黃褐色且有較少的沉澱物。而新鮮擠壓之果汁可經由冷藏、冷凍或巴斯德殺菌來制止果汁之發酵，以保

持果汁之水果的甜味。也可在果汁被銷售或消費前讓果汁在包裝器皿中進行幾星期或幾個月之發酵。

(Nelson, 2003)

四、 Noni 之化學組成份

Noni果汁之物化性質之組成已有研究指出，部分組成如表三所示 (Chan-Blanco et al., 2006)。Noni果汁中含有三種必需維生素，抗壞血酸 (Vc)、硫胺素 (V_{B1}) 和烟酰胺 (V_{B5})，含量分別為0.354 mg/mL、0.0663 mg/mL和0.131 mg/mL，可作為維生素缺乏的營養補充劑 (李等, 2006)。

從noni果中分離得到約五十一種揮發性化學成分，其中以辛酸 (octanoic acid)、己酸 (hexanoic acid)、3-methyl-3-buten-1-ol、東莨菪素 (scopoletin) 和癸酸 (decanoic acid) 為含量較多之成分，佔了大約85%的含量，此五十一種揮發性化學成分如表四所示 (Farine et al., 1996)。現今，noni植物中已知之化學組成包含fatty acid glycosides、alcohols glycosides、iridoid glycosides、flavonol glycosides、lignans、coumarins和anthraquinones等，其化學組成份如表五所示，圖三、四和五為化學組成份之化學結構式 (Potterat and Hamburger, 2007)。

而大約有160種植物性化合物 (phytochemical compounds) 已被鑑定出來，其主要的微量營養素為酚類化合物、有機酸和生物鹼

表三、Noni果汁之物化組成

Table 3. Physico-chemical composition of noni juice

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

^a Noni fruit.

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

- Mean no determination.

(Chan-Blanco et al., 2006)

表四、成熟之 noni 果之揮發性化學成分

Table 4. Identified volatile compounds from ripe fruits of noni

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

表四、成熟之 noni 果之揮發性化學成分 (續)

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

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

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

(Farine et al., 1996)

表五、Noni 果中已知之化學組成份

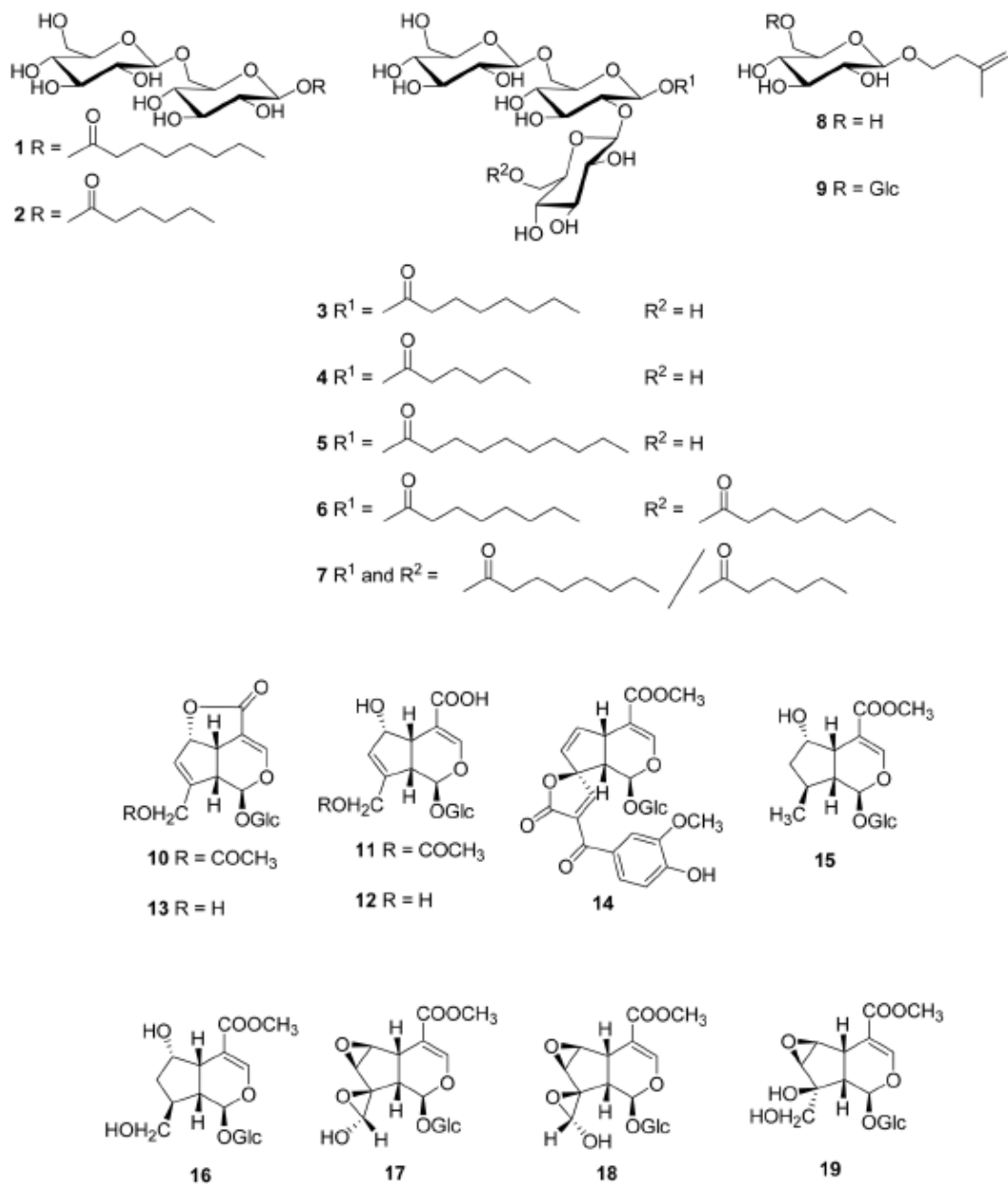
Table 5. Chemical composition from noni fruit

Compound	References
fatty acid glycoside (1-7) alcohols glycoside (8-9)	Wang et al. (1999), Wang et al. (2000), Samoylenko et al. (2006), Dalsgaard (2006)
<i>iridoid glycoside (10-19)</i>	
<i>Main</i>	
asperuloside (10)	Levand and Larson (1979)
asperulosidic acid (11) deacetylasperulosidic acid (12)	Kamiya et al. (2005)
<i>Minor</i>	
deacetylasperuloside (13) dehydromethoxygaertneroside (14) <i>epi</i> -dihydrocornin (15) 6 α -hydroxyadoxoside (16) citrifolinin B epimers a (17) citrifolinin B epimers b (18) 6b,7 β -epoxy-8- <i>epi</i> -splendoside (19)	Sang et al. (2002), Kamiya et al. (2005), Su et al. (2005)
<i>flavonol glycosides</i>	
rutin (20) narcissoside (21) nicotifloroside (22)	Sang et al. (2002), Su et al. (2005)
<i>lignans</i>	
3,3'-bisdemethylpinoresinol (23) americanol A (24) americanin A (25) americanoic acid A (26) morindolin (27) isoprincepin (28)	Kamiya et al. (2004)
balanophonin (29)	Pawlus et al. (2005)

表五、Noni 果中已知之化學組成份 (續)

Table 5. Chemical composition from noni fruit (continued)

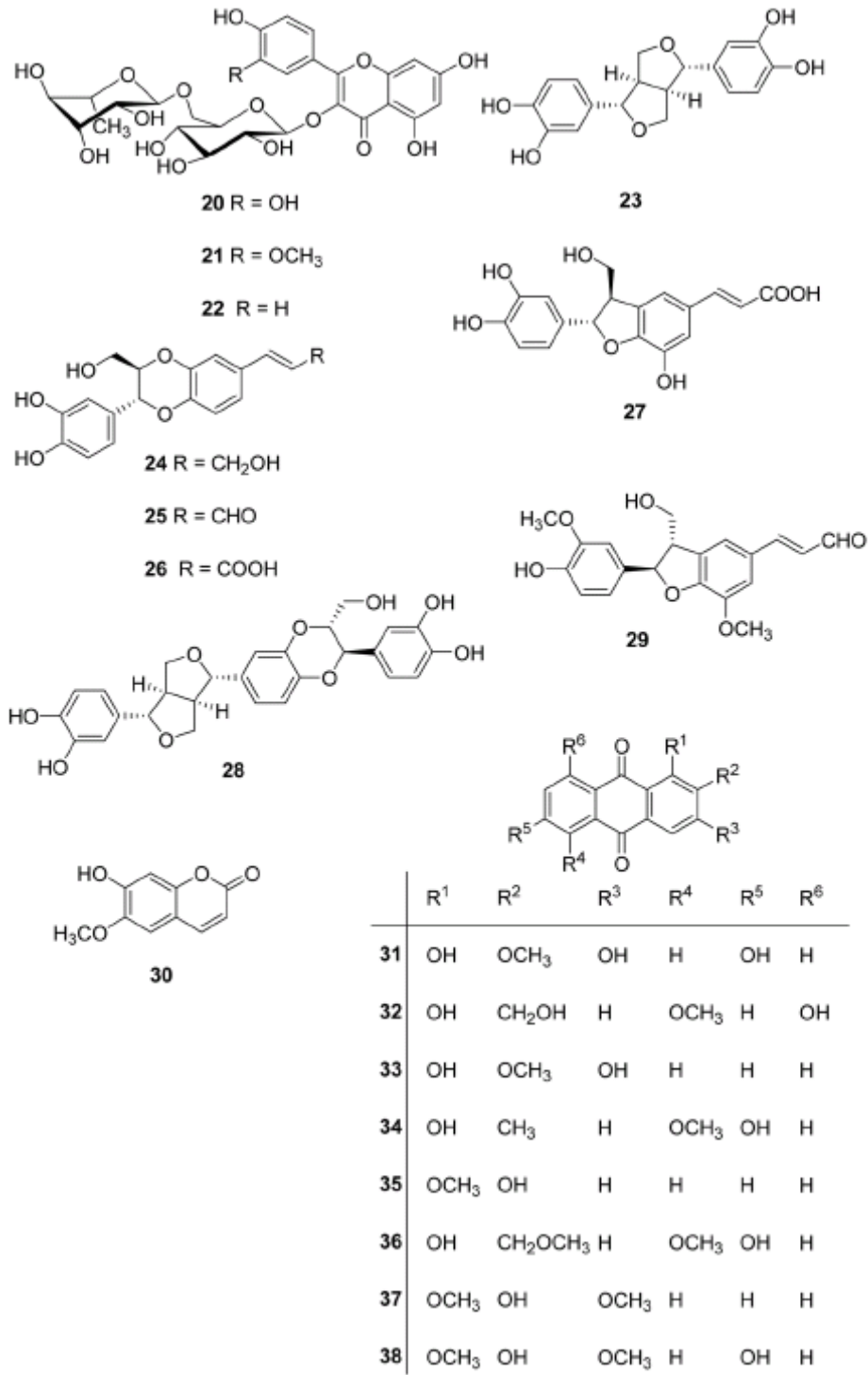
Compound	References
<i>coumarin</i>	
scopoletin (30)	Pawlus et al. (2005)
1-hydroxyanthraquinones (31-38) 2-methoxy-1,3,6-trihydroxyanthraquinone (31) 1,8-dihydroxy-2-hydroxymethyl-5-methoxyanthraquinone (32) 1,3-dihydroxy-2-methoxyanthraquinone (33) 1,6-dihydroxy-5-methoxy-2-methylanthraquinone (34) 2-hydroxy-1-methoxyanthraquinone (35) 5,15-dimethylmorindol (36) anthragallol-1,3-dimethylether (37) 6-hydroxy-anthragallol-1,3-dimethylether (38)	Kamiya et al. (2005), Pawlus et al. (2005)
<i>miscellaneous compounds</i>	
β -sitosterol (39) 3-O-glucoside (40)	Su et al. (2005), Pawlus et al. (2005)
ursolic acid (41) 19-hydroxyursolic acid (42)	Sang et al. (2002)
cytidine (43)	Sang et al. (2002), Su et al. (2005)
borreriagenin (44)	Su et al. (2005)
epiborreriagenin (45)	Samoylenko et al. (2006)
iridoid derivative (46)	Sang et al. (2002)
succinic acid diesters (47-49)	Samoylenko et al. (2006)
4-hydroxy-3-methoxycinnamaldehyde (50) β -hydroxypropiovanillone (51) vanillin (52)	Pawlus et al. (2005)



圖三、Noni 果中已知之脂肪酸糖苷、醇糖苷和環烯醚萜類化合物之化學結構式。

Fig. 3. Fatty acid and alcohol glycosides and iridoids reported from noni fruit.

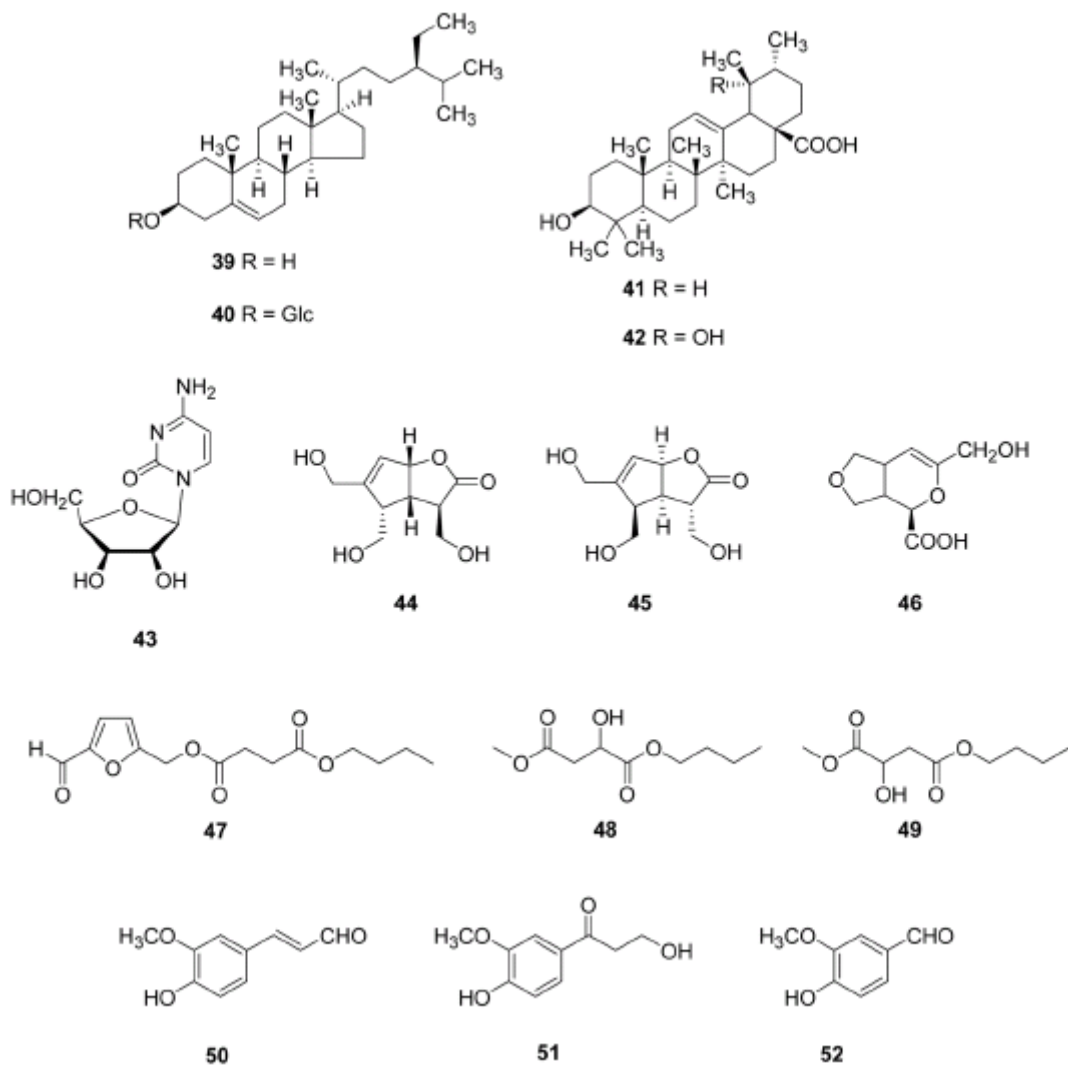
(Potterat and Hamburger, 2007)



圖四、Noni 果中已知之類黃酮、木脂質、香豆素和蒽醌類化合物之化學結構式。

Fig. 4. Flavonoids, lignans, coumarins and anthraquinones in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)



圖五、Noni 果中已知之其他次級代謝產物之化學結構式。

Fig. 5. Miscellaneous secondary metabolites identified in noni fruit.

(Potterat and Hamburger, 2007)

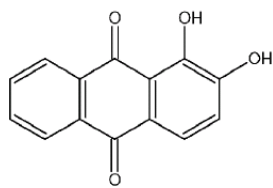
(Wang and Su, 2001)。其中最重要的酚類化合物主要為蒽醌化合物 (anthraquinones) (如damnacanthal、morindone、morindin等)、桃葉珊瑚苷 (aucubin)、車葉草 (asperuloside) 和scopoletin (Wang and Su, 2001)，此化合物之化學結構式如圖六所示；而主要的有機酸為己酸 (caproic acid) 和辛酸 (caprylic acid) (Dittmar, 1993)；而主要的生物鹼則為賽洛寧 (xeronine) (Heinicke, 1985)。根據植物部位的不同，其化學組成份會有所差異，各部位之化學組成如表六所示 (Chan-Blanco et al., 2006)。

五、 Noni 果之生理功效

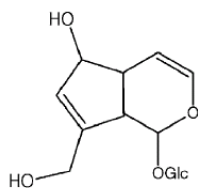
Noni 果汁在傳統上具有很多功能，且其功效傳說很多，部分來自書本或宣傳品，表七為 noni 在傳統上之使用法及療效 (張, 2002)。而許多功效有些已被研究所證實，如：抗氧化 (antioxidant)、抗病毒 (antiviral)、抗細菌 (antibacterial)、抗真菌 (antifungal)、抗腫瘤 (antitumor)、降血壓 (hypotensive)、抗癌症 (anti-carcinogenic)、抗炎症 (anti-inflammatory) 和傷疤癒合 (wound-healing) 等生理功效。除此之外，還具有很多功能療效仍待進一步研究證實。

(一) 抗氧化性 (antioxidant activity)

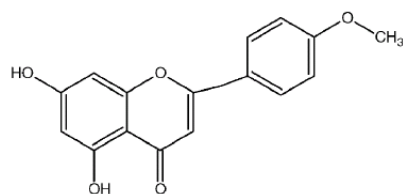
近年來，有研究指出自由基與活性氧會使得 DNA 損傷、蛋



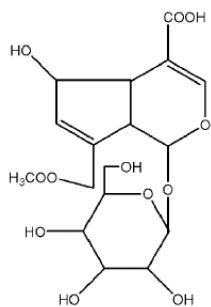
alizarin



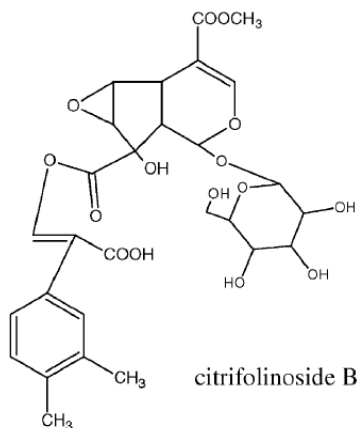
aucubin



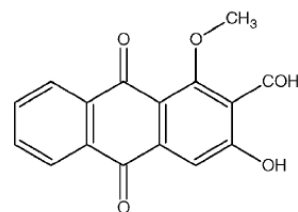
aracetin



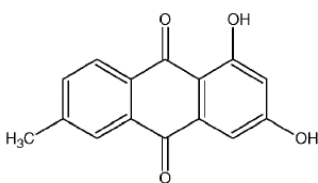
asperulosidic acid



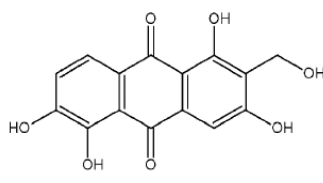
citrifolinoside B



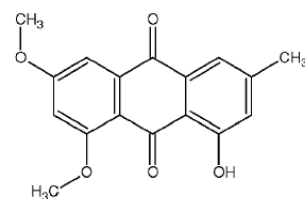
damnacanthal



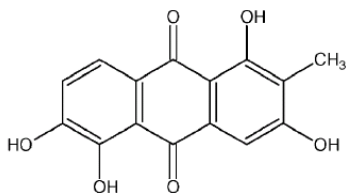
1,3-dihydroxy-6-methyl anthraquinone



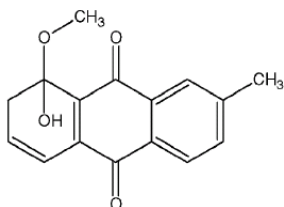
5,6-dihydroxylucidin



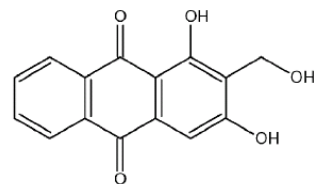
2-methyl-4-hydroxy-5,7-dimethoxyanthraquinone



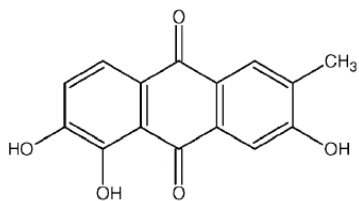
3-hydroxymorindone



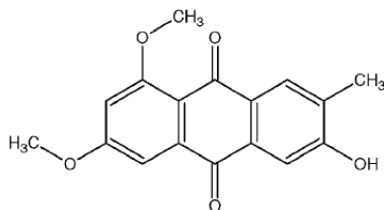
8-hydroxy-8-methoxy-2-methyl-anthraquinone



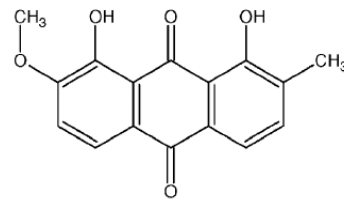
lucidin



2-methyl-3,5,6-trihydroxyanthraquinone



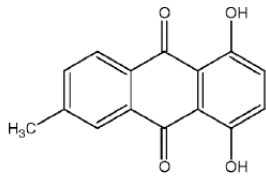
morenone 1



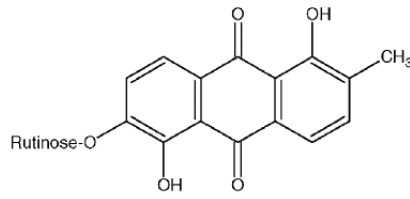
morenone 2

圖六、Noni 中之化合物之化學結構式。

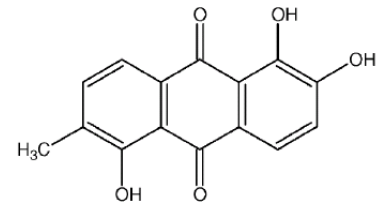
Fig. 6. Chemical structures of compounds from noni.



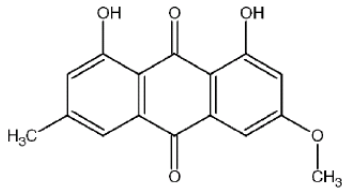
morindanidrine



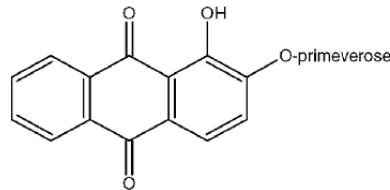
morindine



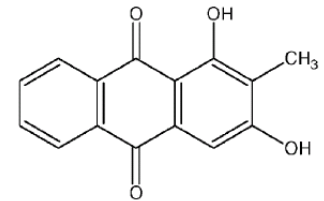
morindone



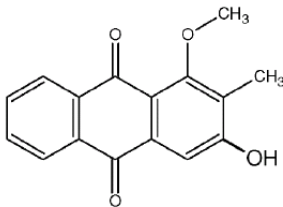
physcion



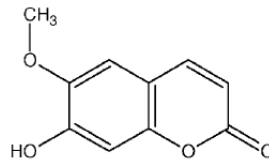
ruberythric acid



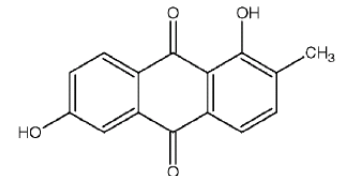
rubiadin



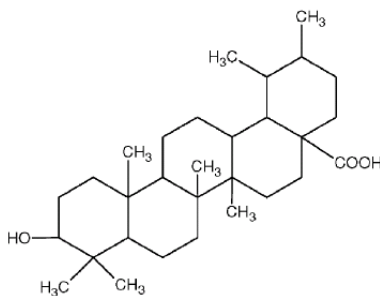
rubiadin monomethyl ether



scopoletin



soranjidiol



ursolic acid

圖六、Noni 中之化合物之化學結構式 (續)。

Fig. 6. Chemical structures of compounds from noni (continued).

(Chan-Blanco et al., 2006)

表六、化學化合物在植物中存在之部位

Table 6. Location of chemical compounds on the plant

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

表六、化學化合物在植物中存在之部位 (續)

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

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

表六、化學化合物在植物中存在之部位 (續)

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

Location	Chemical constituents	Reference
Leaves	Quercetin 3- <i>O</i> -β-D-glucopyranosyl-(1→2)-α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-galactopyranoside	Sang et al. (2002)
Leaves	^c Quercetin 3- <i>O</i> -α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Sang et al. (2002)
Leaves	Serine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Threonine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Tryptophan	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Tyrosine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Leaves	Ursolic acid	Sang et al. (2002), Cardon (2003), Elkins (1998), Wang et al. (2002)
Leaves	Valine	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Plant	2-methyl-3,5,6-trihydroxyanthraquinone	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	^b 2-methyl-3,5,6-trihydroxyanthraquinone 6- <i>O</i> -β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	3-hydroxymorindone	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	^b 3-hydroxymorindone 6- <i>O</i> -β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	^b 5,6-dihydroxylucidin 3- <i>O</i> -β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	5,6-dihydroxylucidin	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)

表六、化學化合物在植物中存在之部位 (續)

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

Location	Chemical constituents	Reference
Plant	Aucubin	Elkins (1998), Wang et al. (2002)
Plant	Linoleic acid	Wang et al. (2002)
Plant	Lucidin	Cardon (2003), Inoue et al. (1981), Ross (2001)
Plant	^b Lucidin 3- <i>O</i> -β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranoside	Cardon (2003), Inoue et al. (1981)
Plant	Scopoletin	Farine et al. (1996), Wang et al. (2002)
Heartwood	Physcion 8- <i>O</i> -α-L-arabinopyranosyl-(1→3)-β-D-galactopyranosyl-(1→6)-β-D-galactopyranoside	Wang and Su (2001), Wang et al. (2002)
Root, heartwood, root bark	Morindone	Sang et al. (2002), Inoue et al. (1981), Dittmar (1993), Ross (2001), Cardon (2003), Wang et al. (2002)
Root, heartwood, seeds	Damnacanthal	Sang et al. (2002), Cardon (2003)
Root	8-hydroxy-8-methoxy-2-methyl-anthraquinone	Cardon (2003), Solomon (1999)
Root	rubichloric acid	Elkins (1998), Morton (1992)
Root	1,3-dihydroxy-6-methyl Anthraquinone	Morton (1992)
Root	Morenone 1	Solomon (1999)
Root	Morenone 2	Solomon (1999)
Root	^b Ruberythric acid	Cardon (2003)
Root	Rubiadin	Cardon (2003), Elkins (1998), Inoue et al. (1981), Ross (2001)
Root bark	Chlororubin	Dittmar (1993), Elkins (1998)
Root bark	Hexose	Dittmar (1993)

表六、化學化合物在植物中存在之部位 (續)

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

Location	Chemical constituents	Reference
Root bark	Morindadiol	Dittmar (1993)
Root bark	Morindanidrine	Dittmar (1993)
Root bark	Morindine	Cardon (2003), Dittmar (1993), Elkins (1998), Morton (1992)
Root bark	Pentose	Dittmar (1993)
Root bark	Physcion	Solomon (1999)
Root bark	Rubiadin monomethyl ether	Dittmar (1993)
Root bark	Soranjidiol	Dittmar (1993), Elkins (1998), Ross (2001)
Root bark	Trioxymethylanthraquinone monoethyl ether	Dittmar (1993)
Root, root bark, fruit	Alizarin	Cardon (2003), Dittmar (1993), Elkins (1998), Ross (2001), Wang et al. (2002)
Seeds	Ricinoleic acid	Solomon (1999)

^a Molecules in bold are presented in Fig. 6.

^b These glycosides are primeverosides [= *O*-β-D-xylopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranosides].

^c These glycosides are rutinoides [= *O*-α-L-rhamnopyranosyl-(1→6)-β-D-glucopyranosides].

(Chan-Blanco et al., 2006)

表七、Noni 傳統使用法及療效

Table 7. Traditional uses of noni for diseases

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

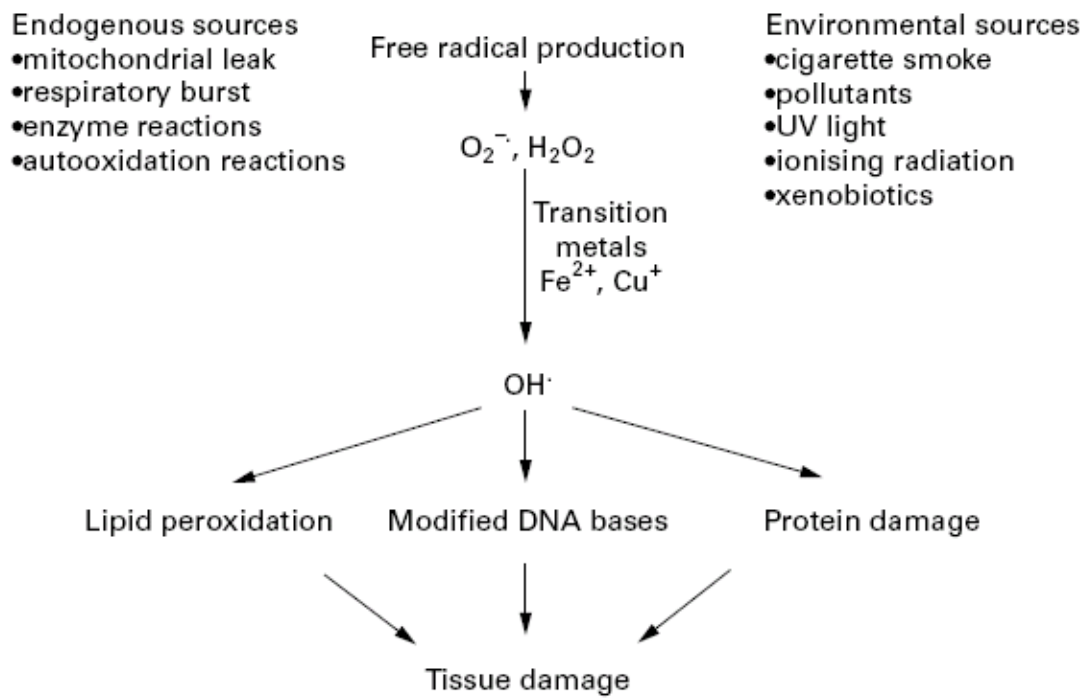
表七、Noni 傳統使用法及療效 (續)

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

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

白質傷害並和脂質反應產生代謝物，造成細胞老化、突變甚至死亡，圖七為人體自由基主要來源與對人體之傷害 (Young et al., 2001)。當體內自由基及活性氧增加或抗氧化防禦能力降低時，易使細胞組織甚至於器官造成傷害，包括紅血球、腎臟、肺臟、皮膚病及心血管疾病等，並可能進一步引發癌症及體內其他系統疾病等 (McCord, 2000)。近年來，研究發展出許多天然和人工合成之活性氧清除劑和抗氧化劑，用來保護生物細胞避免活性氧之攻擊，並可鎮壓損傷的結果。而有些植物為天然抗氧化物之來源，可用來清除自由基及活性氧。

Sang 等 (2001 a) 從 noni 葉子之乙醇 (ethanol) 萃取出中分離純化出一種新的 iridoid glycoside 化合物，citrifolinin B (1)，以及五種已知的 flavonol glycoside 化合物，quercetin-3-*O*- β -D-glucopyranoside (2)、kaempferol-3-*O*- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside (3)、quercetin-3-*O*- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)- β -D-glucopyranoside (4)、quercetin-3-*O*- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)]- β -D-galacopyranoside (5) 以及 kaempferol-3-*O*- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-[α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 6)]- β -D-galacopyranoside (6)，並指出此六種化合物皆具有清除 DPPH 自由基之能力，其清除力分別為 7.7 %、85.8 %、4.5 %、



圖七、人體內自由基主要來源與其損害結果。

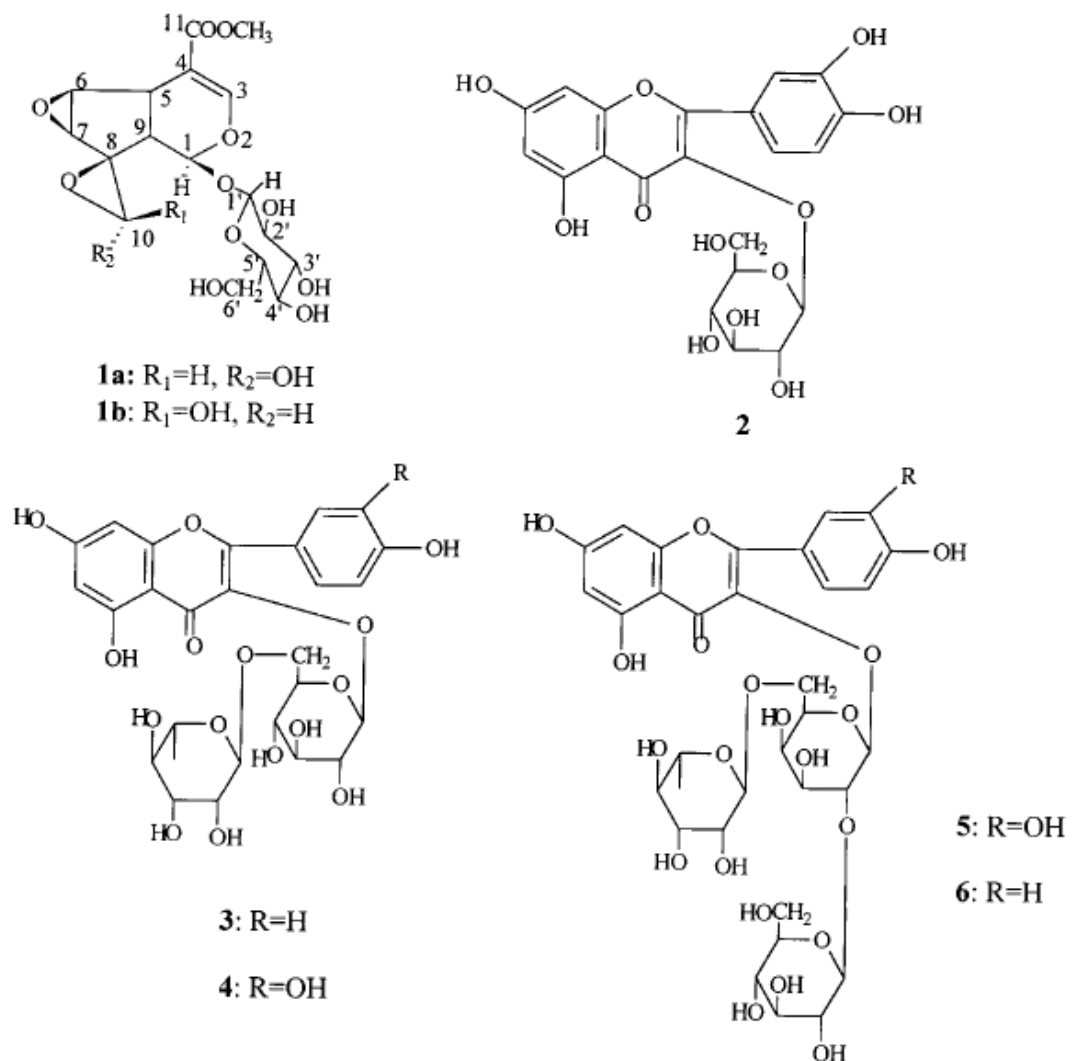
Fig. 7. Major sources of free radicals in the body and the consequences of free radical damage.

(Young et al., 2001)

79.9 %、81.3 %和 28.6 % (DPPH conc. = 30 μ M)，圖八為此六種化合物之化學結構式。

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

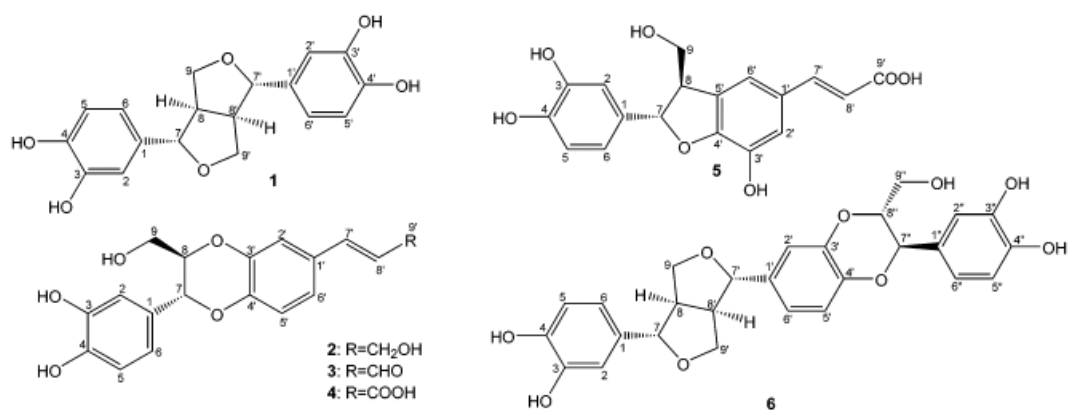
研究指出 noni 果之甲醇萃取物能有效抑制銅誘導之 LDL 氧化 (copper-induced low-density lipoprotein oxidation)，其抑制能力高達 96 %。並從中分離純化得到六種 lignans 化合物，如下列所示：3,3'-bis-demethylpinoresinol (1)、americanol A (2)、americanin A (3)、americanoic acid A (4)、morindolin (5) 和 isoprincepin (6)。而實驗指出化合物 1、2、5 和 6 具有很強的抑制活性，其抑制活性相同或更強於已知的抗氧化劑 2,6-di-*tert*-butyl-*p*-cresol。1-6 化合物之 IC₅₀ 分別為 1.057、2.447、3.704、4.498、2.020 和 1.362 μ M (BHT 之 IC₅₀ 為 2.382 μ M)。並指出 LDL 氧化抑制活性與化合物中之酚類的氫氧基數目有密切相關，圖九為此六種化合物之化學



圖八、Noni 葉子之乙醇萃取物分離出的六種化合物之化學結構式。

Fig. 8. Chemical structures of compounds isolated from ethanol extract of noni leaves.

(Sang et al., 2001 a)



圖九、Noni 果之甲醇萃取物分離出的六種化合物之化學結構式。

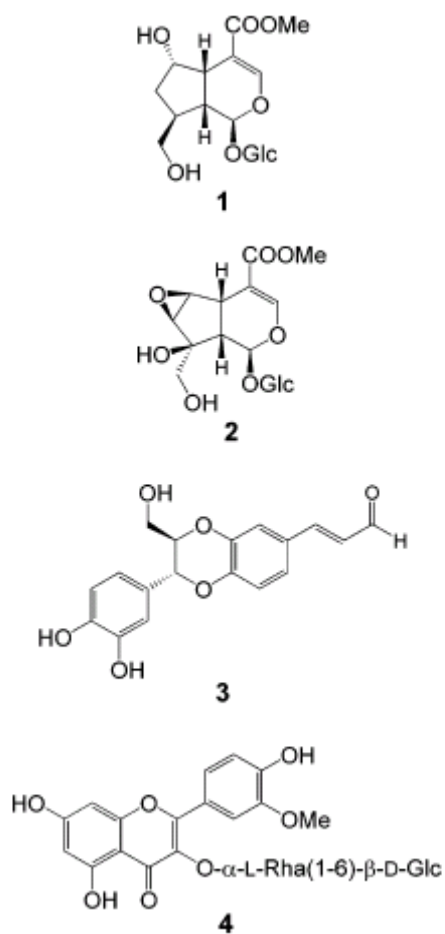
Fig. 9. Chemical structures of compounds isolated from methanol extract of noni fruit.

(Kamiya et al., 2004)

結構式 (Kamiya et al., 2004)。而動脈硬化與低密度脂蛋白之氧化有密不可分的關係，故 noni 果汁可透過抑制低密度脂蛋白之氧化來預防動脈硬化，即具有預防動脈硬化之功效。Jagetia 等 (2004) 亦指出 noni 果之萃取物可以有效清除 NO (nitric oxide) 之能力。

Su 等 (2005) 從 noni 果之甲醇萃取物中分離純化得到二種新的化合物， 6α -hydroxyadoxoside (1) 和 $6\beta,7\beta$ -epoxy-8-*epi*-splendoside (2)，以及十七種已知的化合物，americanin A (3)、narcissoside (4)、asperuloside、asperulosidic acid、borreriagenin、citriofolinin B epimer a、citriofolinin B epimer b、nicotifloroside、cytidine、deacetylasperuloside、dehydromethoxygaertneroside、methyl α -D-fructofuranoside、methyl β -D-fructofuranoside、*epi*-dihydrocornin、D-mannitol、D-glucose 和 β -sitosterol 3-O- β -D-glucopyranoside。並研究證實 americanin A (neolignan) 和 narcissoside (flavonol glycoside) 此兩種化合物具有抗氧化能力。americanin A 具有清除 ONOO⁻ 和 DPPH 自由基之能力 (IC₅₀ = 3.3 μ M 和 16.9 μ M)，narcissoside 亦具有清除 ONOO⁻ 之能力 (IC₅₀ = 3.8 μ M)，圖十為 (1)-(4) 此四種化合物之化學結構式。

Li 等 (2006) 研究 noni 果汁之多醣、乙醇萃取物和乙酸乙酯萃取物清除體外自由基及抗氧化活性之能力，指出 noni 果汁之乙



圖十、 6α -hydroxyadoxoside、 $6\beta,7\beta$ -epoxy-8-*epi*-splendoside、americanin A 和 narcissoside 之化學結構式。

Fig. 10. Chemical structures of 6α -hydroxyadoxoside (1), $6\beta,7\beta$ -epoxy-8-*epi*-splendoside (2), americanin A (3) and narcissoside (4).

(Su et al., 2005)

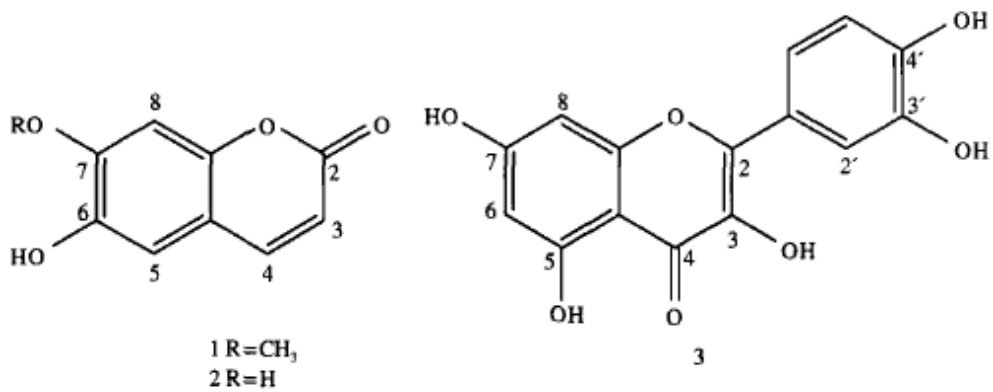
醇和乙酸乙酯萃取物對超氧陰離子具有明顯的清除能力，其清除力分別為 15.91 % 和 22.96 %，而多醣則不具有清除能力，反而會促進超氧陰離子之生成，其清除力為-5.98 % (而相對 1mg /mL L-ascorbic acid 之清除力為 42.54 %)；而 noni 果汁之乙醇和乙酸乙酯萃取物對氫氧自由基亦具有清除能力，其清除力分別為 35.56 %和 90.41 %，而多醣亦具有些微的清除能力，其清除力為 17.55 % (1mg /mL L-ascorbic acid 清除力為 89.76 %)；而 noni 果汁之乙醇和乙酸乙酯萃取物亦具有清除 DPPH 自由基之能力，其清除力分別為 43.18 %和 39.46 % (1mg /mL L-ascorbic acid 清除力為 97.14 %)；而 noni 果汁之多醣、乙醇和乙酸乙酯萃取物亦具有抑制脂質過氧化之能力，其抑制力分別為 5.10 %、9.43 %和 13.50 % (1mg /mL L-ascorbic acid 抑制力為 32.89 %)。

Liu 等 (2007) 研究 noni 果汁之石油醚 (petroleum ether)、乙酸乙酯和正丁醇萃取物之抗氧化能力，發現乙酸乙酯萃取物具有較高的抗氧化能力，36.2 g/mL 乙酸乙酯萃取物可清除 21.6 %之氫氧自由基 (而相對 36.2 g/mL mannitol 則可清除 12.0 %之氫氧自由基)。亦從 noni 果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出三種化合物，為已知的 isoscopoletin、quercetin (3,3',4',5,7-pentahydroxyflavone) 和 aesculetin，並指出此三種化合物對氫氧根自由基和超氧陰離子

具有極佳之清除能力，圖十一為此三種化合物之化學結構式。

Wang 等 (1999) 從 noni 果之乙醇萃取物中分離純化出一種新的 trisaccharide fatty acid ester 化合物，2,6-di-*O*-(β -D-glucopyranosyl)-1-*O*-octanoyl- β -D-glucopyranose (1)，以及兩種已知的化合物，rutin (2) 和 asperulosidic acid (3)，圖十二為此三種化合物之化學結構式。

研究指出 noni 果中之 rutin 化合物在許多抗氧化試驗中都顯示出具有抗氧化能力。在總抗氧化試驗中，0.2 mg/mL rutin 具有 26.2 % 之抗氧化能力 (0.2 mg/mL BHT 則具有 82.2 % 之抗氧化能力)；在還原力試驗中，相同濃度下，rutin 還原力比 ascorbic acid 來得弱，但與 BHT 相近；在超氧離子清除力試驗中，rutin 具有清除超氧陰離子之能力，其 IC_{50} 為 0.16 mg/mL (BHT 之 IC_{50} 為 0.13 mg/mL)；在 DPPH 自由基清除能力試驗中，0.05 mg/mL rutin 具有 92.8 % 之 DPPH 自由基清除力 (0.05 mg/mL BHA 則具有 90.4 % 之 DPPH 自由基清除力)；在過氧化氫清除試驗中，300 μ g/mL rutin 可清除 59.6 % 之氫氧自由基 (300 μ g/mL BHA 則可清除 66.8 % 之氫氧自由基)。除此之外，rutin 也可有效的抑制脂質之過氧化作用，0.5 mg/mL rutin 具有 68.8 % 之抑制率 (0.5 mg/mL ascorbic acid 則具有 26.2 % 之抑制率) (Yang et al., 2008)。

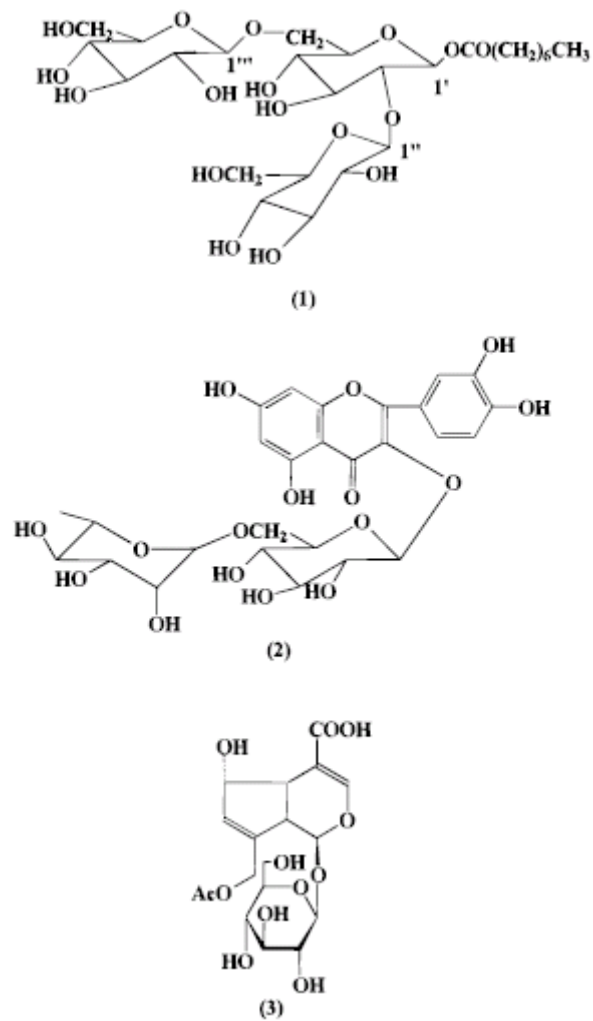


圖十一、Noni果汁之乙酸乙酯萃取物中分離出之化合物1、2和3之結構。

構。1：Isoscoptetin。2：Aesculetin。3：Quercetin。

Fig. 11. Chemical structures of compounds 1, 2 and 3 isolated from EtOAc extract of Xisha noni fruit juice.

(Liu et al., 2007)



圖十二、Noni 果實中分離出之化合物之結構式。

Fig. 12. Structures of compounds identified in the fruits of noni: (1) 2, 6-di-*O*-(β-D-glucopyranosyl-1-*O*-octanoyl-β-D-glucopyranose; (2) rutin; (3) asperulosidic acid.

(Wang et al., 1999)

(二) 抗病毒 (antiviral)

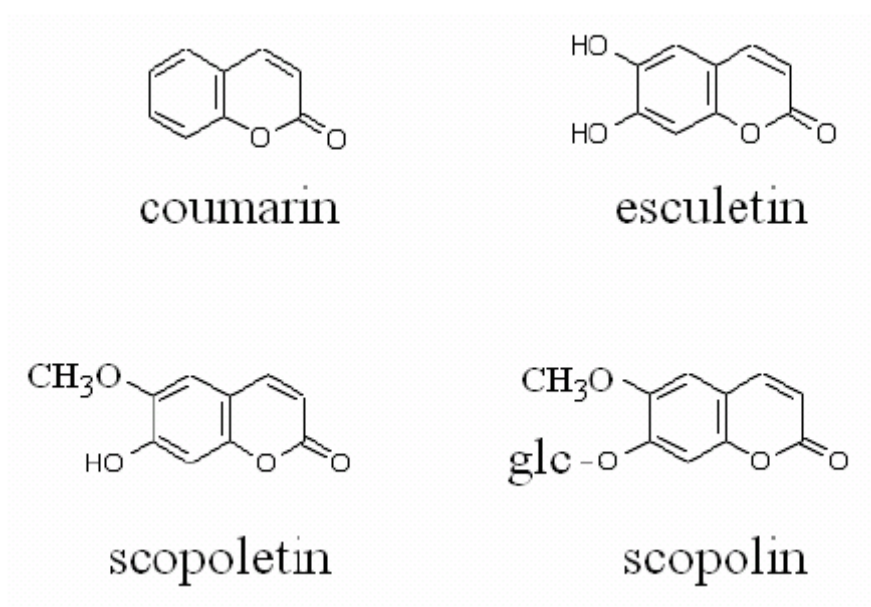
Umezawa 等 (1992) 從 noni 之根部分離出 Damnacanthal (1-methoxy-2-formyl-3-hydroxyanthraquinone) 化合物，發現其可有效抑制 HIV 病毒對 MT-4 細胞株造成的細胞病變 (cytopathic effect)，並且不會抑制細胞之生長，即對愛滋病病毒有抑制之效果。亦有研究證實 noni 果中之 rutin 化合物亦具有抗病毒之作用 (Calabro et al., 2005)。

(三) 抗細菌 (antibacterial)

Raoul (1947) 指出 coumarin (2,3-benzopyrone) (香豆素) 可以有效抑制 *E. coli* 之生長，圖十三為香豆素及其衍生物之化學結構 (楊, 2005)。並有研究指出 noni 果汁可以有效抑制 *M. pyogenes*、*E. coli* 及 *P. aeruginosa* 等之生長 (Bushnell et al., 1950)。

Dittmar (1993) 研究指出成熟之 noni 果實之抑菌效果較未成熟之果實來得佳，亦比新鮮果汁或乾燥之果肉和種子來得好，其抑制效果如表八所示。而研究報告指出 noni 果汁組成成分中之香豆素類的 scopoletin 具有抑制大腸桿菌在腸胃中生長，可以有效抑制大腸桿菌 O157 (NCTC 12900) 之生長 (Duncan et al., 1998)。

Noni 果實中所含之 acubin、L-asperuloside 及 alizarin 與其根中所含之 anthraquinone 皆被證明具有抗菌性，如傳染性細菌：



圖十三、香豆素及其衍生物之化學結構。

Fig. 13. Chemical structures of coumarin and some of its derivatives.

(楊, 2005)

表八、Noni 之抑菌活性

Table 8. Antibacterial activity of noni

test organism	young fruit	ripe fruit	fresh juice	dried pulp	dried seeds*
	(relative activity**)				
<i>Bacillus subtilis</i>	•	++	+	+	+
<i>E. coli</i>	•	++	+	+	•
<i>Proteus morgani</i>	•	•	+	+	+
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	•	++	+	+	•
<i>Salmonella montevideo</i>	0	++	•	•	•
<i>Salmonella schotmuelleri</i>	0	++	0	+	•
<i>Salmonella typhi</i>	++	+++	+	+	0
<i>Shigella dysenteriae</i>	•	•	+	+	•
<i>Shigella flexnerii</i>	•	•	+	+	+
<i>Shigella paradysenteriae BH</i>	++	+++	•	•	•
<i>Shigella paradysenteriae III-Z</i>	++	++	•	•	•
<i>Staphylococcus aureus</i>	•	++	+	+	+

* Methanol extract.

** 0 ineffective ; + effective ; ++ moderately effective ; +++ highly effective ; • has not been tested.

(Dittmar, 1993)

Pseudomonas aeruginosa、*Proteus morgaii*、*Staphylococcus aureus*、*Bacillus subtilis*、*Escherichia coli*、*Salmonella* 及 *Shigella* 的活性。也因為 noni 含有這些物質，所以才會被用於治療皮膚感染、感冒、發燒及其他細菌造成的健康問題 (Wang et al., 2002)。

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

Jayaraman 等 (2008) 研究 noni 果之甲醇、乙酸乙酯和正己烷萃取物之抗菌能力，指出甲醇萃取物之抗菌能力最佳，可以有效抑制所有測試菌之生長，而以正己烷萃取物之抑菌效果最差，如表九所示。

(四) 抗真菌 (anti-fungal)

Rajab 等 (1998) 研究指出 noni 葉中之 (*E*)-phytol 成分能有效抑制真菌之生長。亦有研究指出 noni 果中之 scopoletin 化合物具有抗真菌之作用，能有效抑制 *F. fusiformis* (IC₅₀ = 822.5 ppm)、*F. semitectum* (半裸鐮刀病菌) (IC₅₀ = 469.3 ppm)、*A. alternate* (煙草

表九、Noni 果之萃取物對 G⁺(¹)和 G⁻(²)菌之抑菌能力

Table 9. Antibacterial activity of fruit extracts of *Morinda citrifolia* against gram positive and gram negative bacteria

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

Note: There was no inhibition found in control.

(Jayaraman et al., 2008)

赤星病菌) ($IC_{50} = 305.4$ ppm) 之生長 (Shukla et al., 1999)。

Carpinella 等 (2005) 研究指出 noni 果中之 scopoletin 化合物能有效抑制 *F. verticillioides* (串珠镰刀菌) 之生長，其最小抑制濃度為 1.50 mg/mL， IC_{50} 相當於 0.73 mg/mL。

而 noni 中之 damnacanthal 化合物亦被研究證實能有效抑制 *Trichophyton mentagrophytes* 和 *Sporitrichum schenckii* 之生長，其最小抑制濃度分別為 1.56 μ g/mL 和 6.25 μ g/mL (Singh et al., 2006)。

Jayaraman 等 (2008) 研究 noni 果之甲醇、乙酸乙酯和正己烷萃取物之抗真菌能力，指出甲醇萃取物之抗真菌能力最佳，而以正己烷萃取物之抑菌效果最差，如表十所示。

(五) 抗結核 (anti-tubercular)

研究指出 noni 葉之萃取物在試管實驗中可殺死 89 % 之結核桿菌，而 Rifampicin (主要的抗結核病藥物) 在相同濃度下則可以達到 97 % 之抑制效果，即兩者的效果相近，即證實了 noni 具有抗結核的功效 (American Chemical Society, 2000)。

研究指出 noni 葉之乙醇萃取物能有效抑制 *M. tuberculosis* H37Rv (ATCC 27294) 生長，其濃度 100 μ g/mL 之抑制率可高達 95 %。並從中分離純化出下列化合物，diterpene (*E*)-phytol (1)、

表十、Noni 果之萃取物對真菌之抑菌能力

Table 10. Antifungal activity of fruit extracts of *Morinda citrifolia*

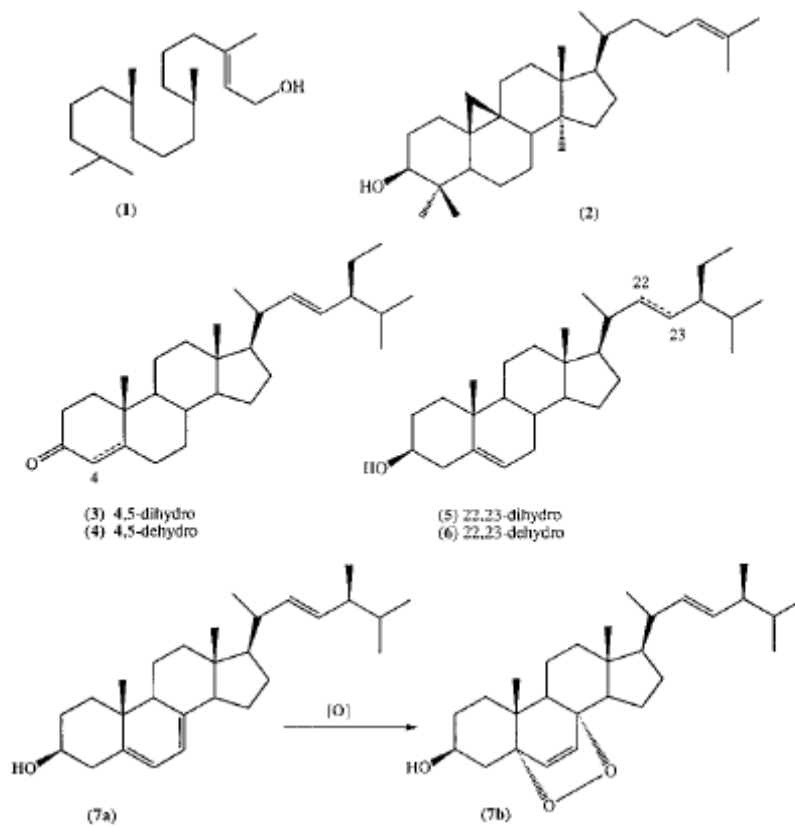
Microorganism	Control (in mm)	Methanol extract (in mm)	% inhibition	Ethyl acetate extract (in mm)	% inhibition	Hexane extract (in mm)	% inhibition
<i>Candida albicans</i>	12 ± 0.0	11 ± 0.0	8.3	11 ± 0.0	8.3	12 ± 0.0	0
<i>Aspergillus niger</i>	67 ± 1.0	60 ± 0.0	10.5	63 ± 0.6	5.9	66 ± 0.6	1.4
<i>Trichophyton 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	48.0	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 ± 1.0	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

(Jayaraman et al., 2008)

triterpene cycloartenol (2)、ketosteroids stigmasta-4-en-3-one (3)、stigmasta-4-22-dien-3-one (4)、 Δ^5 sterols β -sitosterol (5)、stigmasterol (6) 與 $\Delta^{5,7}$ sterol campesta-5,7,22-trien-3 β -ol (7a) 和其自氧化物 epidioxysterol campesta-6,22-dien-5 α ,8 α -epidioxy-3 β -ol (7b)。研究得知此七種化合物皆具有抑制 *M. tuberculosis* 之能力，最小抑制濃度 (minimum inhibitory concentrations, MIC) 分別為 32 μ g/mL (1)、大於 64 μ g/mL (2)、小於 2.0 μ g/mL (3 : 4 = 2 : 1)、128 μ g/mL (5)、32 μ g/mL (6) 和 2.5 μ g/mL (7b)，圖十四為此七種化合物之化學結構式 (Saludes et al., 2002)。

(六) 抗腫瘤 (anti-tumor)

Hirazumi 等 (1994) 發現 noni 果汁含有豐富之多醣體物質 (polysaccharide-rich substance, 又稱為 noni-ppt)，於 Lewis 肺癌模式之老鼠實驗中具抗腫瘤之活性。並經由研究證實 noni-ppt 可有效延長 Lewis 肺癌小鼠的生命 (Hirazumi et al., 1996)。並推測 noni 果汁中之多醣體具有免疫調節之生理功能，可能為透過刺激免疫系統的方式，間接達到抑制腫瘤細胞之生長。而 TNF- α (tumour necrosis factor- α)、IL-1 β (interleukin-1 β)、IL-10、IL-12 p70、IFN- γ (interferon- γ) 和 nitric oxide (NO) 為免疫系統中刺激釋放之調節因子 (Hirazumi and Furusawa, 1999)。



圖十四、Noni 葉之乙醇萃取物中分離出的化合物之結構式。

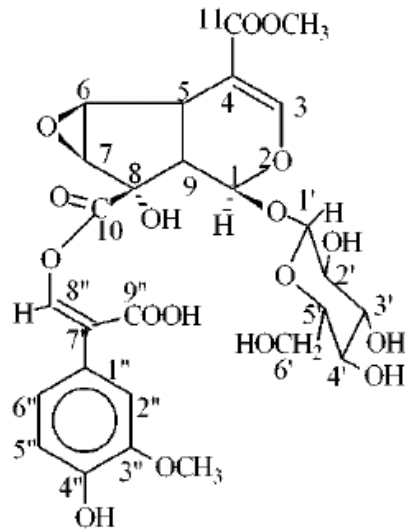
Fig. 14. Chemical structure of compounds isolated from ethanol extract of noni leaves.

(Saludes et al., 2002)

UVB 輻射於人類皮膚癌之發展中扮演主要的角色，為活化腫瘤之起始者和促進者，而 AP-1 (Activator Protein-1) 之執行於腫瘤之促進中扮演關鍵的角色，故若能抑制 UVB-induced Activator Protein-1 (AP-1)，則即能有效抑制腫瘤。而研究指出從 noni 葉子之乙醇萃取物中分離出一種新的 iridoid (環烯醚萜) 類化合物，此化合物稱為 citrifolinoside，可以有效抑制 UVB- induced Activator Protein-1 (AP-1) 之活性 ($IC_{50} = 29.0 \mu M$)，即具有抗腫瘤之功效，圖十五為此化合物之化學結構式 (Sang et al., 2001 b)。

Sang 等 (2001 c) 從 noni 葉子中分離出一種新的 iridoid 類化合物，稱為 citrifolinin A，亦證實於細胞培養中，此化合物具有抑制 UVB-induced Activator Protein-1 (AP-1) 之活性 ($IC_{50} = 69.6 \mu M$)，即具有抗腫瘤之功效，圖十六為此化合物之化學結構式。

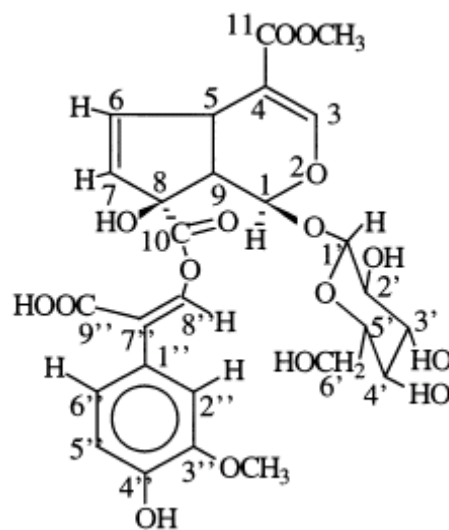
Liu 等 (2001) 從 noni 果汁中分離出一種新的 glycoside 類化合物，6-*O*-(β -D-glucopyranosyl)-1-*O*-octanoyl- β -D-glucopyranose (A)，和一種已知的化合物，asperulosidic acid (B)，並指出此兩種化合物可以有效抑制小鼠表皮 JB6 細胞中之 TPA (12-*O*-tetradecanoylphorbol-13-acetate) 和 EGF (epidermal growth factor) 所引起之細胞轉化，此抑制作用已被證實與抑制 AP-1 化合物活性相關，即具有抗腫瘤之功效。研究並指出此兩種化合物可阻斷



圖十五、Citrifolinoside 化合物之結構式。

Fig. 15. Structure of citrifolinoside compound.

(Sang et al., 2001 b)



圖十六、Citrifolinin A 化合物之結構式。

Fig. 16. Structure of citrifolinin A compound.

(Sang et al, 2001 c)

c-Jun (JNKs 之基質) 磷酸化，故推測 JNKs (c-Jun N-terminal kinases) 為此兩種化合物之關鍵目標，藉此來調解 AP-1 活性和細胞之轉化，圖十七為此兩種化合物之化學結構式。

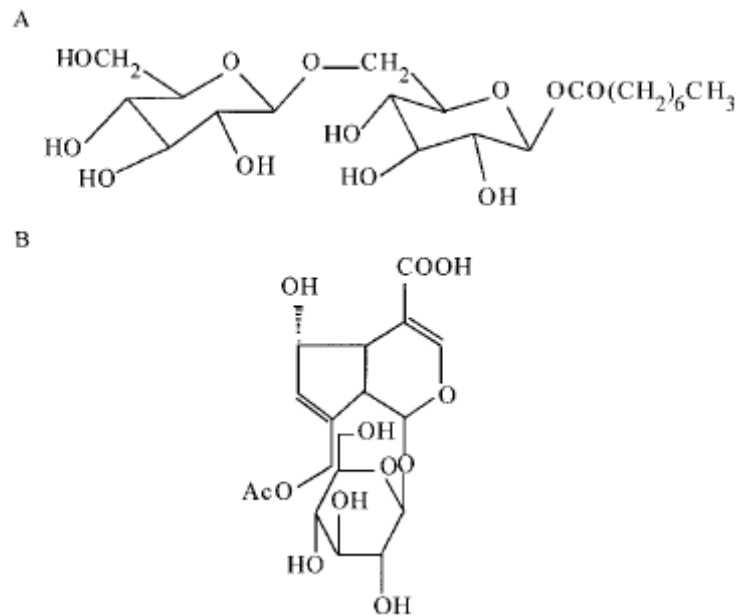
而 noni 果中之 rutin 化合物亦被研究證實具有抗腫瘤之功效 (Calabro et al., 2005)。Jayaraman 等 (2008) 研究 noni 果之甲醇、乙酸乙酯和正己烷萃取物之抑制 HEp2 (human laryngeal epithiloma) 腫瘤細胞之生長能力，研究指出甲醇萃取物之抑制能力最佳，其次為乙酸乙酯萃取物，而正己烷萃取物則幾乎不具抑制之能力。

(七) 抗癌症 (anti-carcinogenic)

研究指出於 DMBA (7, 12-dimethylbenzanthracene) 誘發 C57 BL-6 公鼠腫瘤模式中，noni 果汁可有效地抑制 DMBA-DNA 加成物 (DMBA-DNA adduct) 之形成，而此加成物之形成是化學致癌之起始關鍵，故 noni 果汁具有抑制 DMBA 之致癌作用，而主要之機制可能與其抗氧化之作用有關 (Wang and Su, 2001)。

(八) 降血壓 (hypotensive)

血管收縮素轉化酶 (Angiotensin Converting Enzyme ; ACE) 為人體調節血壓之重要酵素，是造成血管收縮並促使血壓上升之



圖十七、Noni 果汁中分離出之具抗腫瘤之兩種化合物之化學結構式。

A : 6-*O*-(β-D-glucopyranosyl)-1-*O*-octanoyl-β-D-glucopyranose。

B : asperulosidic acid。

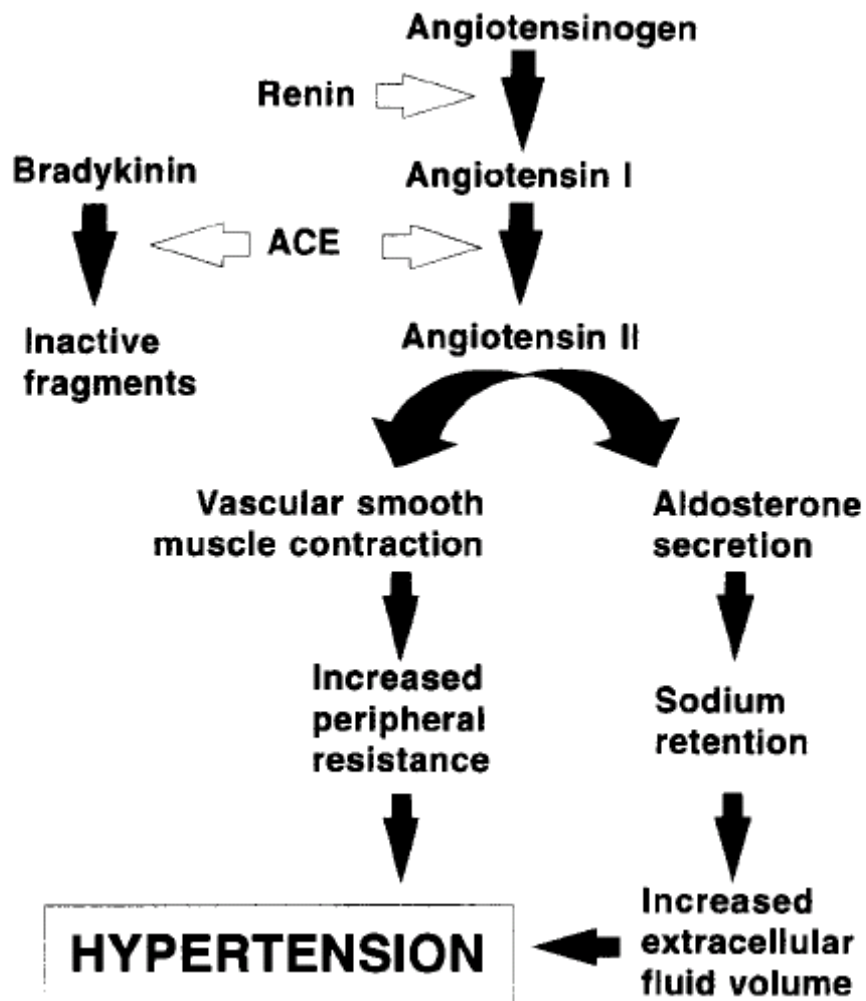
Fig. 17. Chemical structure of anti-tumor compounds A and B isolated from noni juice.

(Liu et al, 2001)

關鍵物質。當血壓降低、腎血流量減少、血液中鈉離子缺乏或交感神經受到刺激時，腎臟會釋放腎素 (renin)，將肝臟分泌之血管收縮素原 (angiotensinogen) 轉變成不具生理活性之血管收縮素 I (angiotensin I)，ACE 可將 angiotensin I 催化形成血管收縮素 II (angiotensin II)，此時會引起血壓之上升，並同時使血管舒張素 (bradykinin) 水解，而失去活性 (Erdos, 1975; Hansen, 1995)，圖十八為血管收縮素轉化酶之作用機制 (Hansen, 1995)。因此若能達到抑制 ACE 之活性，即可達到抗高血壓或降血壓之功能。

食品中之 ACE 抑制物來源大多為食物蛋白之水解產物，如；玉米蛋白 (Miyoshi et al., 1991)、沙丁魚肉蛋白 (Matsui et al., 1993) 與大豆蛋白 (Wu et al., 2002) 等。而植物中之 flavonoids 和 proanthocyanidins 已被證實具有良好之 ACE 抑制活性 (Wagner et al., 1991; Uchida et al., 1987)。Lacaille-Dubois 等 (2001) 研究 proanthocyanidins 和 flavonoids 化合物之 ACE 抑制活性，圖十九為此化合物之化學結構式及其 ACE 抑制率。

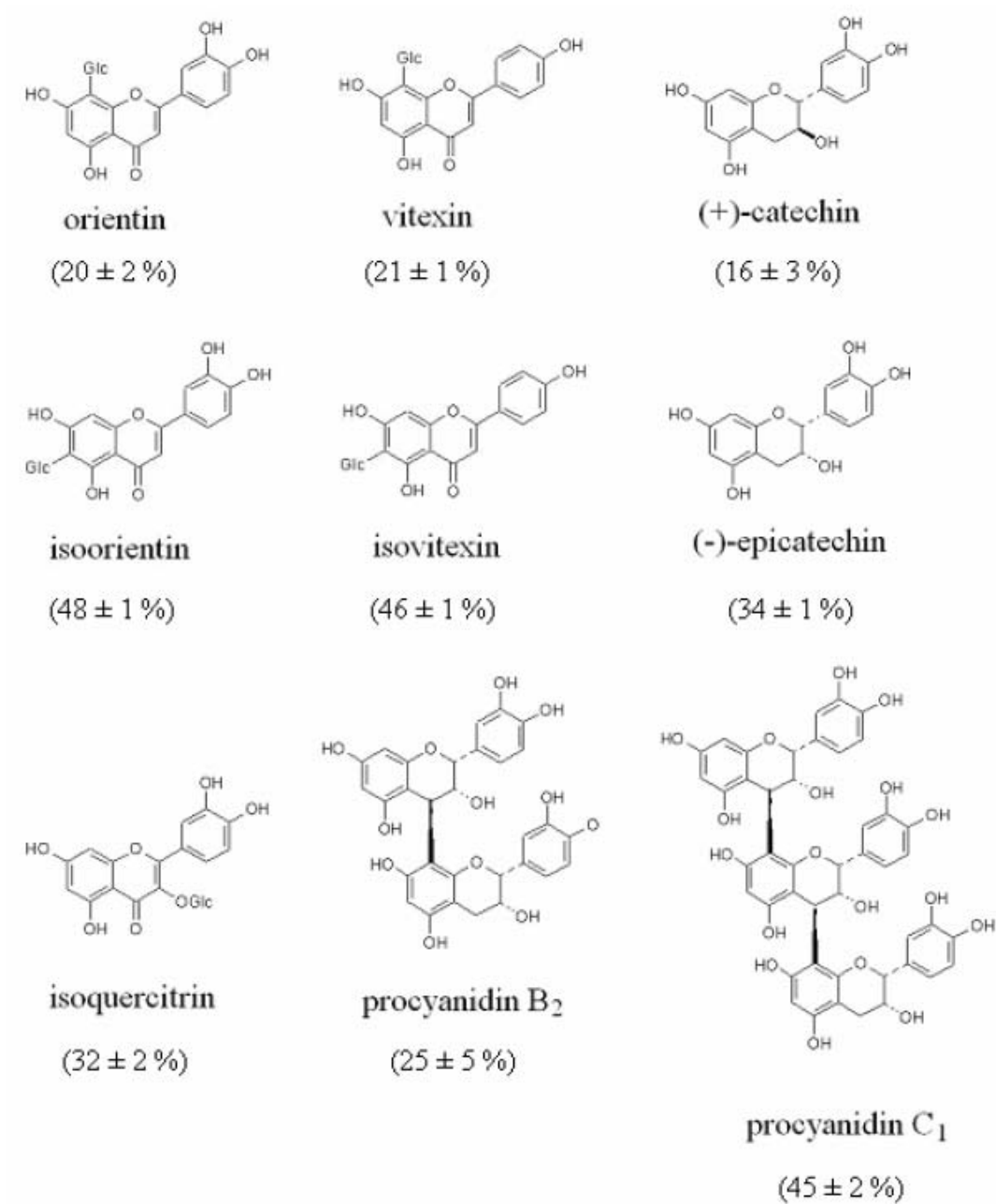
而 Loizzo 等 (2007) 研究亦指出六種類黃酮類化合物具有抑制 ACE 之活性，apigenin ($IC_{50} = 280 \pm 3.2 \mu M$)、luteolin ($IC_{50} = 290 \pm 2.9 \mu M$)、kaempferol-3-*O*- α -arabinopyranoside ($IC_{50} = 320 \pm 4.1 \mu M$)、kaempferol-3-*O*- β -galactopyranoside ($IC_{50} = 260 \pm 3.0 \mu M$)、



圖十八、血管收縮素轉化酶之作用機制。

Fig. 18. The mechanism of angiotensin converting enzyme.

(Hansen, 1995)



圖十九、具 ACE 抑制活性之類黃酮與前花青素之化學結構及其抑制率。

Fig. 19. Chemical structures of some flavonoids and proanthocyanidins and their ACE inhibitory activity.

(Lacaille-Dubois et al., 2001)

quercetin-3-*O*- α -arabinopyranoside ($IC_{50} = 310 \pm 2.2 \mu M$) 和

luteolin-7-*O*- β -glucopyranoside ($IC_{50} = 280 \pm 3.4 \mu M$)。

此外，研究發現 hydrolyzable tannins (Ueno et al., 1988)、xanthenes (Chen and Lin, 1992)、fatty acid (Morota et al., 1987) 和 terpenoids (Morigawa et al., 1986; Hansen et al., 1996) 等亦具有抑制 ACE 之活性。

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

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

(九) 抗炎症 (anti-inflammatory)

許多疾病皆與發炎反應有關，例如：氣喘、關節炎、風濕病、發燒、水腫、傳染病和蛇咬傷等等。研究指出 noni 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 = 241 µg/mL；indomethacin 其 IC₅₀ = 1.2 µg/mL) (Li et al.,2003)。

Yu 等 (2004) 研究指出 noni 果汁中之主要抗炎症物質包括 scopoletin、quercetin 及 ursolic acid，可有效地抑制發炎相關因子之產生，如：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)。Quercetin 可有效地抑制 IL-6 之活性，scopoletin 則主要抑制 MPO 及 PGE₂ 之活性，而此兩化合物皆可適度地抑制 IL-1β 之活性，藉此達到抗發炎之作用。而 Najid 等 (1992) 指出 ursolic acid 可以抑制人白細胞彈力蛋白酶 (human leukocyte elastase；HLE)、5-脂肪氧合酵素 (5-lipoxygenase) 和 cyclooxygenase 之活性，藉此達到抗發炎之作用。而 Calabro 等 (2005) 也指出，noni 果中之 rutin 化合物亦具有抗發炎之功效。

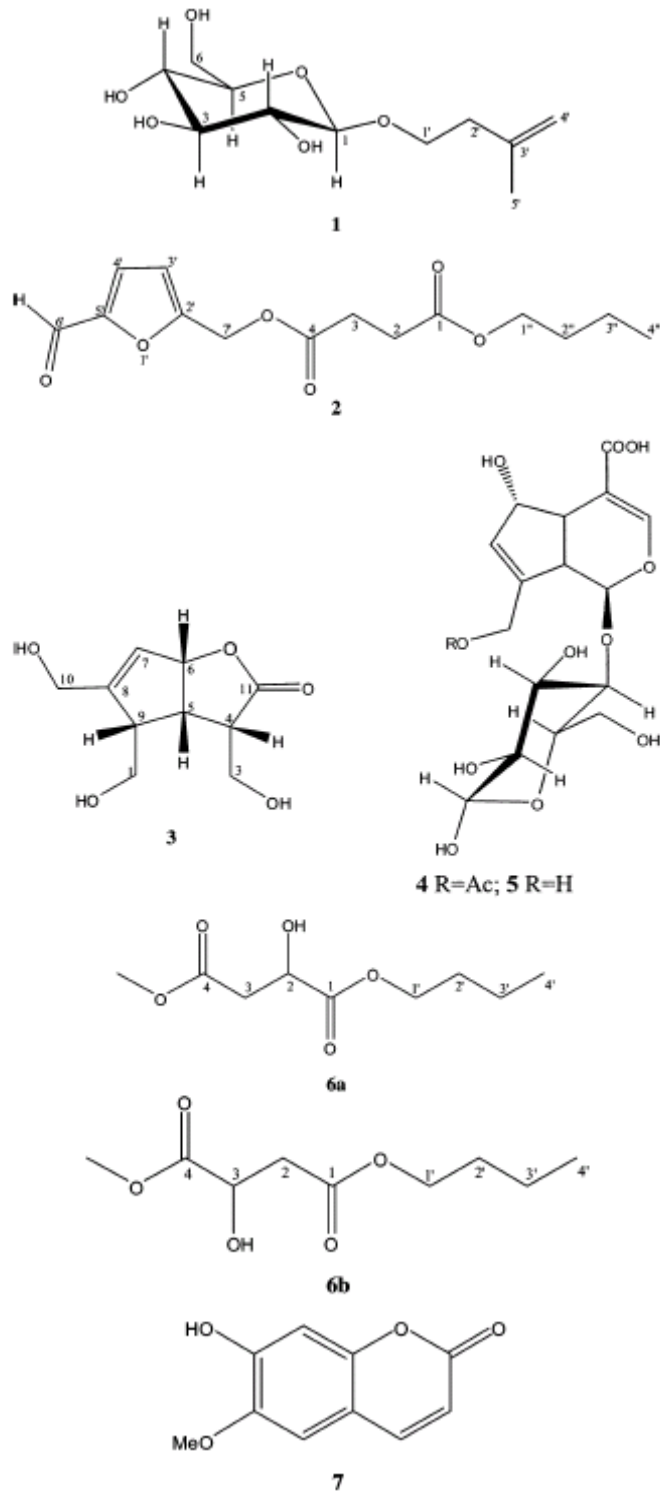
六、 Noni 果汁之品質指標

Noni 果在傳統使用上具有很長之歷史，現今大量之商業性的 noni 果汁被普及地當作飲食之補充，並聲稱具有抗癌症和免疫刺激活性等多功能性。因此，noni 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。Samoylenko 等 (2006) 即進行探討 noni 果汁之品質指標化合物，從 noni 果汁之正丁醇萃取物中分離純化得到三種新的品質指標化合物，1-*O*-(3'-methylbut-3'-enyl)- β -D-glucopyranose (1)、1-*n*-butyl-4-(5'-formyl-2'-furyl) methyl succinate (2) 和 4-*epi*-borrerriagenin (3)，以及四種已知的品質指標化合物，iridoid glycosides asperulosidic acid (4)、deacetylasperulosidic acid (5)、1-*n*-butyl-4-methyl-2-hydroxysuccinate (6a) 與 1-*n*-butyl-4-methyl-3-hydroxy-succinate (6b) 混合物和 scopoletin (7)。此七種化合物皆可被用來當作商業性 noni 果汁之品質控制的指標，圖二十為此七種化合物之化學結構式。

七、 多酚類化合物

(一) 酚類 (phenol)

酚類化合物是植物中廣泛存在的成分，種類超過 8000 種，其酚型構造上帶有數個羥基，此羥基與體內的抗氧化有關，主要



圖二十、從 noni 果汁中分離出具指標性之化合物之化學結構式。

Fig. 20. Structures of marker compounds isolated from noni juice.

(Samoylenko et al., 2006)

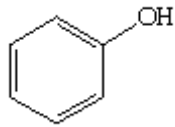
包括酚酸 (phenolic acids)、類黃酮 (flavonoids) 及鞣質 (tannins) 等，圖二十一為酚類之基本結構。許多文獻指出酚類化合物的含量與抗氧化能力有高度的正相關，不但可以抑制油脂自氧化，也具有清除自由基之抗氧化能力 (Duh et al., 1999)。

(二) 類黃酮 (flavonoid)

類黃酮是由三個環狀結構的 diphenyl propane ($C_6-C_3-C_6$) 型式所構成，屬於多酚類化合物的一種，廣泛存在於植物組織中，尤其是葉、花、果實和種子等，圖二十二為類黃酮之基本結構。依其結構差異性可分為黃酮 (flavones)、黃酮醇 (flavonols)、黃烷酮 (flavanones)、黃烷醇 (flavanols)、異黃酮 (isoflavones)、黃烷醇醇 (flavanonols) 及花青素配質 (anthocyanidins) 等七大類，如圖二十三所示 (Pietta, 2000)。

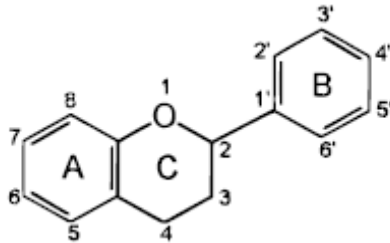
(三) 鞣質 (單寧, tannins)

單寧是一種特殊的酚類化合物，是由一些非常活躍的基本分子透過縮合或聚合作用形成的，為單體多酚聚合而成的低聚體或多聚體，統稱單寧類物質，而大部分的單寧是由類黃酮類化合物轉換的。根據單寧的單體分子及單體分子之間的架構可分為水解型單寧 (hydrolysable tannins) 和縮合型單寧 (condensed tannins)



圖二十一、酚類之基本結構。

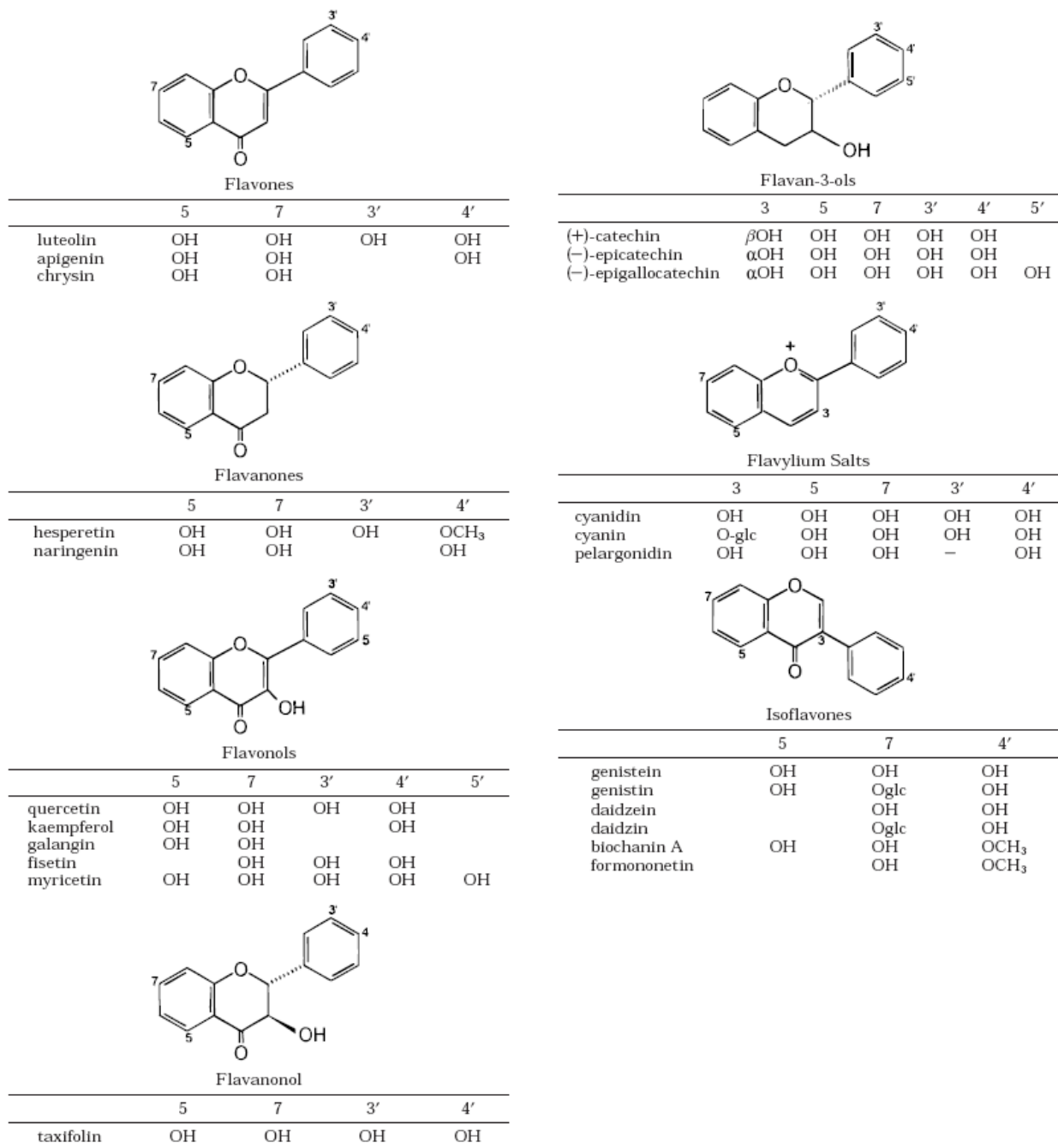
Fig. 21. Basic phenol structure.



圖二十二、類黃酮之基本結構。

Fig. 22. Basic flavonoid structure.

(Pietta, 2000)



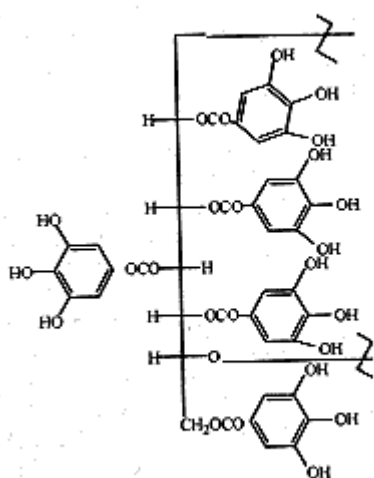
圖二十三、類黃酮之結構。

Fig. 23. Structures of flavonoids.

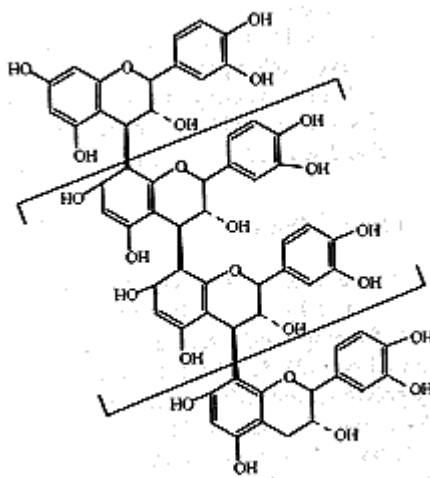
(Pietta, 2000)

，圖二十四為單寧之基本結構。按照其分子質量可分為單寧化合物（相對分子量 500-3000 dalton）和不具功能的非單寧化合物（相對分子量 < 500 或 > 3000 dalton）。研究指出單寧類不僅具有良好的抗氧化性，還具有其他生理活性，如抗癌作用和抗突變活性。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。

(a)



(b)



圖二十四、單寧之基本結構。(a)：水解型單寧。(b)：聚合型單寧。

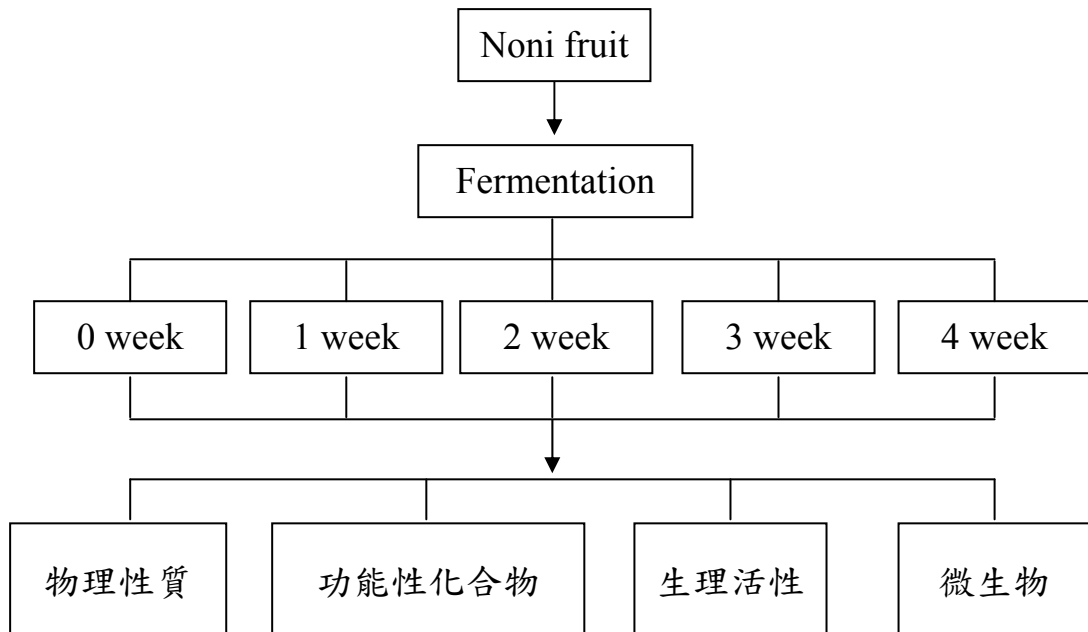
Fig. 24. Basic tannin structure. (a): hydrolysable tannins. (b): condensed tannins.

(<http://www.bentham.org/cmciema/sample/cmciema1-1/vaya/f3.gif>)

參、材料與方法

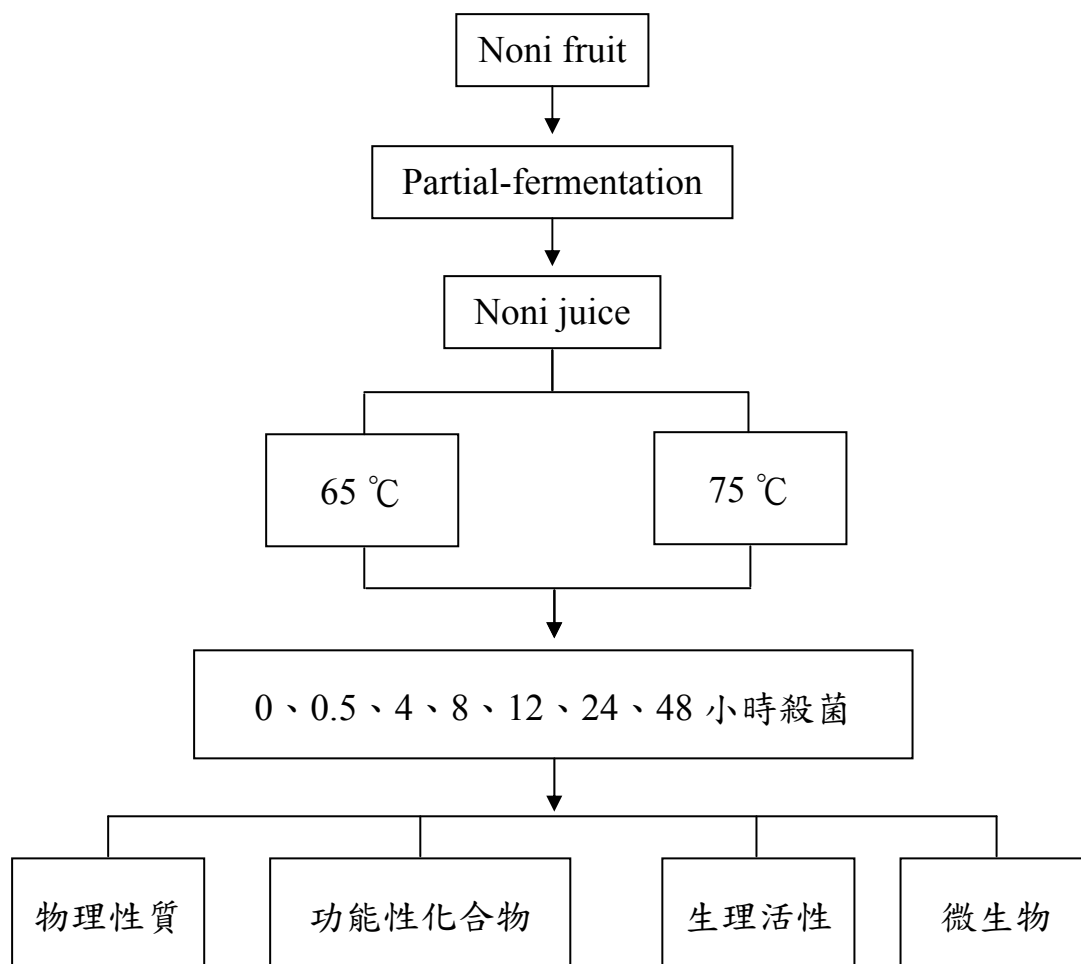
一、 實驗架構：

第一部份：部份發酵實驗



- | | | | |
|-----------|-----------------------|-------------|---------|
| 1. 果汁產率 | 1. 總酚類化合物含量 | 1. 抗氧化性 | 1. 總生菌數 |
| 2. 色澤 | 2. 類黃酮含量 | TEAC | |
| | | DPPH | |
| 3. pH 值 | 3. 縮合單寧含量 | 2. ACE 抑制活性 | |
| 4. 有機酸含量 | 4. scopoletin 及其衍生物含量 | | |
| 5. 總固形物含量 | 5. rutin 含量 | | |

第二部份：殺菌實驗



1. 色澤

2. pH 值

1. 總酚類化合物含量

2. 縮合單寧含量

3. scopoletin 及其衍生物含量

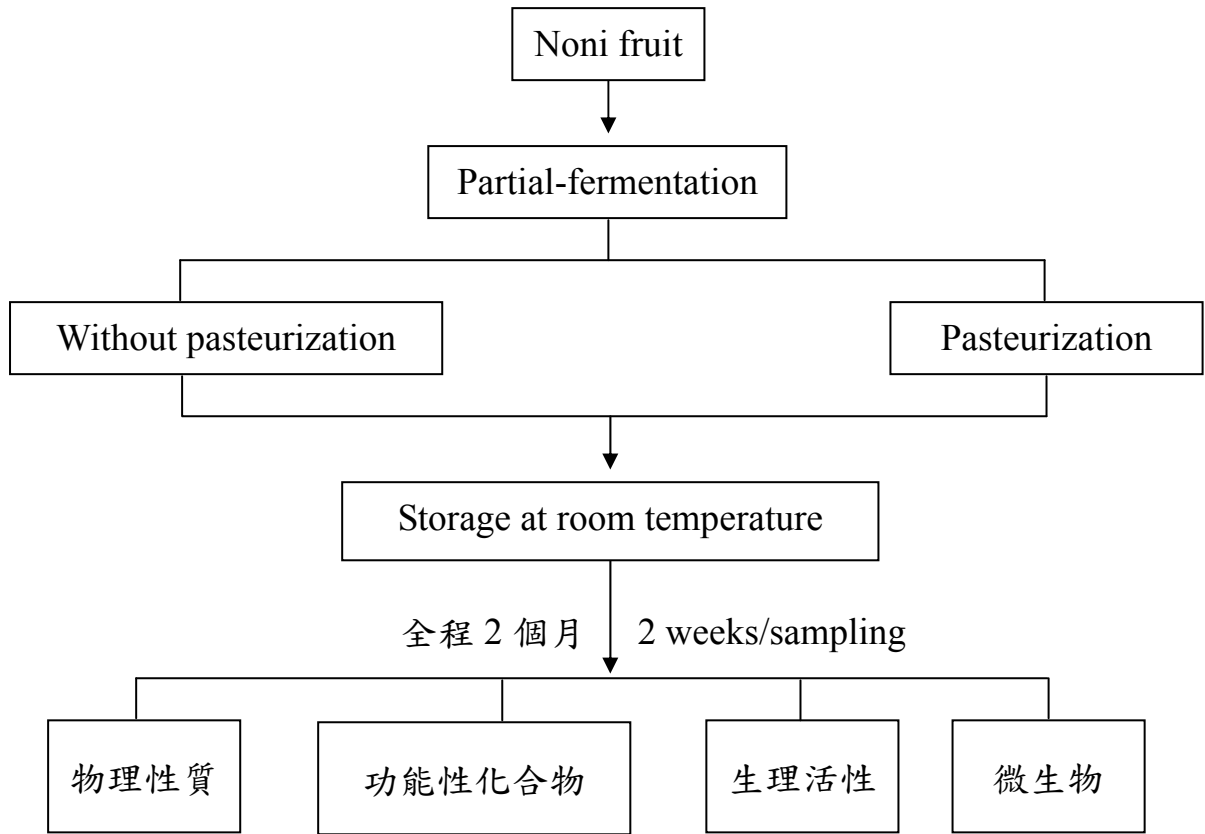
4. rutin 含量

1. 抗氧化性

TEAC

1. 總生菌數

第三部份：儲藏實驗



1. 色澤

2. pH 值

3. 有機酸含量

1. 總酚類化合物含量

2. 類黃酮含量

3. 縮合單寧含量

4. scopoletin 及其衍生物含量

5. rutin 含量

1. 抗氧化

TEAC
DPPH

2. ACE 抑制活性

1. 總生菌數

二、 實驗材料：

新鮮的 noni 果實由珍果生技股份有限公司提供。

三、 試劑與試藥：

1. Potassium acetate ($\text{KC}_2\text{H}_2\text{OOH}$)、sodium chloride (NaCl)、sodium carbonate (Na_2CO_3)、sodium tetraborate ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)、sulfuric acid (H_2SO_4)、trifluoroacetic acid (TFA) 購自 Riedel-deHaën, Germany。
2. Angiotensin converting enzyme (ACE from rabbit lung, EC 3.4.15.1)、2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)、butylated hydroxyanisole (BHA)、(+)-catechin、2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH)、L-(+)-lactic acid、Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (HHL)、DL-malic acid、4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde (vanillin)、peroxidase (from horseradish)、quercetin 購自 Sigma, U.S.A.。
3. 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid (trolox)、Gallic acid 購自 Aldrich, U.S.A.。
4. Folin-Ciocalteu's phenol reagent 購自 Sigma-Aldrich, U.S.A.。

5. Methyl alcohol (MeOH, HPLC grade) 購自 Mallinckrodt, U.S.A.。
6. Aluminium nitrate ($\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)、hydrogen peroxide (H_2O_2) 購自 Merck, Germany。
7. Acetonitrile (CH_3CN , HPLC grade) 購自 J. T. Baker, U.S.A.。
8. Scopoletin 購自 ACROS, U.S.A.。
9. Plate count agar 購自 HIMEDIA, India。
10. Boric acid (H_3BO_3) 購自 林純藥工業株式會社, Japan。
11. Ethyl alcohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 購自 OSAKA 島久藥品株式會社, Japan。
12. Hydrochloric acid (conc. HCl) 購自 聯工化學試藥, Taiwan。
13. L-(+)-tartaric acid 購自 臺偉實業有限公司, Taiwan。

四、 儀器設備：

(一) 部份發酵 noni 果汁製備之儀器設備：

發酵罐：G-706 優鮮密封罐 (圓)，聯府塑膠股份有限公司，
Taiwan。

榨汁機：BRAUN MP80, Germany。

高速低溫離心機：himac，CR 22G II，HITACHI，Japan。

豆腐用壓台：型號-F200，永順利食品機械有限公司，

Taiwan。

(二) 部份發酵 noni 果汁加熱之儀器設備：

恆溫水浴槽：HOTECH[®]，HOTECH INSTRUMENTS CORP.

(和德科儀企業有限公司)，Taiwan。

(三) 物理性質之儀器設備：

烘箱：SHEL LAB[®]，SHELDON MANUFACTURING INC.，

USA。

pH meter：PHM82 STANDARD pH METER，RADIOMETER

COPENHAGEN，Denmark。

色差儀：UV-VISIBLE RECORDING

SPECTROPHOTOMETER UV-2100，Shimadzu，

Japan。

(四) 有機酸含量測定之儀器設備：

高效能液相層析儀 (HPLC)：

Pump：765 HPLC COMPACT POMP，ALCOTT，

Switzerland。

Oven : ENSHINE SUPER CO-150 , HONG YU

INSTRUMENT CO., LTD (弘宇儀器有限公司) ,

Taiwan 。

Column : Transgenomic™ IC Sep ICE-ORH-801 , 300 mm ×

6.5 mm , Transgenomic, Inc. , USA 。

Integrator : Chromatocorder 21 , SYSTEM INSTRUMENTS

CO., LTD , Japan 。

Detector : RI DETECTOR , ERC-7515A , ERC INC. , Japan 。

穩壓器 : LAI LAI (徠徠企業玉麟科技有限公司) , Taiwan 。

(五) 功能性化合物含量與抗氧化能力測定之儀器設備：

微量高速離心機 : MIKRO 20 , Hettich ZENTRIFUGEN ,

Germany 。

分光光度計 : UV-2100 , Unicon , USA 。

(六) Rutin、scopoletin 及其衍生物含量測定之儀器設備：

高效能液相層析儀 (HPLC) :

Pump : Agilent 1100 series Quaternary Pump , Germany 。

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

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

Phenomenex[®] , 4 micron , USA ◦

Integrator : Chromatocorder 21 , SYSTEM INSTRUMENTS

CO., LTD , Japan ◦

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

(七) ACE 抑制活性測定之儀器設備 :

微量高速離心機 : MIKRO 20 , Hettich ZENTRIFUGEN ,

Germany ◦

恆溫水浴槽 : HOTECH[®] , HOTECH INSTRUMENTS

CORP. , Taiwan ◦

高效能液相層析儀 (HPLC) :

Pump : Agilent 1100 series Quaternary Pump , Germany ◦

Degasser : 4 channel degasser , GASTORR AG-14 , Japan ◦

Column : LiChrospher[®] 100 RP-18e , 250 × 4 mm , 5 μ m ,

Agilent Technologies , Germany ◦

Integrator : Chromatocorder 21 , SYSTEM INSTRUMENTS

CO., LTD , Japan ◦

Detector : UV-Vis Detector S-3702 , Soma , Japan ◦

(八) 總生菌數測定之儀器設備 :

單門式高壓滅菌鍋：Model-YTM，YANG TA MIN

INSTRUMENT CO., LTD (永大明儀器股份有限公司)，Taiwan。

水平式無菌操作台：Model-TW 14U，LIAN SHEN

ENTERPRISE CO., LTD (亮盛企業有限公司)，Taiwan。

恆溫培養箱：FIRSTEKT，Model-TG5，一升科技股份有限公司，台灣。

菌落計數器：colony counter 570，SUNTEX，Taiwan。

五、 部份發酵 noni 果汁之製備：

新鮮 noni 果實經自來水清洗，並使用軟毛刷刷洗果實表面凹陷處，鋪平於室溫下自然風乾。待果實完全熟化 (約 1-2 天)，將果實切開一分為四，分別置入發酵罐內進行發酵。發酵時間分別為期 0、1、2、3 和 4 週，發酵後經離心機離心和壓榨機壓榨，所得液體即為部份發酵 noni 果汁。

六、 部份發酵 noni 果汁之加熱殺菌：

將 noni 果汁分成兩組，分別進行 65 °C 和 75 °C 加熱殺菌，加熱時間為期 0、0.5、4、8、12、24 和 48 小時。

七、 物理性質：

(一) noni 果汁產率

將不同發酵時間之 noni 果實進行離心壓榨，計算所得之果汁量。表示方法為： $\text{noni 果汁重} / \text{noni 果實重} \times 100\%$ 。

(二) 可溶性固形物重

取不同發酵時間之 noni 果汁 (各 3 盤，每盤 15 mL)，放入烘箱內烘乾至恆重，計算 noni 果汁之可溶性固形物重。表示方法為： $\text{noni juice soluble solid weight (g)} / \text{noni juice weight (g)} \times 100\%$ 。

(三) pH 值分析

利用酸鹼度計，依據電位差之原理測定 noni 果汁其酸鹼值之變化。

(四) 色澤分析

藉由色差儀測定 noni 果汁之顏色變化，分別以 L^* 、 a^* 和 b^* 值表示。 $L^*=100$ 時表全白，0 時表全黑； $+a^*$ 表越傾向紅色， $-a^*$ 表越傾向綠色； $+b^*$ 表越傾向黃色， $-b^*$ 表越傾向藍色。

(五) 有機酸含量分析

使用高效液相層析儀 (High performance liquid chromatography, HPLC) 分析 noni 果汁中主要有機酸之含量。

分析條件如下：

Column: Transgenomic™ IC Sep ICE-ORH-801, 300 × 6.5 mm。

Oven temp : 35 °C 。

Mobile phase : 0.01 N H₂SO₄ 。

Flow rate : 0.65 mL/min 。

Detector : RI detector 。

計算：以 tartaric acid、malic acid 和 lactic acid 標準品製作標準曲線 (附錄一至三)。Noni 果汁酸之含量由此標準曲線求得，以 mg acid/mL noni juice 表示。

八、 功能性化合物含量測定：

(一) 總酚類化合物之含量測定 (Total phenolic determination)

參考：Julkunen-Titto (1985) 的方法測定之。

原理：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 735 nm 下有吸光。

方法：取 50 μL 之 noni 果汁，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，而後以分光光度計測波長 735 nm 之吸光值。以不添加 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 之試驗當作空白對照組。

計算：以 gallic acid 為標準品，並製作標準曲線 (附錄四)。

Noni 果汁中總酚類化合物之含量由此標準曲線求得相對 gallic acid 之量，以 mg gallic acid equivalent/mL noni juice 表示。

(二) 類黃酮之含量測定 (Flavonoid determination)

參考：唐等 (1996) 和鍾 (2003) 的方法測定之。

原理：類黃酮化合物於鹼性條件下可與硝酸鋁形成穩定的紅色錯合物，並於波長 415 nm 下有吸光。

方法：取 250 μL 之 noni 果汁，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，而後以分光光度計測波長 415 nm 之吸光值。以不添加硝酸鋁之試驗當作空白對照組。

計算：以 quercetin 為標準品，並製作標準曲線 (附錄五)。

Noni 果汁中類黃酮之含量由此標準曲線求得相對

quercetin 之量，以 μg quercetin equivalent/mL noni juice 表示。

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

參考：Julkunen-Titto (1985) 的方法測定之。

原理：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，並於波長 500 nm 下有吸光。

方法：取 100 μL 之 noni 果汁，加入 1 mL 4 % vanillin (w/v in MeOH)，避光搖勻，再加入 500 μL conc. HCl，均勻混合，於室溫下靜置 20 分鐘，而後以分光光度計測波長 500 nm 之吸光值。以不添加 vanillin 之試驗當作空白對照組。

計算：以(+)-catechin 為標準品，並製作標準曲線 (附錄六)。

Noni 果汁中之縮合單寧含量則由此標準曲線求得相對(+)-catechin 之量，以 mg (+)-catechin equivalent/mL noni juice 表示。

(四) Rutin、scopoletin 及其衍生物之含量測定

使用高效液相層析儀 (High performance liquid chromatography, HPLC) 分析 noni 果汁之 rutin、scopoletin 及其

衍生物之含量。

分析條件如下：

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

Phenomenex。

Mobile phase：

0-75 min：100 % dd. H₂O \rightarrow 25 % acetonitrile

75-85 min：25 % acetonitrile \rightarrow 0 % acetonitrile

Flow rate：1 mL/min。

Detector：UV 340 nm。

計算：以 rutin 和 scopoletin 標準品製作標準曲線（附錄七、

八）。Noni 果汁中之 rutin、scopoletin 及其衍生物含量

則由此標準曲線求得，分別以 μg rutin/mL noni juice、

μg scopoletin/mL noni juice 和 μg scopoletin

derivative/mL noni juice 表示。

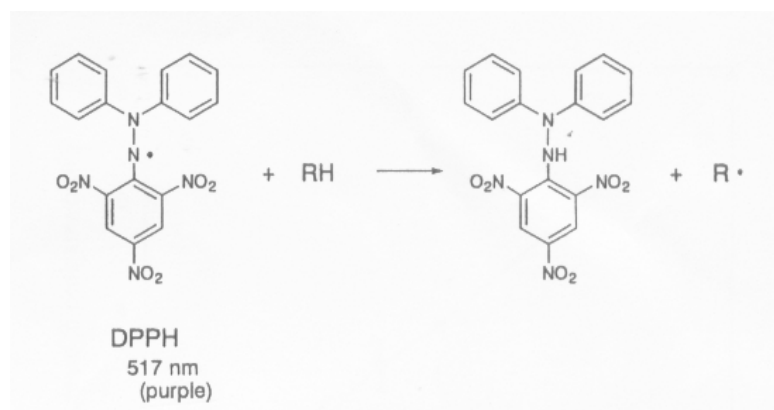
九、 生理活性：

（一） 抗氧化性

1. DPPH 自由基之清除能力

參考：Shimada et al. (1992) 的方法測定之。

原理：DPPH 自由基之甲醇溶液為深紫色，於波長 517 nm 下有最大之吸光值，常用來評估抗氧化物其提供氫的能力。當樣品具有抗氧化能力時，則能清除 DPPH 自由基，而顏色會由深紫色變為淡黃色，吸光值就會下降。若 DPPH 自由基被消除越多，則吸光值就會下降得越多，表示樣品清除 DPPH 自由基的能力就越強。利用相對於控制組之吸光值下降百分比，可判斷樣品清除 DPPH 自由基能力之強弱。反應式如下：



(Yamaguchi et al., 1998)

方法：取 0.6 mL 之 noni 果汁，加入 0.6 mL 0.008 % DPPH 甲醇溶液（新鮮配製），再加入 0.5 mL 去離子水，均勻混合，於室溫下避光靜置 30 分鐘，而後以分光光度計測波長 517 nm 之吸光值。以不添加 DPPH 之試驗作為空白對照組。

計算：以 BHA 為標準品，並製作標準曲線 (附錄九)。Noni

果汁中之抗氧化物含量則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：

$$\text{Radical scavenging (\%)} = [(A_0 - A) \div A_0] \times 100 \%$$

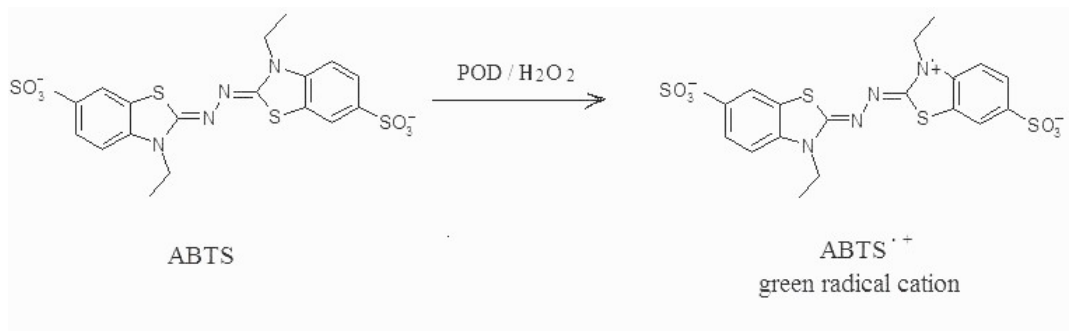
A_0 ：控制組之吸光值

A ：試藥組之吸光值

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

參考：Miller et al. (1993) 及 Arnao et al. (1996) 的方法測定之。

原理：Horseradish peroxidase 會催化 H_2O_2 及 ABTS，反應形成 $\text{ABTS} \cdot^+$ ，此為穩定的藍綠色物質，於波長 734 nm 下具有吸光。當樣品具有抗氧化能力時，則能減少 $\text{ABTS} \cdot^+$ 的量，吸光值就會下降。而吸光值越低，則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 $\text{ABTS} \cdot^+$ 能力之強弱，即可得知樣品之總抗氧化能力的強弱。反應式如下：



方法：將 2,2'-azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)、peroxidase、與 H_2O_2 混合均勻，使最後濃度分別為 $100 \mu\text{M}$ 、 4.4 unit/mL 與 $50 \mu\text{M}$ ，於 30°C 下避光反應 1 小時，使其形成藍綠色穩定的 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 陽離子自由基反應試劑。取 2.25 mL 自由基反應試劑，加入 0.25 mL 之 noni 果汁，均勻混合，於室溫下反應 10 分鐘，而後以分光光度計測波長 734 nm 之吸光值。以不添加 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 陽離子自由基反應試劑之試驗作為空白對照組。

計算：以 trolox 為標準品，並製作標準曲線 (附錄十)。Noni 果汁中之抗氧化物含量則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 $\text{ABTS}^{\cdot+}$ 陽離子自由基清除力計算方法如下：

$$\text{總抗氧化能力 (\%)} = [(\text{Ac} - \text{As}) \div \text{Ac}] \times 100 \%$$

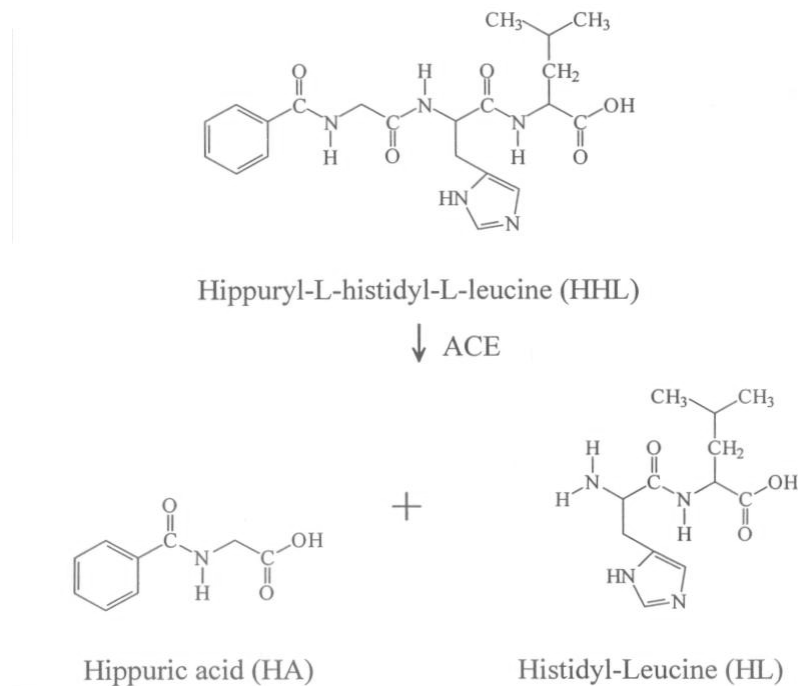
Ac：控制組之吸光值

As：試藥組之吸光值

(二) 血管收縮素轉化酶 (ACE) 之抑制活性測定

參考：Cushman and Cheung (1971) 及蔡 (2004) 的方法測定之。

原理：以 Hippuryl-L-histidyl-L-leucine (HHL) 作為 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)，而 HA 於波長 228 nm 下具有最大之吸光值。倘若具 ACE 抑制物存在時，則能抑制 ACE 之活性，而 HA 及 HL 之生成量則會減少。利用 HPLC 來偵測 HA 單位時間之生成量，即可得知樣品對 ACE 之抑制活性。反應式如下：



方法：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 noni 果汁，於 37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴下預熱 5 分鐘。再加入 15 μL 60 mU/mL ACE 溶液（溶於含 0.4 M NaCl 之 0.1 M 硼酸鈉緩衝液，pH 8.3），於 37 $^{\circ}\text{C}$ 水浴下反應 30 分鐘，接著加入 65 μL 0.1 % TFA 終止反應。經離心（1300 rpm，1 分鐘），以 RP-HPLC 進行分析。分析條件如下：

Column：LiChrospher[®] 100 RP-18e，250 \times 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：ACE 活性抑制百分比計算公式如下：

$$\text{Inhibitory activity (\%)} = [(a - b) \div a] \times 100 \%$$

a：以去離子水取代 noni 果汁反應後之 HA 波峰面積

b：noni 果汁反應後之波峰面積

十、 總生菌數測定

將諾麗果汁經適當的序列稀釋後，以傾倒法 (pour-plate method) 取 1 mL 培養於 PCA (plate count agar)，放置於培養箱內，經 35 °C 培養 48-72 小時後，以菌落計數器計算其菌落數 (CFU/mL)。

十一、 統計分析

本實驗的實驗數據以平均值 ± 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) 與 Duncan's multiple range test 之統計分析，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：部份發酵 noni 果汁製備及性質分析

一、物理性質

1. Noni 果汁之產率 (含離心與壓榨)

Noni 果於成熟過程中軟化並產生汁液，而隨著發酵時間之增加，noni 果汁之產率也隨著發酵時間之增加而增加。Noni 果經不同之時間 (0 至 4 週) 發酵，果汁產率以發酵 4 週之產量最高 (表十一)，產率為 $60.44 \pm 2.61\%$ 。有文獻提出 noni 果經一個月與二個月發酵，果汁產率分別為 57.8 % 和 63.9 % (Newton, 2003)，而實驗結果與文獻中經一個月發酵之果汁產率相近。

2. Noni 果汁之 pH 值

Noni 果經不同之發酵時間 (0 至 4 週)，果汁之 pH 值並沒有很大的差異，pH 值大約都在 3.7 左右 (表十二)，而低的 pH 值則有利於果汁之保存。從文獻可知一般 noni 果汁之 pH 值大約在 3.4-3.9 左右 (European Commission, 2002; Chunhieng, 2003; Newton, 2003)，而實驗結果與文獻相符。

3. Noni 果汁之可溶性固形物含量

表十一、不同發酵時間 noni 果汁之產率

Table 11. The total yields of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (week)	Total yield (%)
0	48.82 ± 0.36 ^c
1	52.46 ± 1.52 ^{bc}
2	53.79 ± 1.67 ^b
3	55.95 ± 0.18 ^b
4	60.44 ± 2.61 ^a

Each value is the mean ± standard deviation ($n = 2$).

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

表十二、不同發酵時間 noni 果汁之 pH 值

Table 12. The pH values of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (week)	pH
0	3.72
1	3.72
2	3.70
3	3.71
4	3.70

Noni 果經不同之發酵時間 (0 至 4 週)，果汁之單位體積中之可溶性固形物含量會有所不同 (表十三)。經 0 至 2 週之發酵，noni 果汁單位體積中之可溶性固形物重會隨著發酵時間之增加而增加，主要是因 noni 果在發酵過程中，其可溶性物質會慢慢釋放至果汁內，發酵時間愈長，可溶性物質會釋放愈多。而經 2 至 4 週之發酵，果汁單位體積中之可溶性固形物重卻趨勢減少，主要原因可能與化合物之聚合沉澱有密切相關。

4. Noni 果汁之色澤

從實驗結果 (圖二十五) (附錄十一、十二) 可以得知隨著發酵時間之增長，noni 果汁之 L* 值逐漸下降，即 noni 果汁隨著發酵時間之增長而顏色越深；而 noni 果汁之 a* 值逐漸上升，即 noni 果汁隨著發酵時間之增長而顏色越紅；而 noni 果汁之 b* 值上升，即 noni 果汁隨著發酵時間之增長而顏色越黃。故發酵時間之長短對 noni 果汁之顏色有很大的影響，發酵時間越長，則 noni 果汁之顏色就越深。文獻指出紅酒之縮合單寧化合物與顏色之紅色度值有正相關 (Recamales et al., 2006)，由此推測 noni 果汁之顏色變化可能與縮合單寧之增加或褐變有密切相關。

5. Noni 果汁中主要有機酸之含量

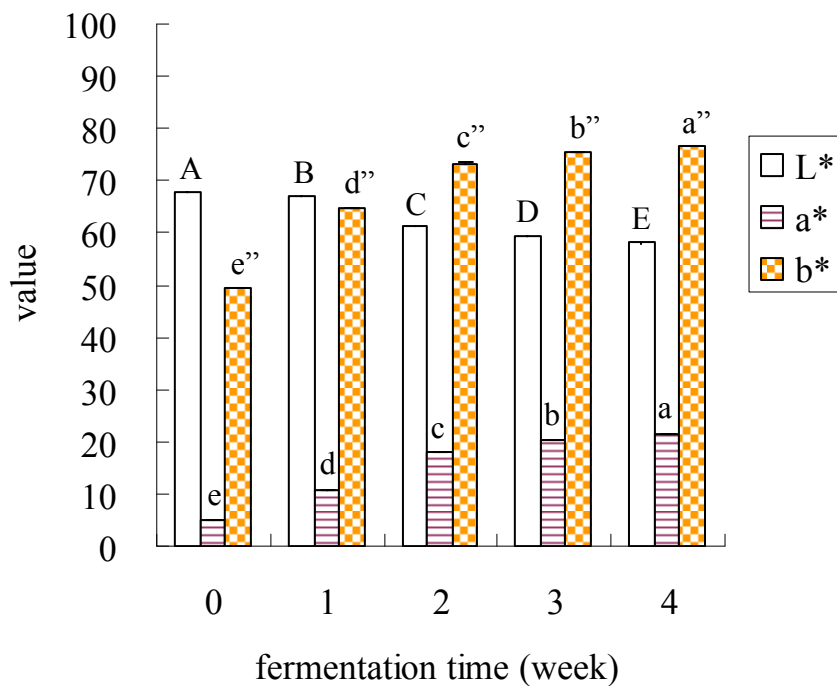
表十三、不同發酵時間 noni 果汁之可溶性固形物重量變化

Table 13. The change of soluble solid weights in noni juice at different fermentation time

Fermentation time (week)	Soluble solid weight (g) / juice weight (g) *100 %
0	9.05 ± 0.04 ^c
1	9.21 ± 0.03 ^b
2	9.71 ± 0.06 ^a
3	8.98 ± 0.07 ^c
4	8.73 ± 0.03 ^d

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

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



圖二十五、不同發酵時間 noni 果汁之色澤變化。

Fig. 25. The change of color values of noni juice at different fermentation time.

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

^{A-E} Mean in the same bar (L*) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

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

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

從實驗結果 (圖二十六)(附錄十一) 可以得知 noni 果汁內並不具有乳酸存在，因此發酵過程中並無乳酸菌明顯參與果汁之發酵，而從實驗可知 noni 果汁主要有機酸為酒石酸 (tartaric acid) 和蘋果酸 (malic acid)。而酒石酸、蘋果酸和檸檬酸為葡萄酒主要含有之有機酸，提供葡萄酒酸味之主要有機酸，與葡萄酒之酸味有密切相關。Noni 果汁之酸味可能來自於酒石酸和蘋果酸，其 pH 值可能與酒石酸有密切相關，而低的 pH 值能抑制不受歡迎之腐敗菌之生長，以利保存。而於 0 至 4 週之發酵過程中，可以得知 noni 果汁中之主要有機酸並沒有明顯的改變。

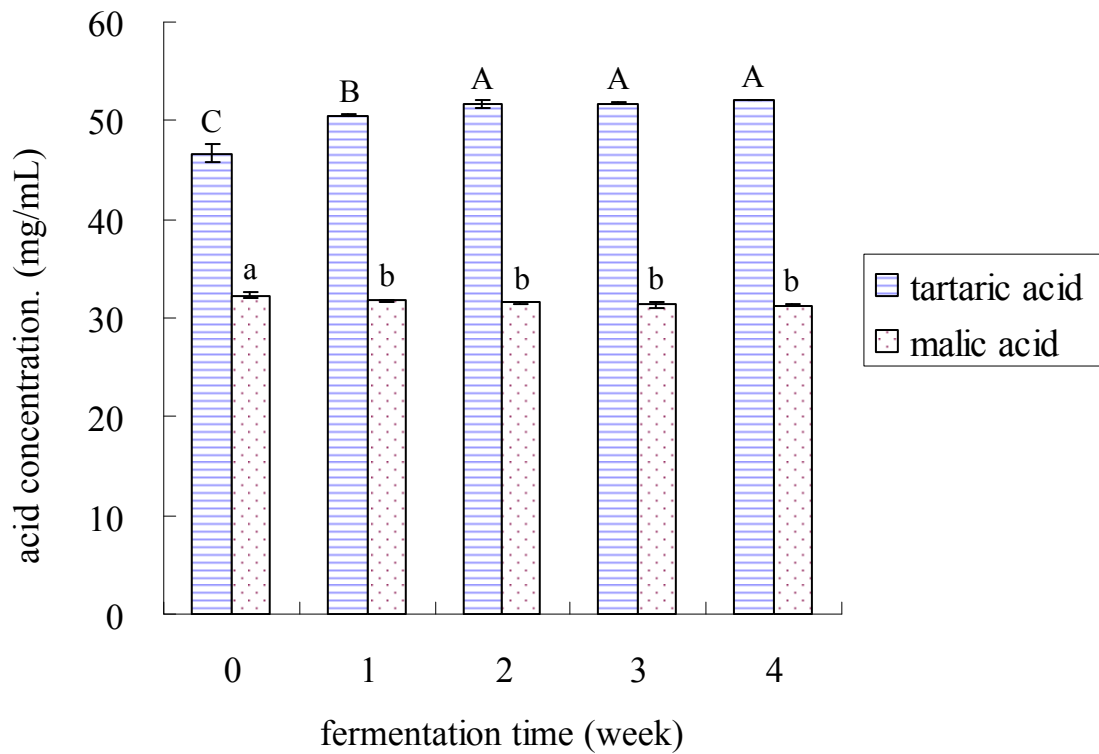
二、 功能性化合物含量

1. 總酚類化合物含量測定

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行總酚類化合物含量分析，從實驗結果 (圖二十七)(附錄十三) 顯示經 0 至 4 週之發酵，noni 果汁中之總酚類含量並無顯著的變化。

2. 類黃酮含量測定

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行類黃酮含量之分析，從實驗結果 (圖二十八)(附錄十三) 可以得知 noni 於 0 至 4 週之發酵過程中，隨著發酵時間之增加，noni 果汁中之類黃酮含量會有



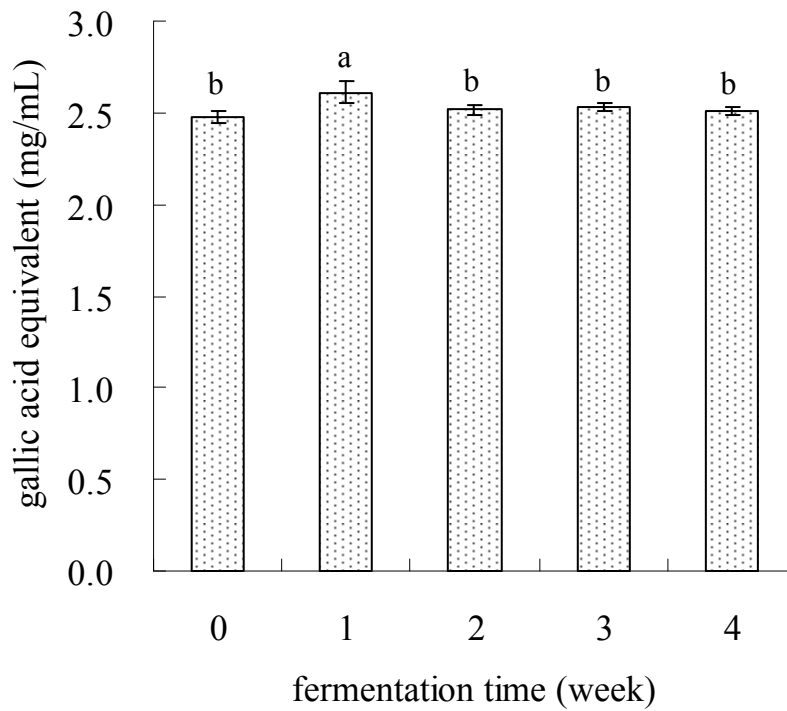
圖二十六、不同發酵時間 noni 果汁之兩種主要有機酸含量。

Fig. 26. Two major organic acids contents of noni juice at different fermentation time.

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

^{A-C} Mean in the same bar (tartaric acid) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

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

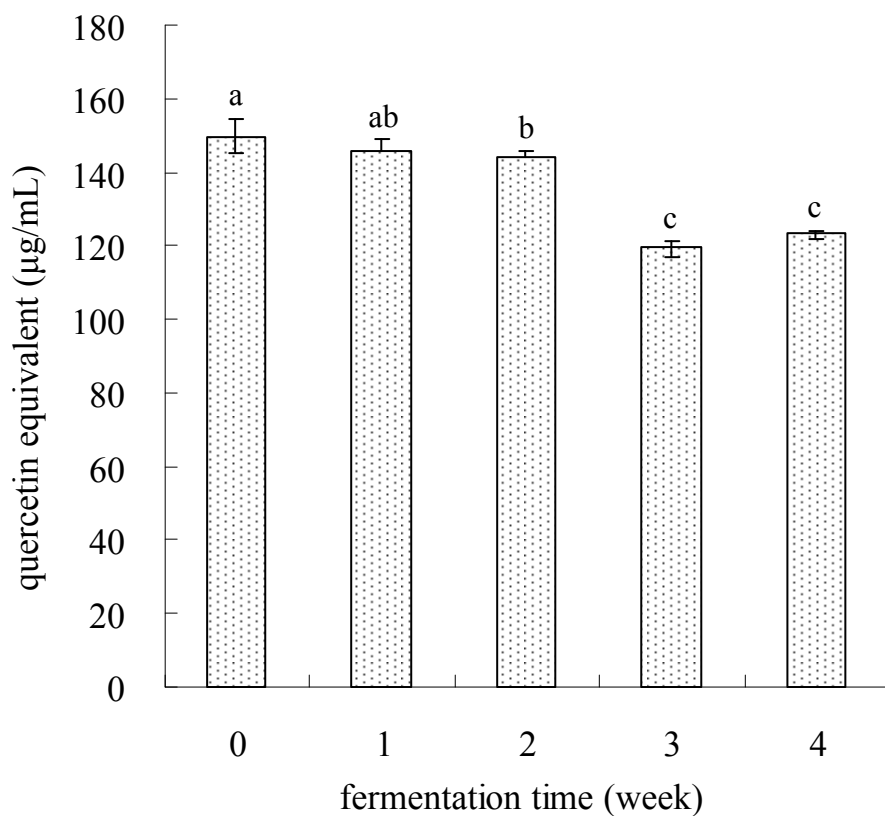


圖二十七、不同發酵時間 noni 果汁之總酚含量。

Fig. 27. The contents of total phenolic compounds of noni juice in terms of gallic acid equivalent at different fermentation time.

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

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



圖二十八、不同發酵時間 noni 果汁之類黃酮含量。

Fig. 28. The contents of flavonoids of noni juice in terms of quercetin equivalent at different fermentation time.

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

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

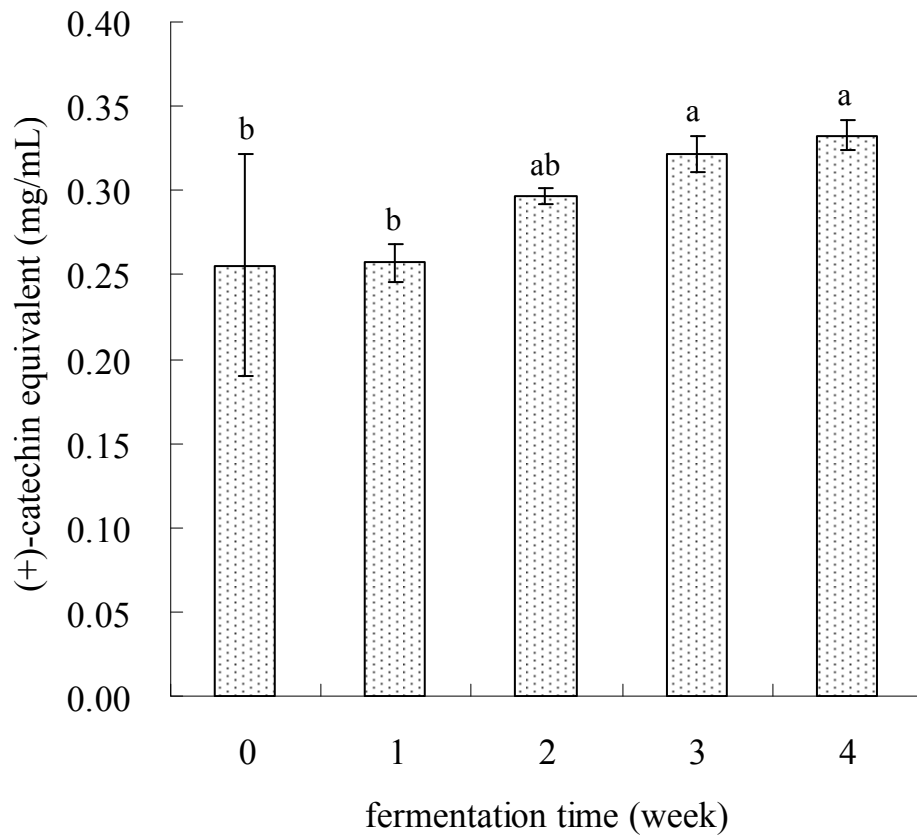
所減少。故於發酵過程中，類黃酮可能部份被水解或聚合而轉化成縮合單寧。

3. 縮合單寧含量測定

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行縮合單寧含量之分析，從結果(圖二十九)(附錄十三)顯示於 4 週發酵過程中，隨著發酵時間之增加，果汁中之縮合單寧含量逐漸增加。而縮合單寧為類黃酮之聚合物，故縮合單寧含量與類黃酮含量有密切相關。從實驗結果可得知縮合單寧含量之增加與類黃酮含量之減少為互相呼應。而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 noni 果汁隨著發酵時間之增加，其縮合單寧含量增加，而顏色 a*值亦增加，此結果亦與文獻結論互相呼應。

4. Rutin、scopoletin 及其衍生物含量測定

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行 rutin、scopoletin 及其衍生物含量分析，實驗結果(圖三十)(附錄十三)顯示 4 週之發酵過程中，隨著發酵時間之增加，noni 果汁之 scopoletin 化合物含量增加，而 scopoletin 衍生物含量減少，而 rutin 化合物含量亦

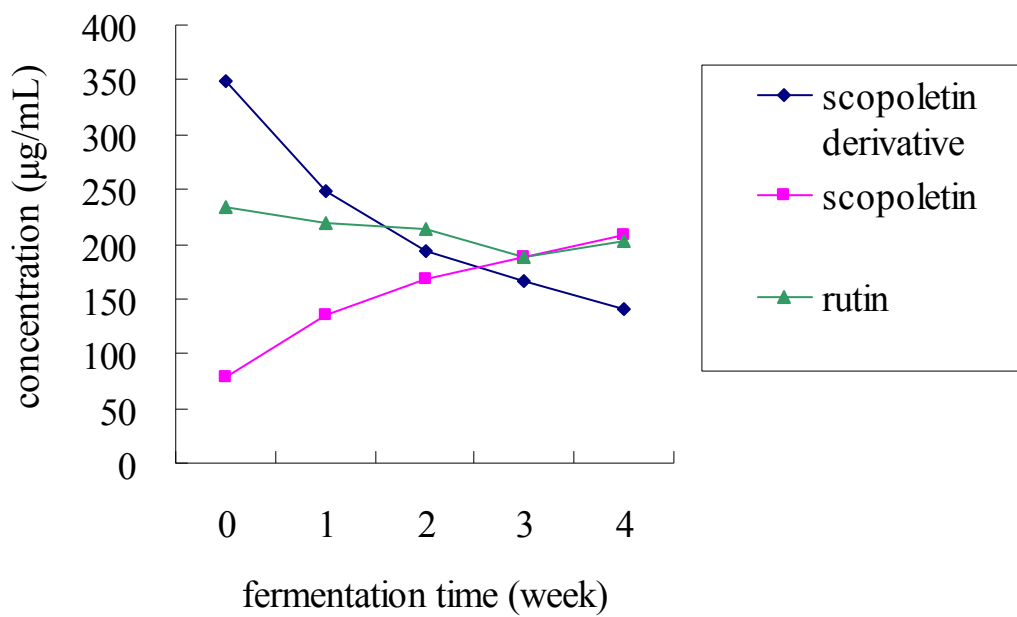


圖二十九、不同發酵時間 noni 果汁之縮合單寧含量。

Fig. 29. The contents of condensed tannins of noni juice in terms of (+)-catechin equivalent at different fermentation time.

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

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



圖三十、不同發酵時間 noni 果汁之 rutin、scopoletin 及其 scopoletin 衍生物含量之變化。

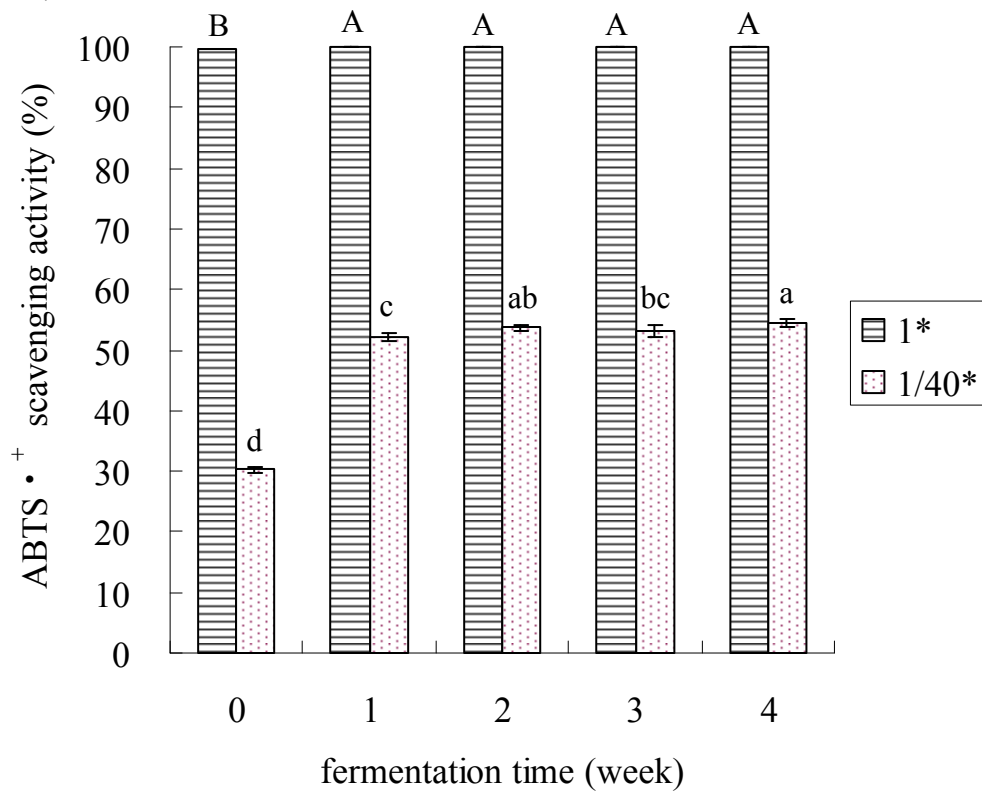
Fig. 30. The contents change of rutin, scopoeltin and scopoletin derivative compounds of noni juice at different fermentation time.

減少。隨著發酵時間的增加而 rutin 化合物含量減少，此結果與 Chan-Blanco 等 (2007) 之研究結果互相應証。顯示出在發酵過程中，rutin 之減少可能是受到環境中之光線和溫度而有所破壞，亦可能與金屬 Fe 螯合。從結果可看出 scopoletin 化合物增加的量與 scopoletin 衍生物減少的量幾乎相等，可說明 scopoletin 衍生物與 scopoletin 有很大的相關性。而其相關性如文獻所示，scopoletin 衍生物為含有兩個糖基之化合物，此衍生物在經過酵素水解後會形成 scopoletin 化合物 (楊, 2005)。

三、 生理活性

1. 總抗氧化能力

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行總抗氧化能力之分析，從實驗結果 (圖三十一 a) (附錄十四) 可以得知 0 至 4 週之發酵過程中，不經稀釋之 noni 果汁之清除力大約都在 100 % 左右，說明了 noni 果汁具有很強的抗氧化能力。而將 noni 果汁經 40 倍稀釋，可發現隨著發酵時間之增加，noni 果汁之總抗氧化能力會有所增加。從結果也可得知經過發酵之 noni 果汁之總抗氧化能力 (52.03~54.40 %) 比未經發酵 (0 週) 之新鮮 noni 果汁 (30.22 %) 來得好。從實驗結果 (圖三十一 b) (附錄十四) 可以得知經發酵



圖三十一 a、不同發酵時間 noni 果汁之 ABTS ·⁺ 自由基清除能力 (總抗氧化能力)。

Fig. 31 a. The ABTS ·⁺ radical scavenging activity (Trolox equivalent antioxidant capacity) of noni juice at different fermentation time.

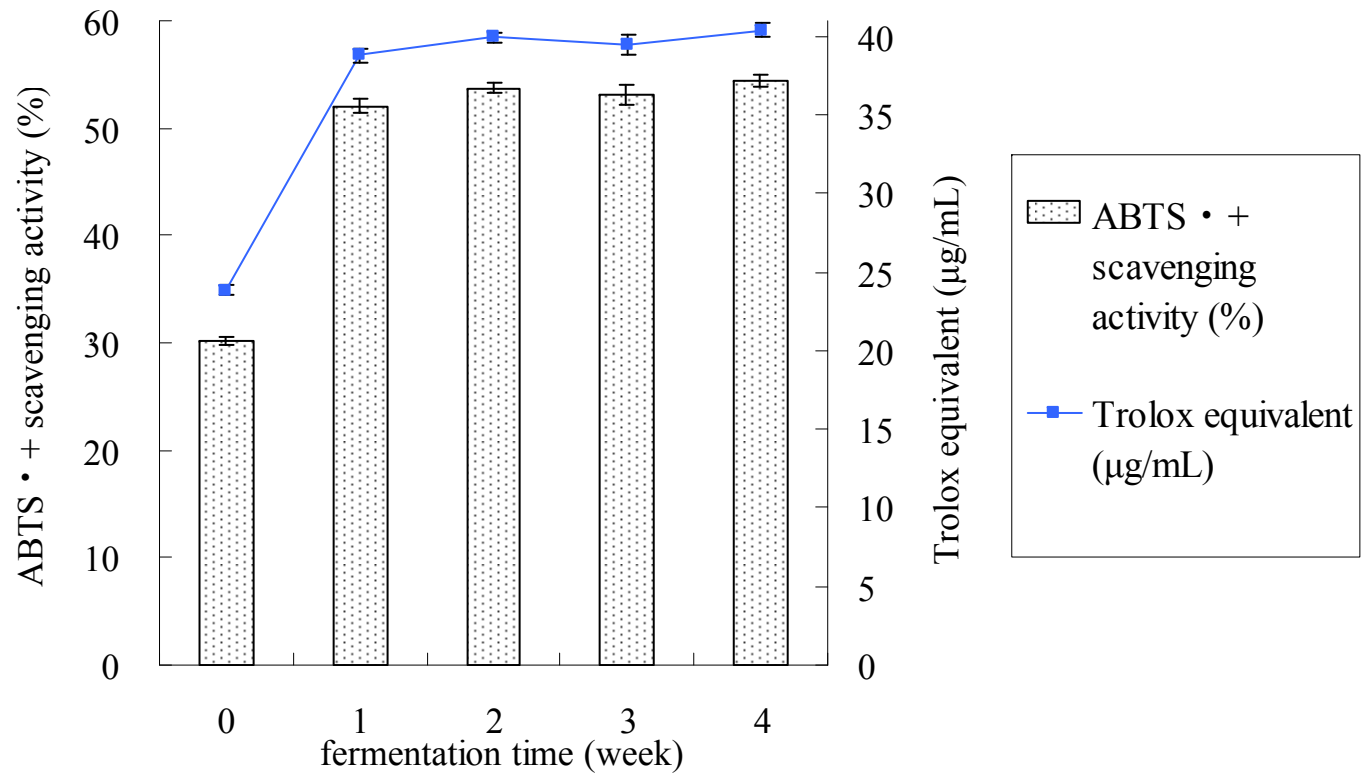
Each value is the mean ± standard deviation ($n = 3$).

^{A-B} Mean in the same bar (1*) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d} Mean in the same bar (1/40*) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

1*: The original sample.

1/40*: The sample diluted for forty fold.



圖三十一 b、不同發酵時間 noni 果汁之 ABTS • + 自由基清除能力 (40 倍稀釋) 與相對 trolox 含量。

Fig. 31 b. The ABTS • + radical scavenging activity and trolox equivalent of noni juice (40 fold dilution) at different fermentation time.

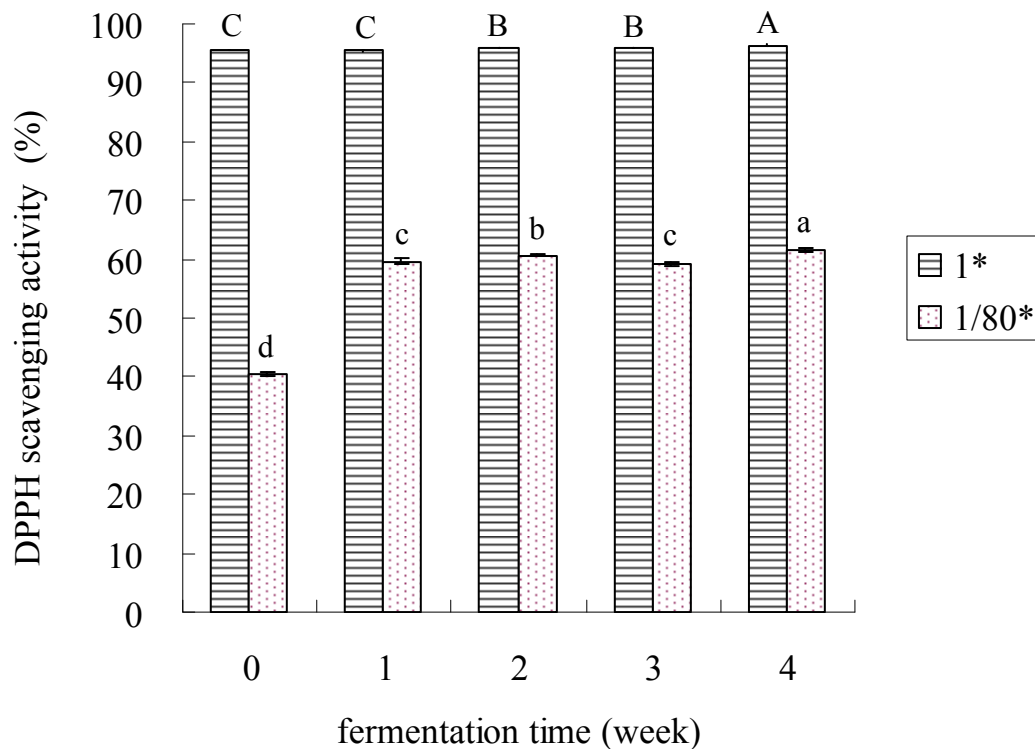
之 noni 果汁之 40 倍稀釋液，其每毫升大約相當於 38.03~40.40 μg 左右的 trolox (抗氧化物) 含量。

2. DPPH 自由基清除能力

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行 DPPH 自由基清除能力之分析，從實驗結果 (圖三十二 a)(附錄十四) 可以得知 0 至 4 週之發酵過程中，不經稀釋之 noni 果汁的 DPPH 自由基清除力大約都在 100 % 左右，亦說明了 noni 果汁具有很強的 DPPH 自由基清除能力。將 noni 果汁經 80 倍稀釋，可發現隨著發酵時間之增加，noni 果汁對 DPPH 自由基之清除力會有所增加。從結果亦可得知經發酵之 noni 果汁之 DPPH 自由基清除力 (59.12~61.50 %) 比未發酵 (0 週) 之新鮮 noni 果汁 (40.41 %) 來得好。從實驗結果 (圖三十二 b)(附錄十四) 可以得知經發酵之 noni 果汁之 80 倍稀釋液，其每毫升大約相當於 8.15~8.49 μg 左右的 BHA (抗氧化物) 含量。

3. ACE 抑制活性

將經不同發酵時間之 noni 果汁 (經 2 倍稀釋)，進行 ACE 抑制活性之分析，從實驗結果 (圖三十三)(附錄十四) 可以得知 0 至 4 週之發酵過程中，隨著發酵時間之增加，noni 果汁對 ACE



圖三十二 a、不同發酵時間 noni 果汁之 DPPH 自由基清除能力。

Fig. 32 a. The DPPH radical scavenging activity of noni juice at different fermentation time.

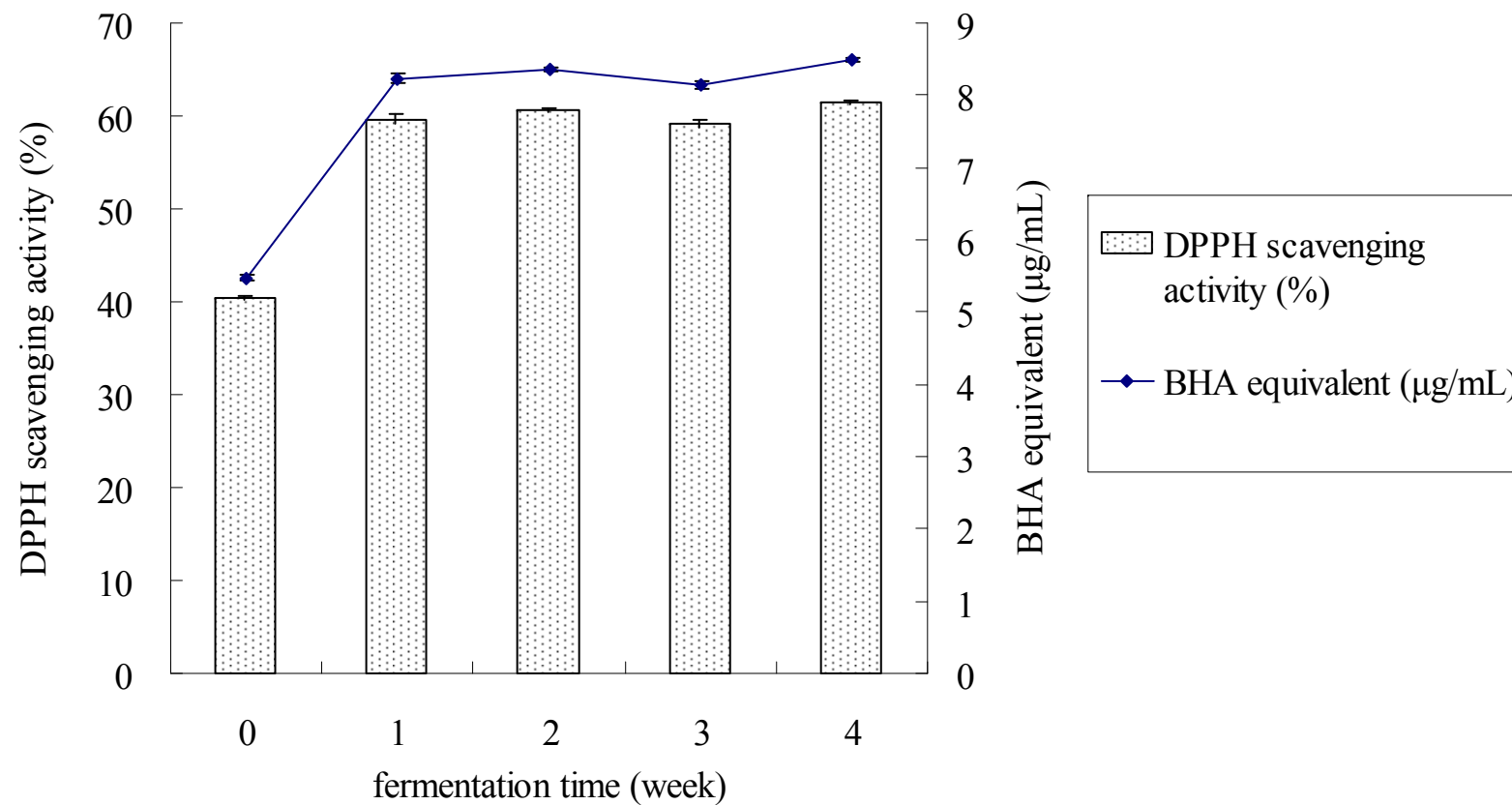
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

^{A-C} Mean in the same bar (1*) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{a-d} Mean in the same bar (1/80*) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

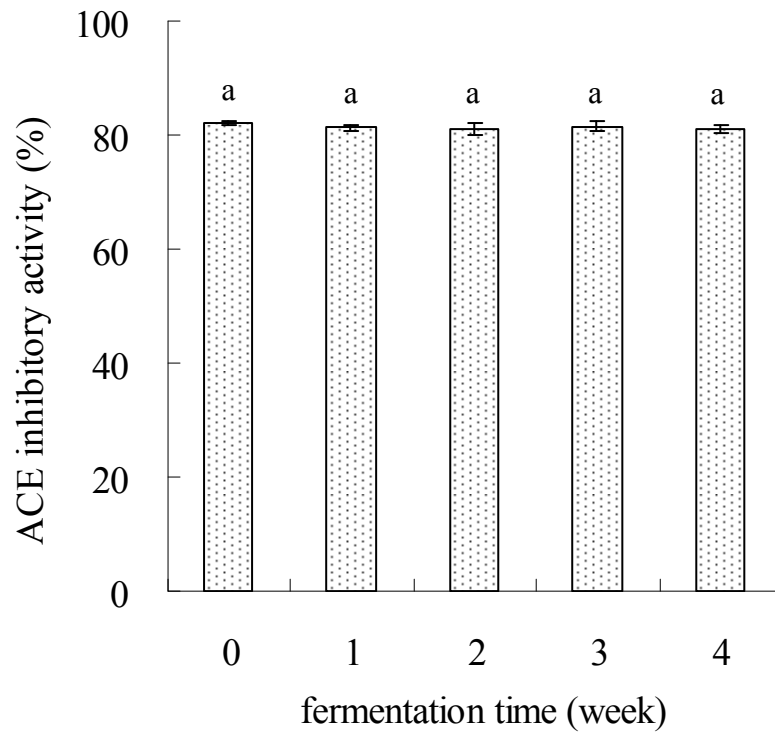
1*: The original sample.

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



圖三十二 b、不同發酵時間 noni 果汁之 DPPH 自由基清除力 (80 倍稀釋) 與相對 BHA 含量。

Fig. 32 b. The DPPH radical scavenging activity and BHA equivalent of noni juice (80 fold dilution) at different fermentation time.



圖三十三、不同發酵時間 noni 果汁之 ACE 抑制率 (2 倍稀釋)。

Fig. 33. The ACE inhibitory activity of noni juice (2 fold dilution) at different fermentation time.

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

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

之抑制率並沒有很明顯的變化，其抑制率皆高達 80 % 以上，說明了 noni 果汁具有很強的 ACE 抑制力，即具有降血壓之功效。

四、 總生菌數

將經不同發酵時間之 noni 果汁，進行總生菌數之分析，從實驗結果 (附錄十五) 可以得知 noni 果汁之生菌數皆在可數範圍 (25-250 CFU) 之下，故總生菌數為 TFTC (too few to count)。此實驗結果與先前預期之結果有很大的差異。但有文獻指出 noni 果汁具有很低的 pH 值 (約 3.5)，故 noni 果汁可不需要進行巴斯德滅菌 (Nelson, 2003)。也有研究指出在不同之發酵時間，noni 果汁所含的微生物含量皆極少 (Newton, 2003)。由此可知 noni 果汁在無污染之情況下，果汁內之生菌數含量應極低，此結論與實驗結果相呼應。

五、 總結

統整上述實驗結果 (附錄十六)，顯示出 noni 果於 0 至 4 週之發酵時間內，以發酵 4 週之 noni 果汁為較佳。

Part 2：部份發酵 noni 果汁之殺菌實驗

接續第一部分之實驗結果，以發酵 4 週之部份 noni 果汁來進行低溫殺菌 (pasteurization) 實驗。

一、 物理性質

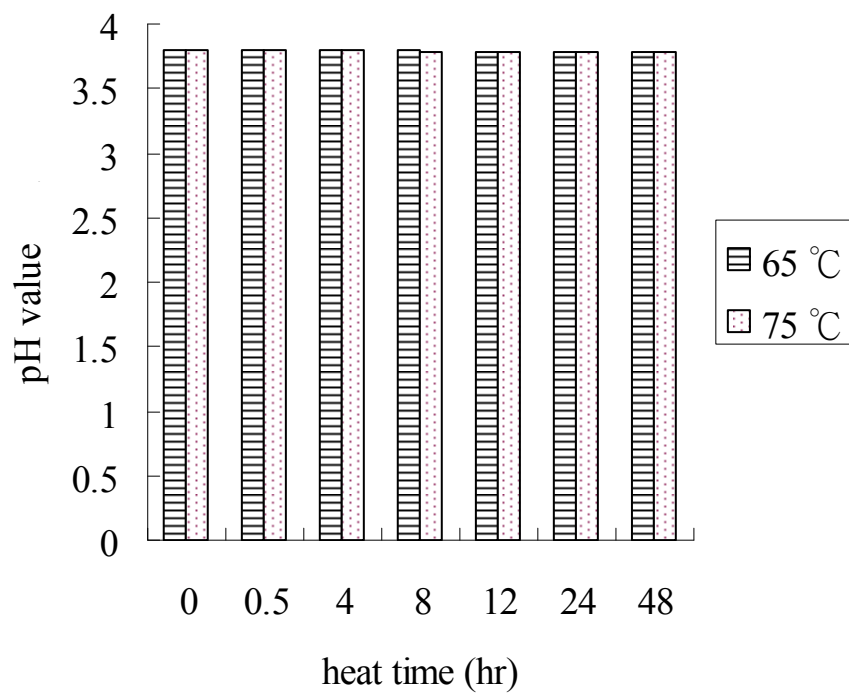
1. Noni 果汁之 pH 值

從實驗結果 (圖三十四)(附錄十七) 可以得知不同之殺菌條件對 noni 果汁之 pH 值沒有影響，其 pH 值仍約為 3.7-3.8 之間。

2. Noni 果汁之色澤

從實驗結果 (圖三十五 a、b)(附錄十七、十八) 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 之加熱殺菌，隨著加熱時間之增長，noni 果汁之 L*值皆下降，顯示 noni 果汁之顏色越深；而 noni 果汁之 a*值皆上升，顯示 noni 果汁之顏色越紅；而 noni 果汁之 b*值皆下降，顯示 noni 果汁之顏色越不黃。由此結果可知低溫加熱殺菌對 noni 果汁之顏色有很大的影響，加熱殺菌會使果汁顏色變深，而殺菌時間越長，顏色變化則越明顯。

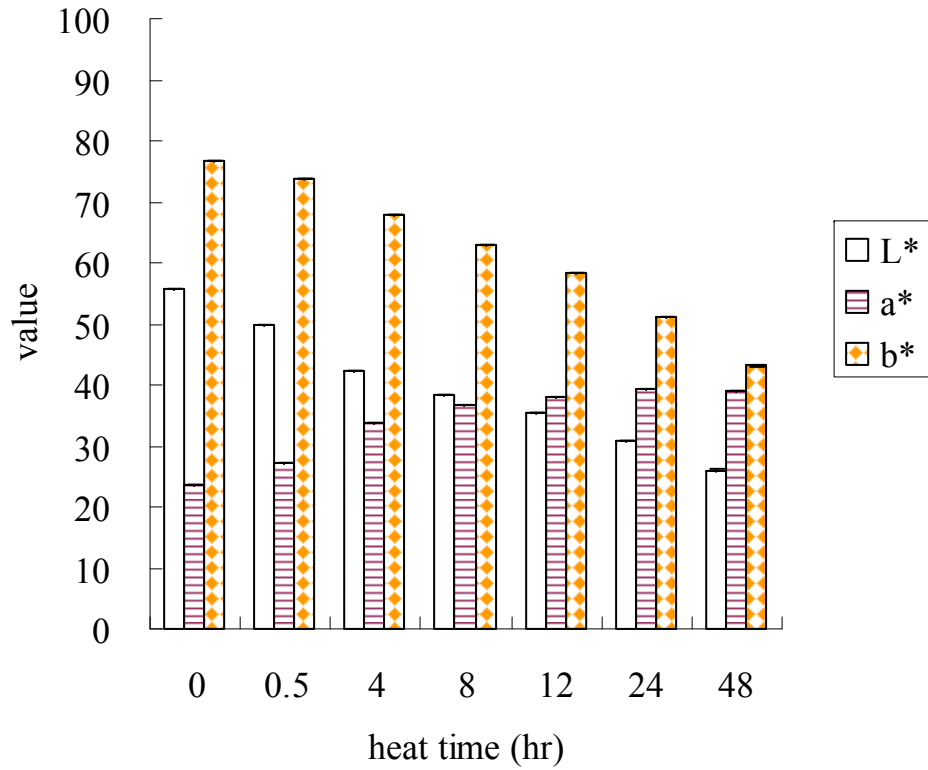
將 L*、a*和 b*個別分開來探討，從圖三十五 c 可以得知 noni 果汁經 75 °C 殺菌之 L*值比經 65 °C 殺菌來得低，故可知 noni 果汁經 75 °C 殺菌之顏色比經 65 °C 殺菌之顏色來得更深。從圖三



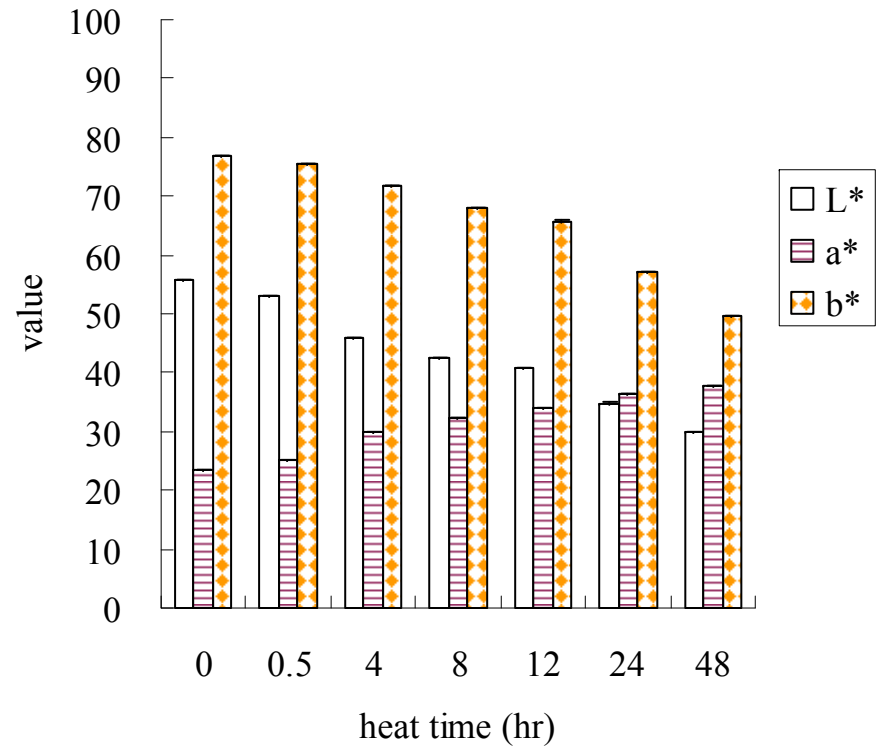
圖三十四、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 pH 值。

Fig. 34. The pH values of noni juice at different pasteurization conditions.

(a)

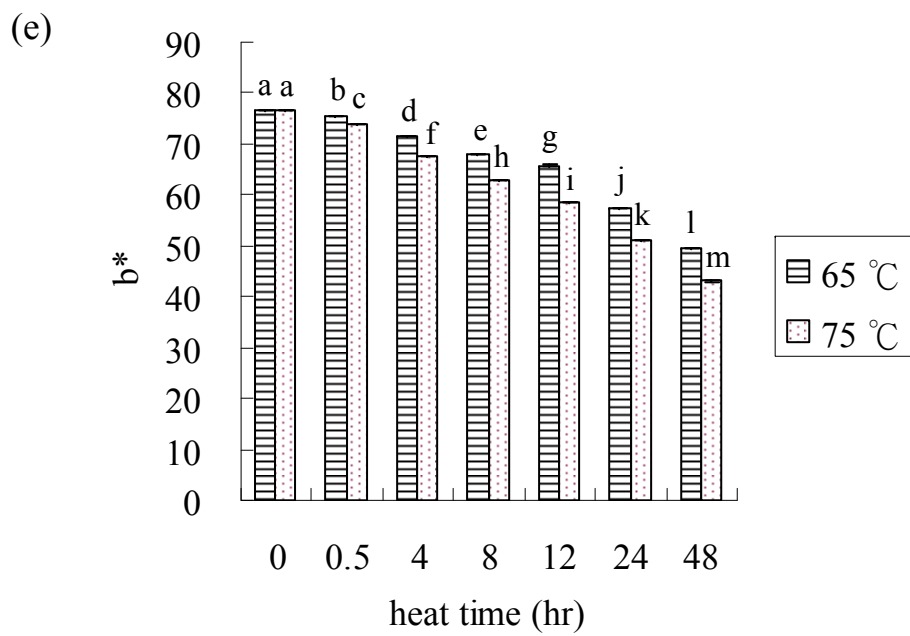
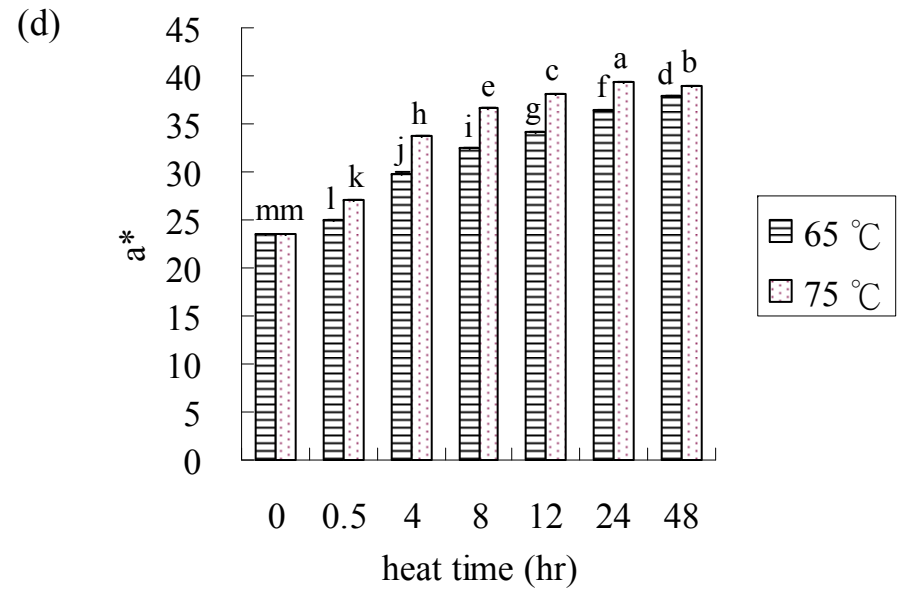
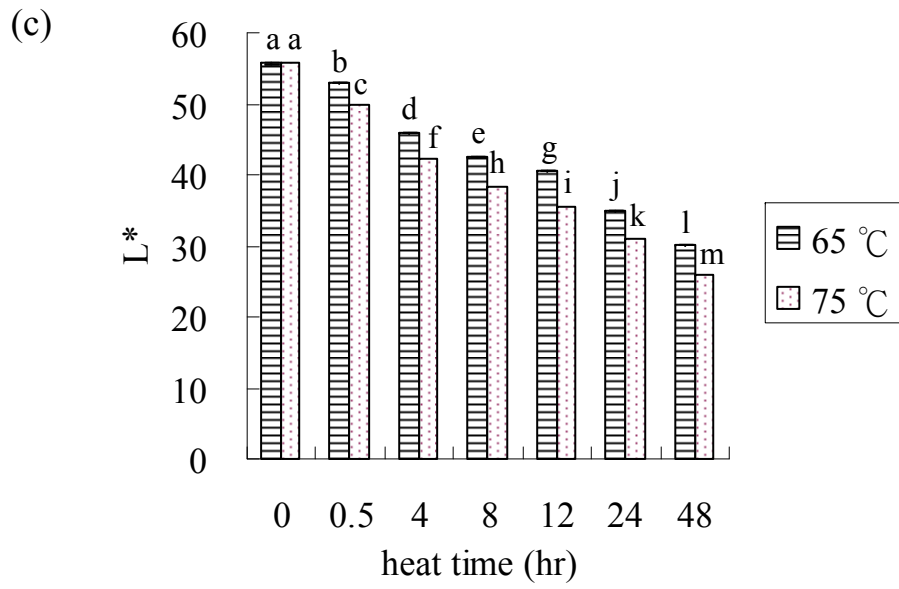


(b)



圖三十五、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色澤。(a)：75 °C 加熱殺菌；(b)：65 °C 加熱殺菌。

Fig. 35. The color values of noni juice at different pasteurization conditions. (a): 75 °C; (b): 65 °C.



圖三十五、不同殺菌條件後 noni 果汁之色澤。(c):

L*值；(d)：a*值；(e)：b*值。

Fig. 35. The color values of noni juice at different pasteurization conditions. (c): L* value; (d): a* value; (e): b* value.

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

^{a-m} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

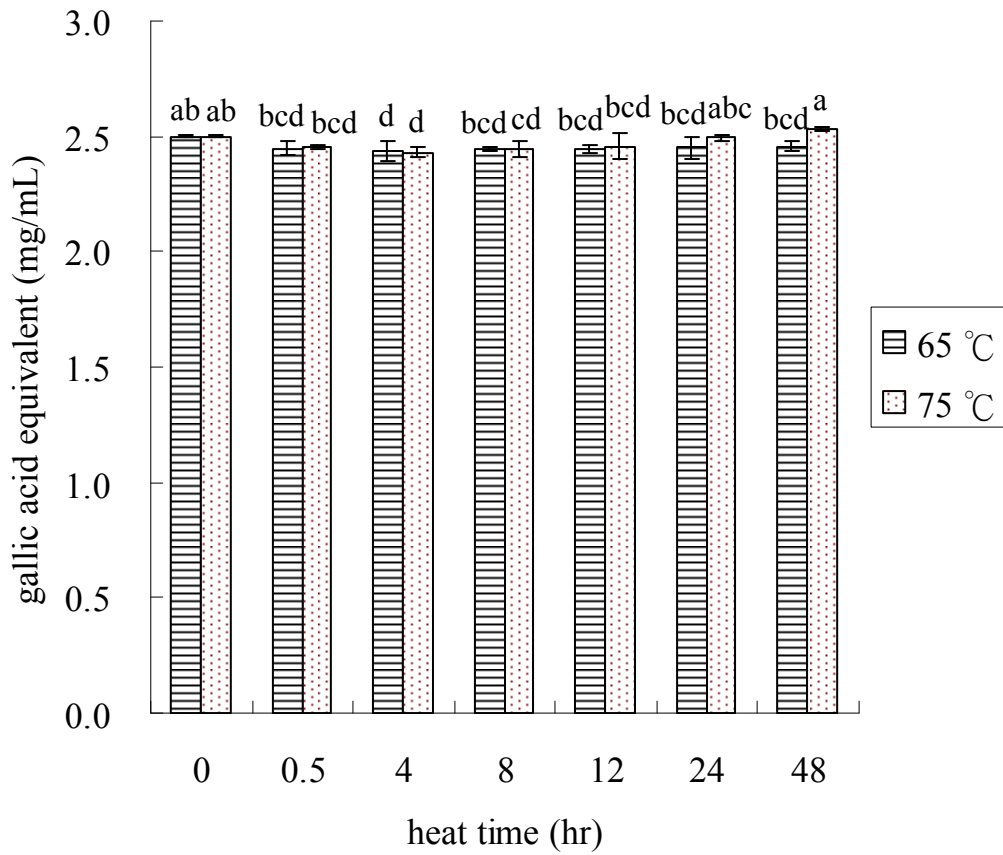
十五 d 可以得知 noni 果汁經 75 °C 殺菌之 a* 值比經 65 °C 殺菌來得高，故可知 noni 果汁經 75 °C 殺菌之顏色比經 65 °C 殺菌之顏色更傾向於紅色。而從前面之結論得知縮合單寧化合物與紅色度值有正相關，故此 a* 值增加可推測為 noni 果汁中之縮合單寧含量增加所致。從圖三十五 e 可以得知 noni 果汁經 75 °C 殺菌之 b* 值比經 65 °C 殺菌來得低，故可知 noni 果汁經 65 °C 殺菌之顏色比經 75 °C 殺菌之顏色更傾向於黃色。

而從圖三十五 c-e 可以得知殺菌之溫度越高，則對 noni 果汁之顏色影響就越大，而經 75 °C 殺菌之 noni 果汁其顏色會比 65 °C 殺菌來得深，故殺菌之溫度和殺菌之時間對 noni 果汁之顏色都有很明顯的影響。

二、 功能性化合物含量

1. 總酚類化合物含量測定

從實驗結果 (圖三十六) (附錄十九) 可以得知殺菌溫度和殺菌時間對 noni 果汁之總酚含量的影響並不大。此結果與預期有所差異，原預期加熱殺菌會破壞酚類化合物，而使總酚類化合物含量下降。而此實驗結果與 Yang 等 (2007) 之研究結果相似，結果指出加熱對總酚之含量影響不大，而主要原因為多酚類化合物多



圖三十六、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總酚含量。

Fig. 36. The contents of total phenolic compounds of noni juice in terms of gallic acid equivalent at different pasteurization conditions.

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

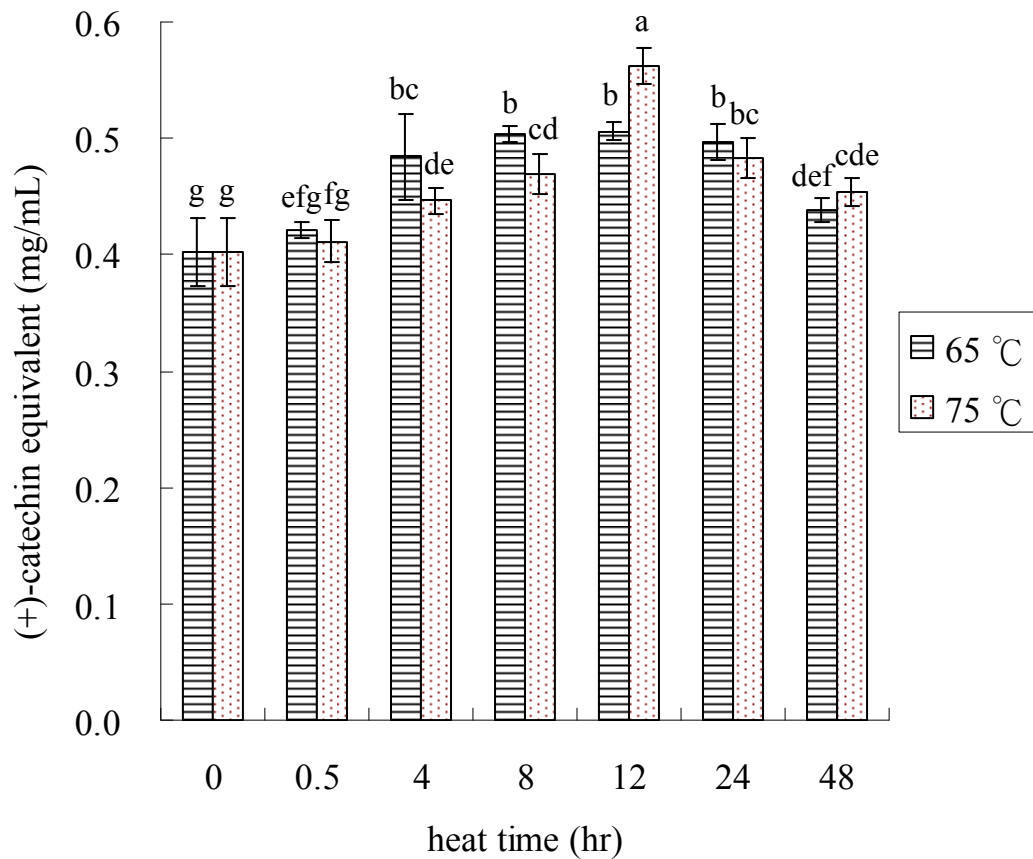
^{a-d} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

以穩定之糖苷或酯鍵之鍵結型態存在，故不易被熱所破壞。

2. 縮合單寧含量測定

從實驗結果 (圖三十七)(附錄十九) 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 之殺菌，於加熱 0 至 12 小時之過程中，果汁之縮合單寧含量會有增加之趨勢，而加熱 12 至 48 小時之過程中，果汁之縮合單寧含量會有下降之趨勢。而此變化之趨勢可能原因如下，縮合單寧化合物為多個類黃酮類化合物聚合而成，而於加熱過程中，新的縮合單寧會聚合而成，而大分子之縮合單寧仍會繼續聚合成更大分子之縮合單寧，當縮合單寧聚合達到一定的分子量時，則此大分子之縮合單寧會產生沉澱。由此可知加熱 0 至 12 小時之過程中，noni 果汁之縮合單寧含量增加之主要原因，為縮合單寧之生成速率大於沉澱速率所致；而加熱 12 至 48 小時之過程中，noni 果汁之縮合單寧含量下降之主要原因，為縮合單寧之生成速率小於沉澱速率所致。

將此實驗結果與色澤 a* 值 (圖三十五 d) 做對照，可以得知 0 至 12 小時之加熱過程中，色澤 a* 值之增加與縮合單寧含量之增加彼此有正相關，而 12 至 48 小時之加熱過程中，色澤 a* 值增加，而縮合單寧含量減少，顯示出 12 至 48 小時之加熱過程中，色澤 a* 值增加之原因並非來自縮合單寧，其原因可能與非酵素性



圖三十七、Noni 果汁於不同殺菌條件後之縮合單寧含量。

Fig. 37. The contents of condensed tannins of noni juice in terms of (+)-catechin equivalent at different pasteurization conditions.

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

^{a-g} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

褐變反應有關。

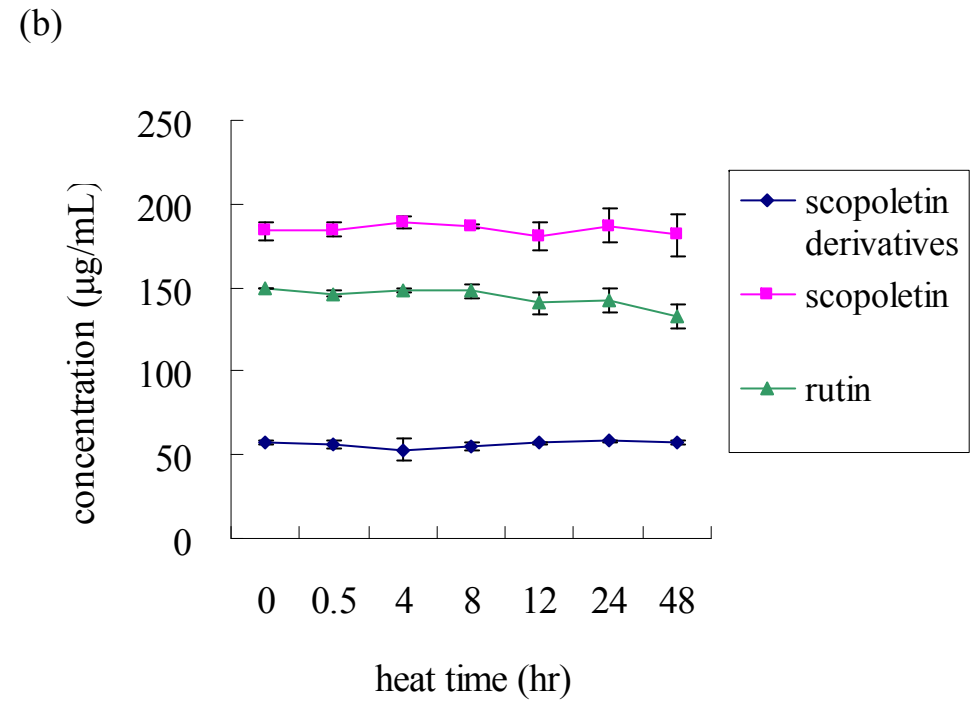
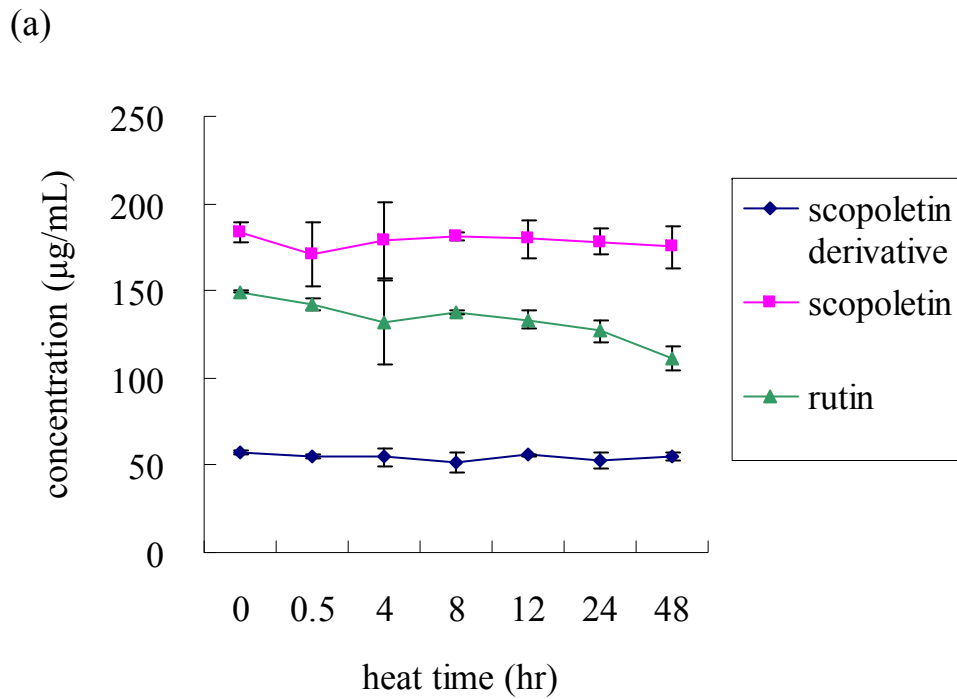
3. Rutin、scopoletin 及其衍生物含量測定

從實驗結果 (圖三十八 a、b)(附錄十九) 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 之殺菌，於加熱 0 至 48 小時之過程中，果汁中 scopoletin 與 scopoletin 衍生物含量都沒有很明顯之改變，而 rutin 化合物含量則會隨著加熱時間之增加而有下降之趨勢。

將 rutin、scopoletin 和 scopoletin 衍生物個別分開來探討，從圖三十八 c、d 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 加熱殺菌，其內之 scopoletin 衍生物和 scopoletin 並沒有顯著之差異，而隨著加熱時間之增加，scopoletin 衍生物和 scopoletin 亦沒有顯著之差異。由此結果可以得知 scopoletin 衍生物和 scopoletin 對熱穩定，加熱殺菌並不會破壞 scopoletin 衍生物和 scopoletin。從圖三十八 e 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 加熱殺菌，果汁內之 rutin 會有所減少 (65 °C 不具顯著差異)，而 75 °C 加熱所減少之含量比 65 °C 來得多，而加熱時間越長，rutin 減少越多。由此結果可以得知 rutin 對熱不穩定，加熱殺菌會導致 rutin 之破壞。

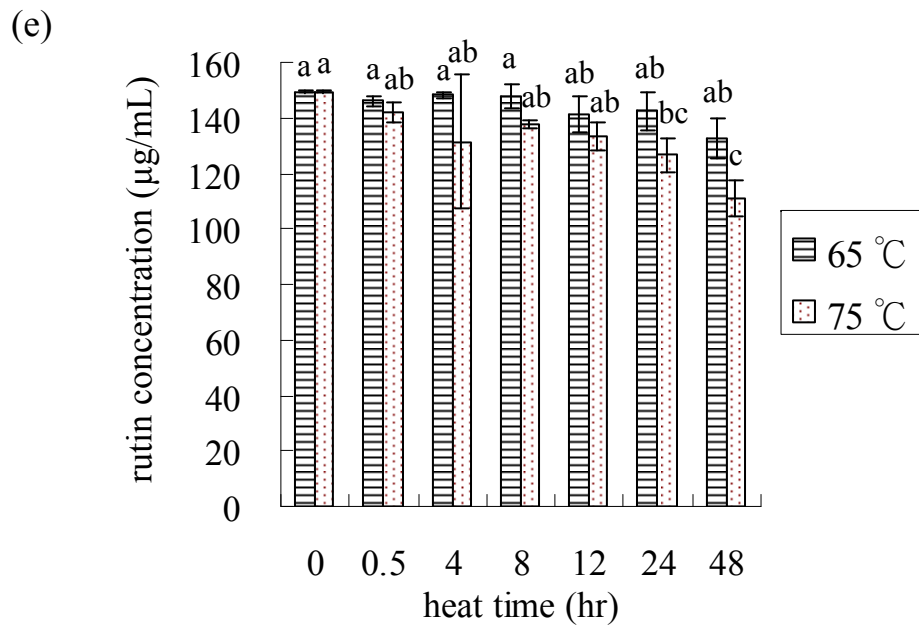
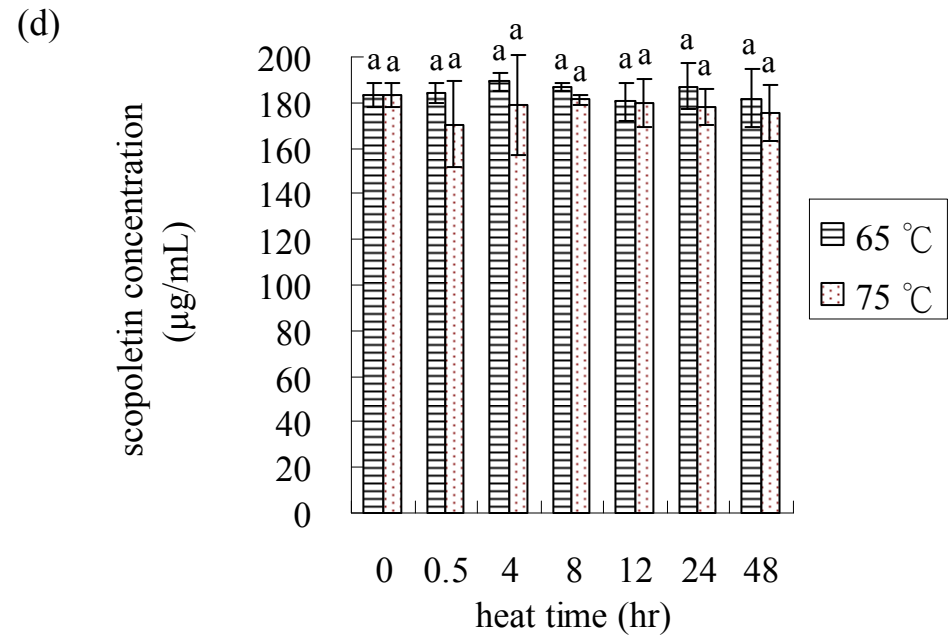
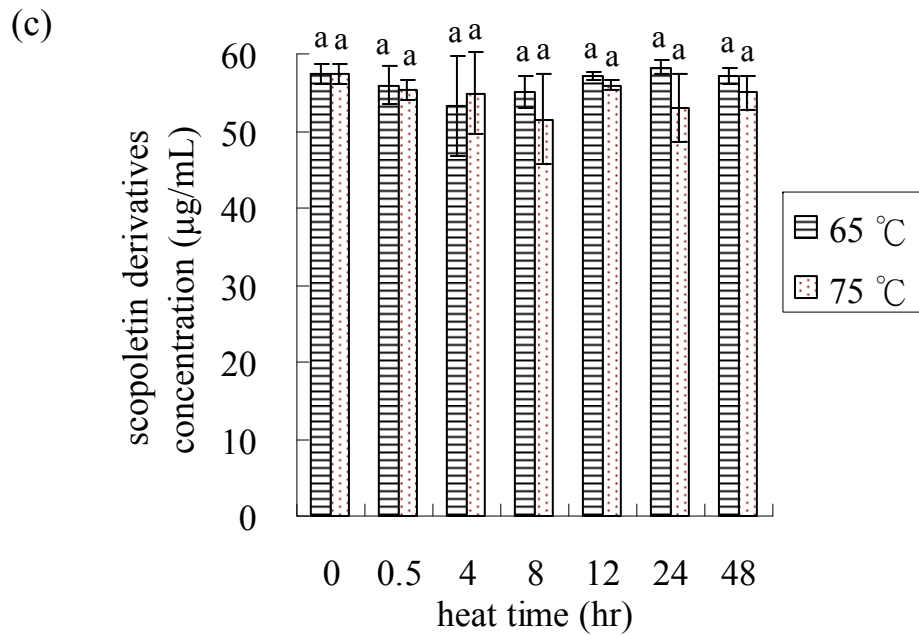
三、 生理活性

1. 總抗氧化能力



圖三十八、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 rutin、scopoletin 及其 scopoletin 衍生物含量。(a)：75 °C 加熱殺菌；(b)：65 °C 加熱殺菌。

Fig. 38. The contents of rutin, scopoletin and scopoletin derivative of noni juice at different pasteurization conditions. (a): 75 °C; (b): 65 °C.



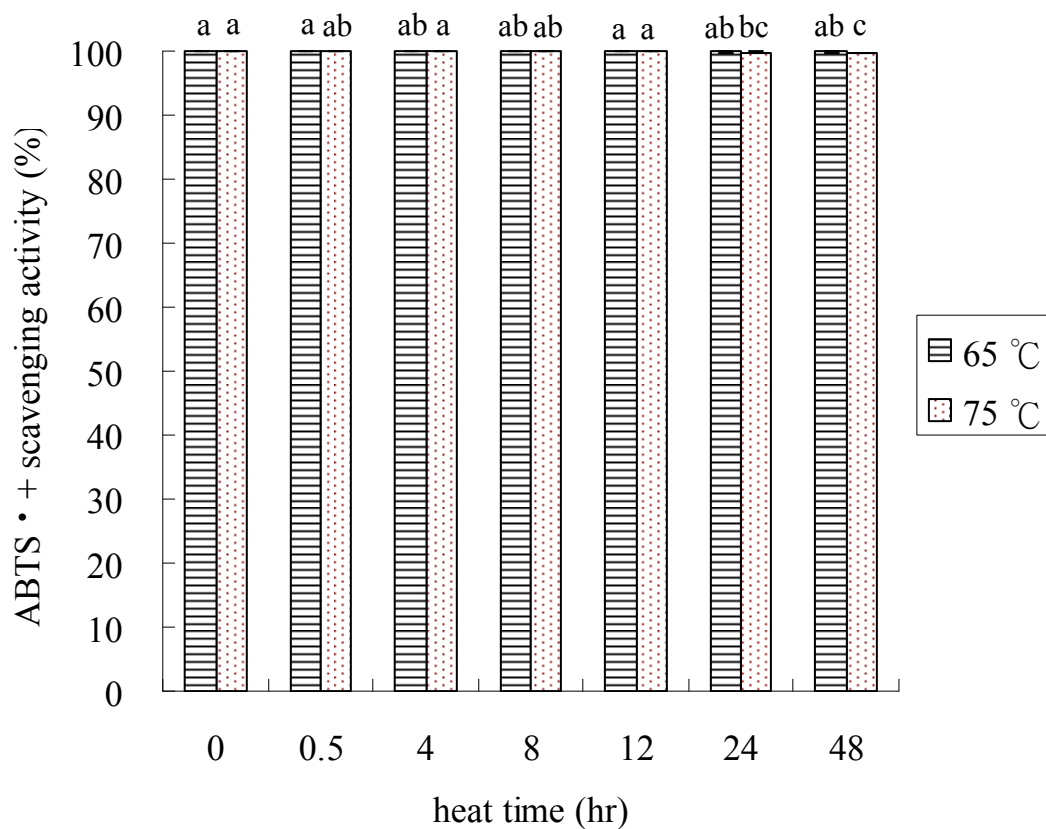
圖三十八、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 rutin、scopoletin 及 scopoletin 衍生物含量。(c)：scopoletin 衍生物；(d)：scopoletin；(e)：rutin。

Fig. 38. The contents of rutin, scopoletin and scopoletin derivative of noni juice at different pasteurization conditions. (c): scopoletin derivative; (d): scopoletin; (e): rutin.

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

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

從實驗結果 (圖三十九 a)(附錄二十) 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 加熱殺菌，於加熱 0 至 48 小時之過程中，noni 果汁仍具有很強之抗氧化能力，其自由基清除能力大約為 100%。將 noni 果汁稀釋 40 倍，從實驗結果 (圖三十九 b)(附錄二十) 可以得知 noni 果汁經 65 °C 或 75 °C 加熱殺菌，於加熱 0 至 48 小時之過程中，有經殺菌之 noni 果汁之總抗氧化能力比未經殺菌之 noni 果汁來得高，而隨著加熱時間之增加，noni 果汁之總抗氧化能力會隨之增加，即加熱殺菌之時間越長，則 noni 果汁之總抗氧化能力越好。此結果與預期有所差異，原預期加熱殺菌會破壞 noni 果汁之抗氧化能力，而使總抗氧化能力下降。然而近年來有文獻指出食品 (特別是蔬菜和水果) 經熱處理後會有較高的生物活性 (biological activity)，其可能為加熱過程中發生不同的化學變化所導致 (Dewanto et al., 2002; Kim et al., 2000)。而 Roy 等 (2007) 研究結果亦顯示出洋蔥、韭蔥和大蒜之水萃取物經熱處理後會有較高之抗氧化能力，而高溫 (100 °C) 熱處理後之抗氧化能力比低溫 (75 °C) 來得高，而長時間 (60 分鐘) 加熱後之抗氧化能力又比短時間 (30 分鐘) 加熱來得高，此與實驗結果相似。而文獻提出加熱後抗氧化能力改善之原因，可能與新的化合物之形成有關，例如：非酵素褐變所產生的化合物 (Choi et al., 2006)。而 Manzocco

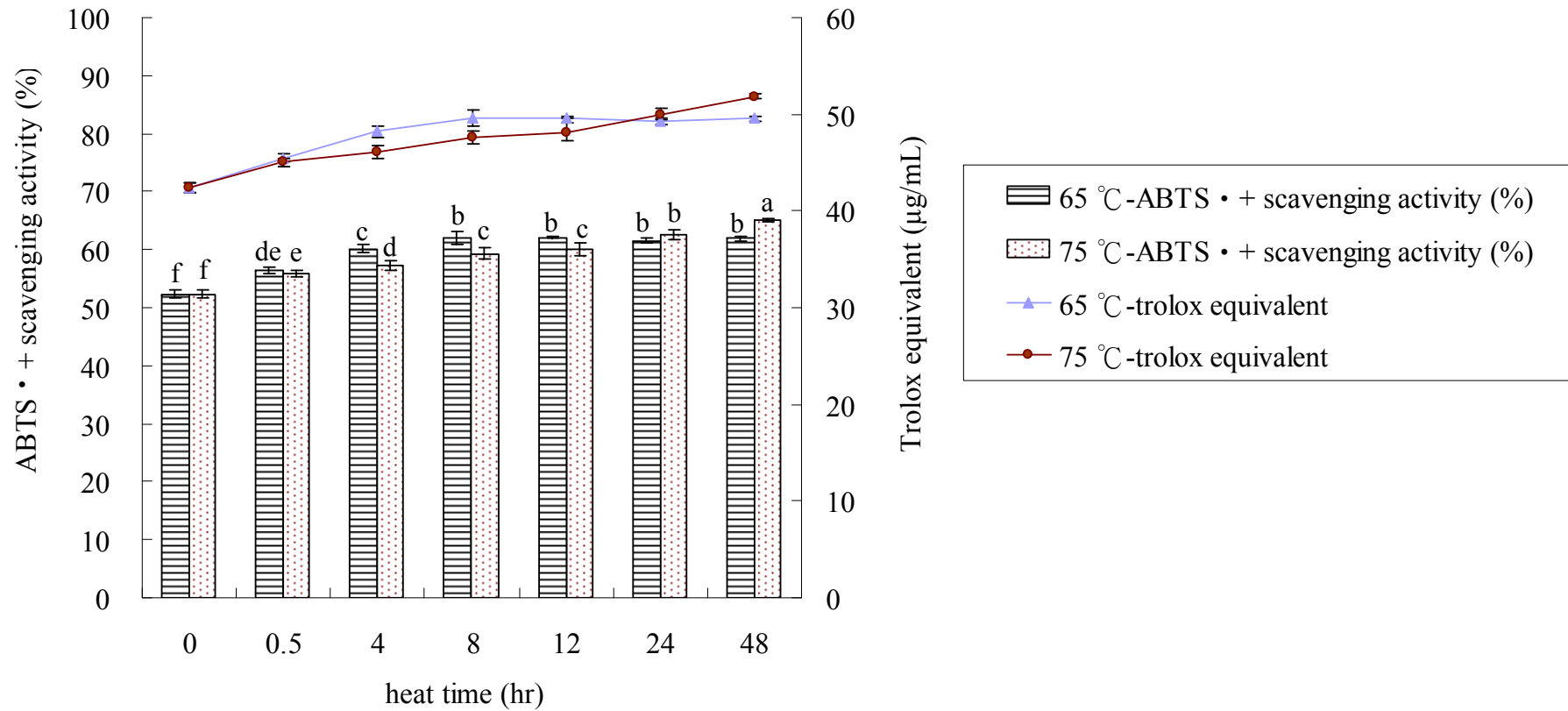


圖三十九 a、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 ABTS •⁺ 自由基清除能力 (總抗氧化能力)。

Fig. 39 a. The ABTS •⁺ radical scavenging activity (Trolox equivalent antioxidant capacity) of noni juice at different pasteurization conditions.

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

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



圖三十九 b、Noni 果汁於不同殺菌條件後之 ABTS ·⁺ 自由基清除能力 (40 倍稀釋) 與相對 trolox 含量。

Fig. 39 b. The ABTS ·⁺ radical scavenging activity and trolox equivalent of noni juice (40 fold dilution) at different pasteurization conditions.

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

^{a-f} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

等 (2001) 亦提出非酵素性褐變之梅納反應所生成之黑褐色產物 (melanoidins) 具有強的抗氧化能力。

四、 總生菌數

從第一部分之微生物結果 (附錄十五) 可以得知 noni 果汁在未被污染下，其生菌數在可數範圍之下 (小於 25 CFU/mL)，故 noni 果汁不需要加熱殺菌即可安心食用。而經加熱殺菌後之微生物結果 (附錄二十一) 顯示出 noni 果汁之生菌數亦皆在可數範圍之下，再次說明 noni 果汁在未被污染下，其不需要加熱殺菌即可安心食用。

五、 總結

統整上述實驗結果 (附錄二十二)，顯示出 noni 果汁熱處理以 65 °C 加熱 48 小時為較佳。

Part 3：部份發酵 noni 果汁之儲藏實驗

接續第二部分之實驗結果，將發酵 4 週之 noni 果汁以 65 °C 加熱 48 小時，接著進行室溫下兩個月之儲藏實驗。

一、物理性質

1. Noni 果汁之 pH 值

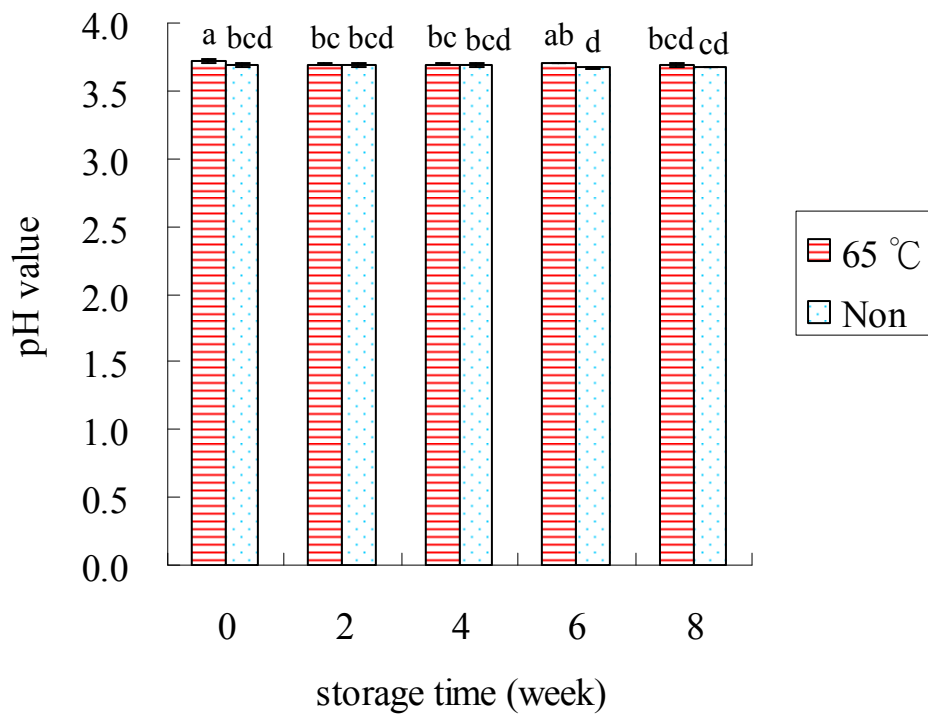
從實驗結果 (圖四十)(附錄二十三) 可以得知於兩個月之室溫儲藏過程中，noni 果汁之 pH 值並沒有很明顯之變化，大約都維持於 3.7 左右。

2. Noni 果汁中主要有機酸之含量

從實驗結果 (圖四十一 a、b)(附錄二十三) 顯示出於兩個月之室溫儲藏過程中，noni 果汁中有機酸之含量沒有明顯的變化。將 tartaric acid 和 malic acid 個別分開來探討，從圖四十一 c、d 可以得知有經熱處理之 noni 果汁之酸含量會比未經熱處理之果汁來得少一點，但於統計學上皆不具顯著差異。

3. Noni 果汁之色澤

從實驗結果 (圖四十二 a)(附錄二十四、二十五) 可以得知經熱處理之 noni 果汁於兩個月之儲藏過程中，隨著儲藏時間之增



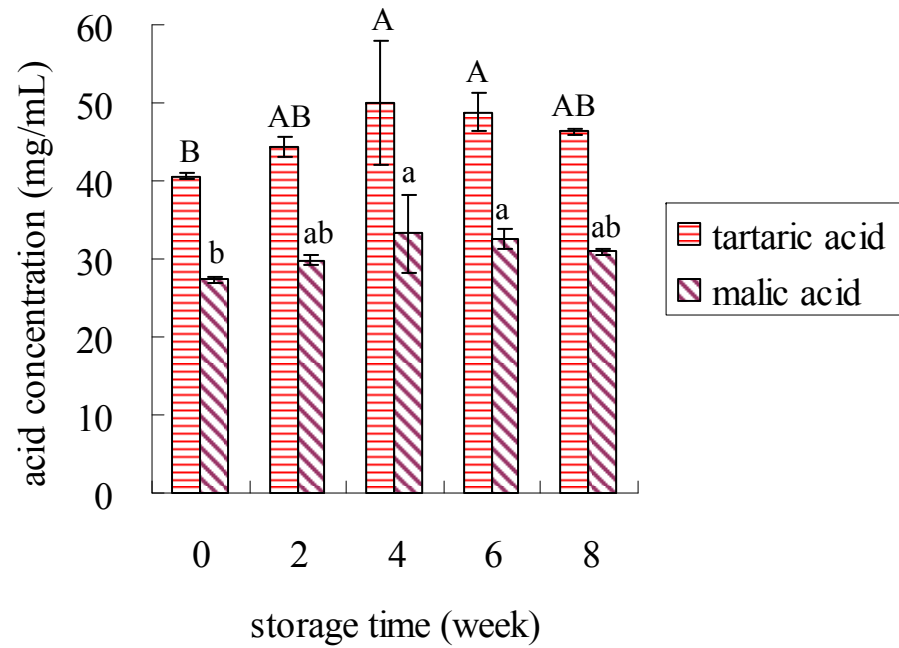
圖四十、Noni 果汁於不同儲藏時間之 pH 值。

Fig. 40. The pH values of noni juice at different storage time.

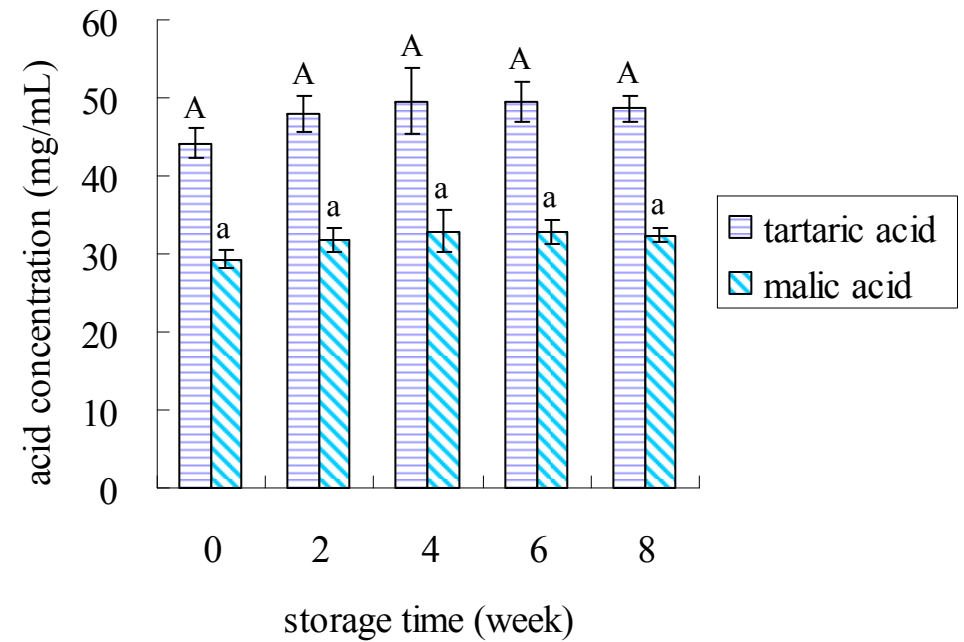
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

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

(a)



(b)



圖四十一、Noni 果汁於不同儲藏時間之主要有機酸含量。(a)：65 °C 加熱殺菌；(b)：未加熱殺菌。

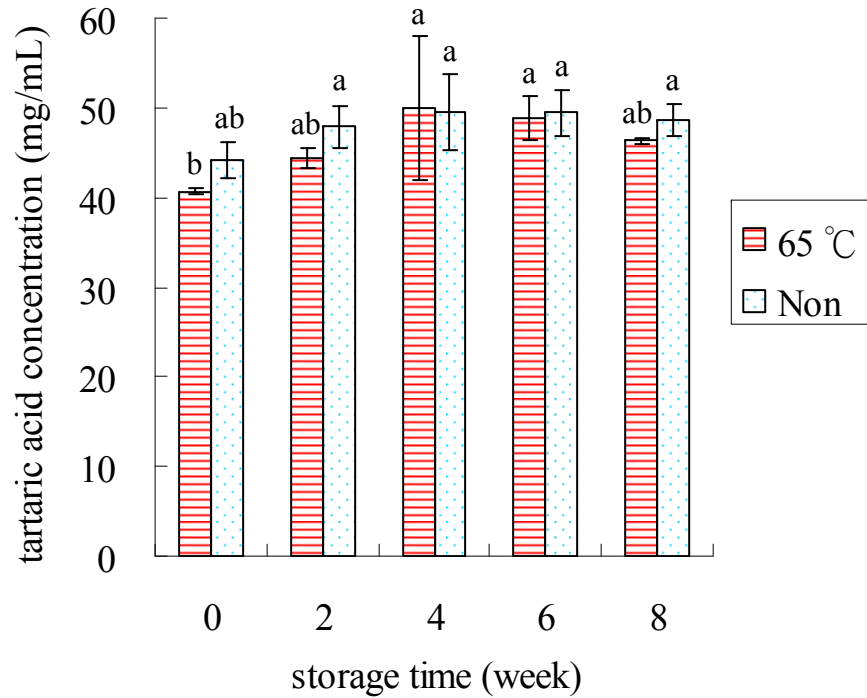
Fig. 41. The major organic acid contents of noni juice at different storage time. (a): 65 °C; (b): Non.

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

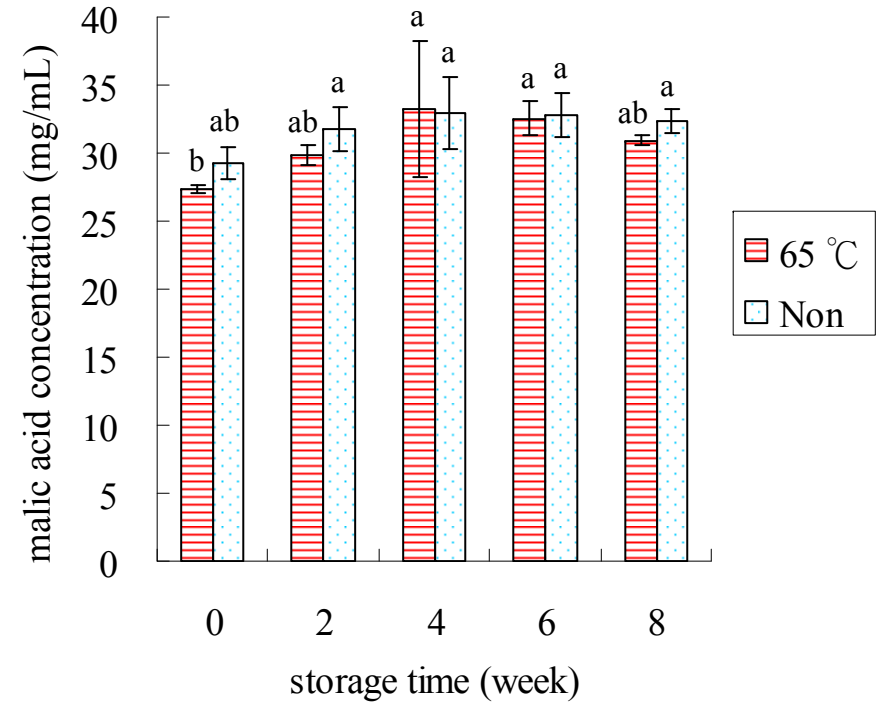
^{a-b} Mean in the same bar (malic acid) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

^{A-B} Mean in the same bar (tartaric acid) with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

(c)



(d)

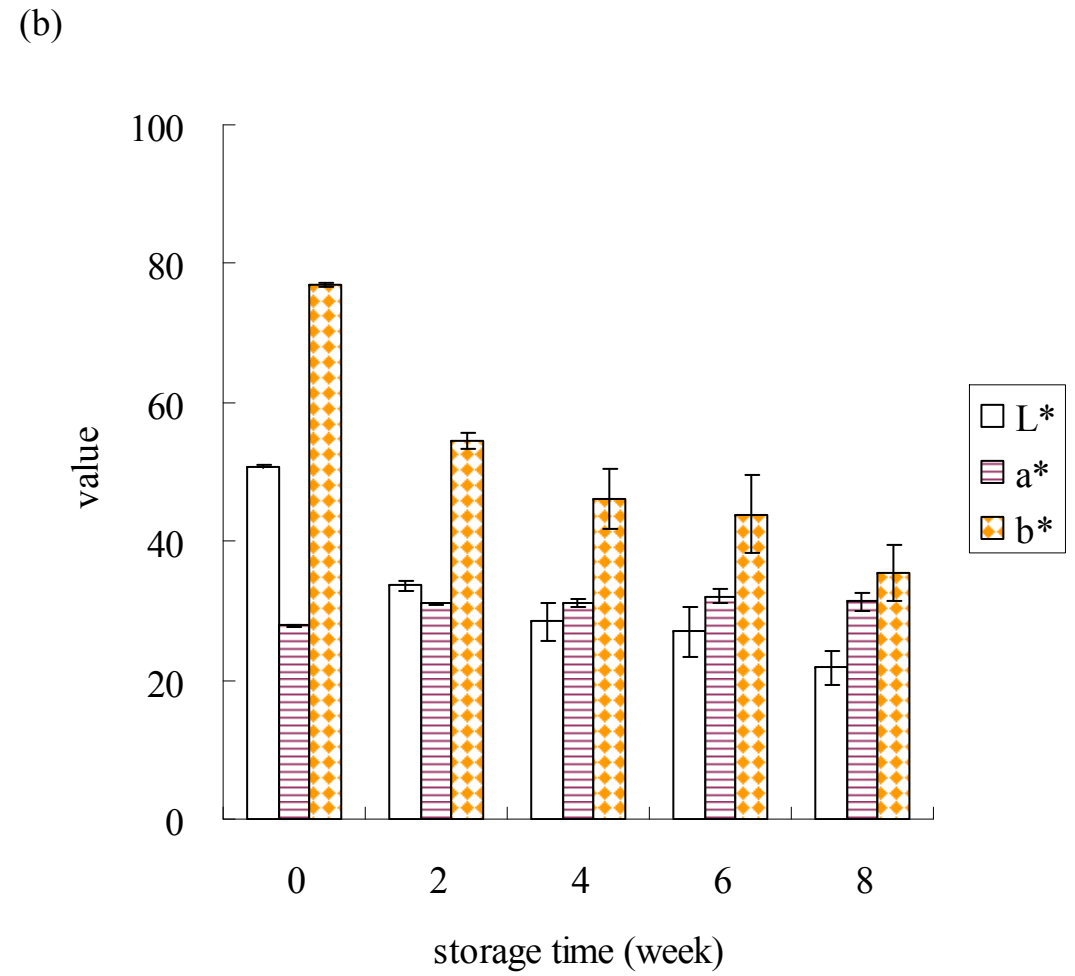
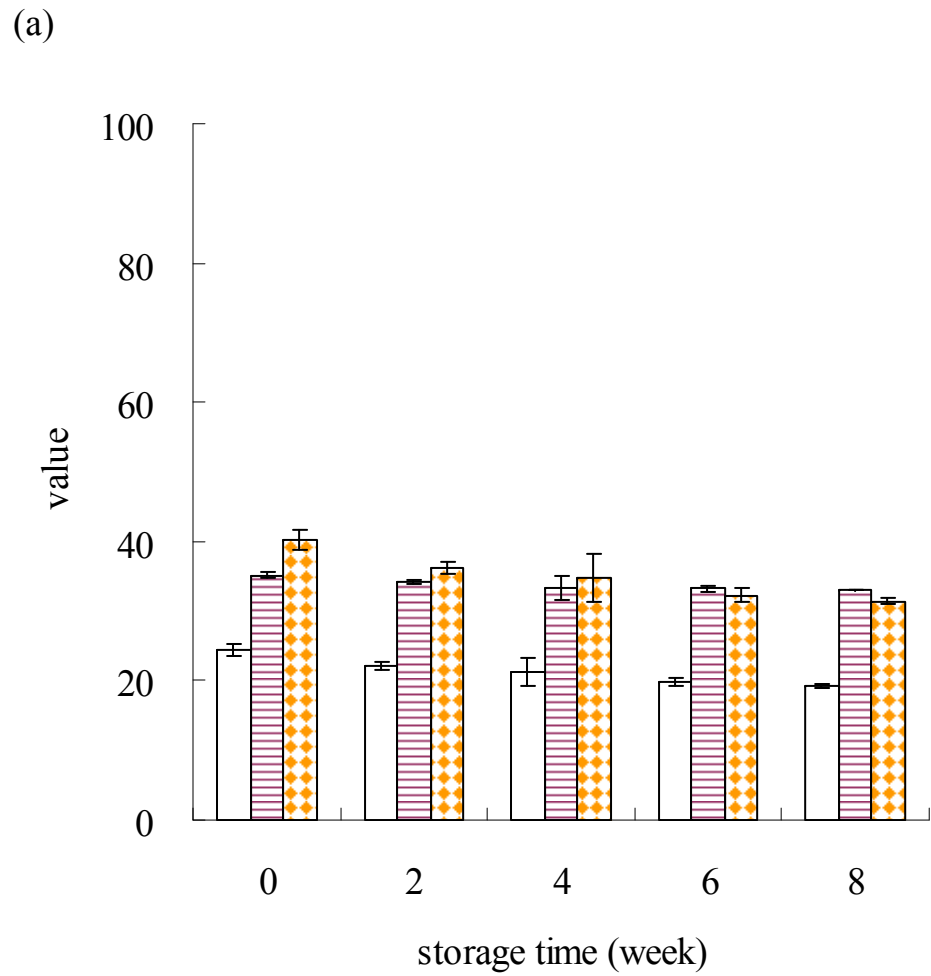


圖四十一、Noni 果汁於不同儲藏時間之主要有機酸含量。(c)：tartaric acid；(d)：malic acid。

Fig. 41. The major organic acid contents of noni juice at different storage time. (c): tartaric acid; (d): malic acid.

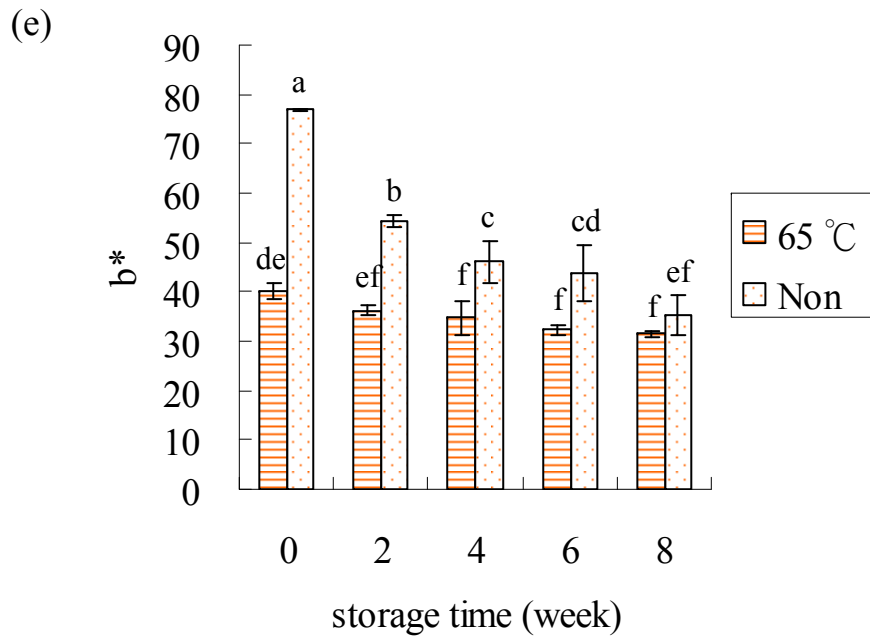
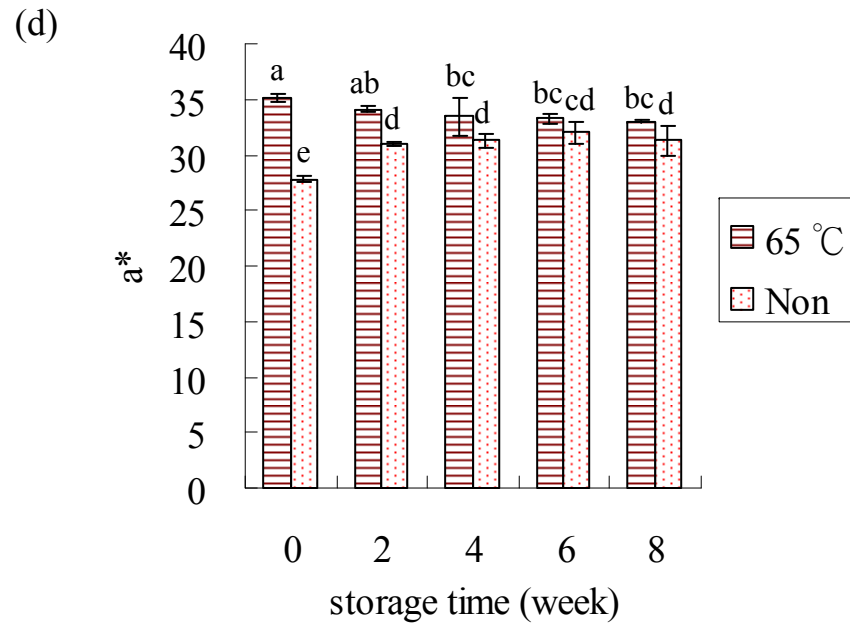
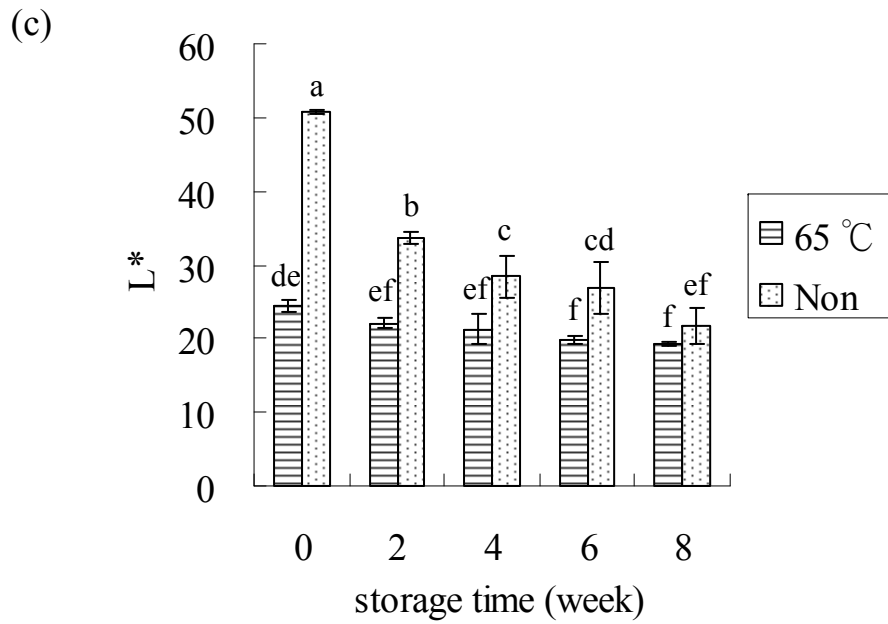
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

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



圖四十二、Noni 果汁於不同儲藏時間之顏色。(a)：65 °C 加熱殺菌；(b)：未加熱殺菌。

Fig. 42. The color values of noni juice at different storage time. (a): 65 °C ; (b): Non.



圖四十二、Noni 果汁於不同儲藏時間之顏色。(c)：L*值；

(d)：a*值；(e)：b*值。

Fig. 42. The color values of noni juice at different storage time. (c): L* value ; (d): a* value ; (e): b* value.

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

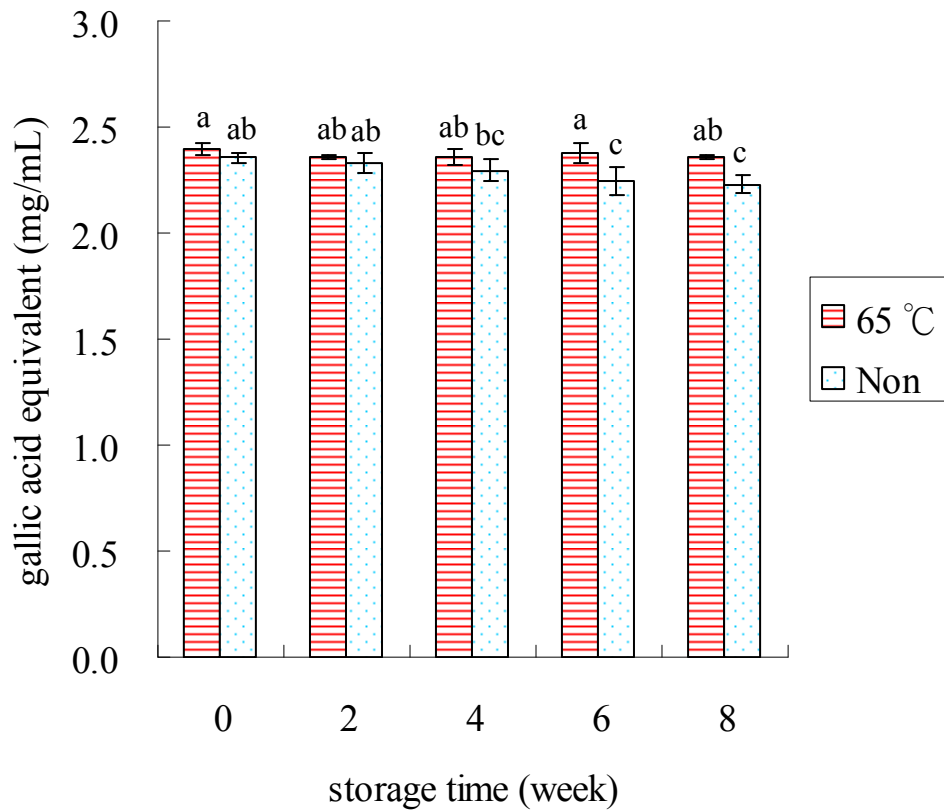
^{a-f} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

長，其 L^* 、 a^* 和 b^* 值些微下降。由此結果可知兩個月之儲藏時間對經殺菌之 noni 果汁之顏色不具有很明顯的影響，只有些微的變化。從實驗結果 (圖四十二 b) 可以得知未經熱處理之 noni 果汁於兩個月之儲藏過程中，隨著儲藏時間之增長，其 L^* 值明顯下降，顯示出 noni 果汁之顏色隨著儲藏時間之增加越傾向於黑色；而其 a^* 值些微上升，顯示出 noni 果汁之顏色隨著儲藏時間之增加越傾向於紅色；而其 b^* 值明顯下降，顯示出 noni 果汁之顏色隨著儲藏時間之增加越不黃。故儲藏時間對未經熱處理之 noni 果汁之顏色有很明顯的影響，儲藏時間越長，顏色就越深。而未經熱處理之 noni 果汁之顏色的改變，可能與褐變 (酵素性和非酵素性) 或縮合單寧含量有關。將 L^* 、 a^* 和 b^* 值個別探討，從圖四十二 c-e 可以得知未經熱處理之 noni 果汁經兩個月之儲存，其 L^* 、 a^* 和 b^* 值會漸漸趨近於經熱處理之 noni 果汁。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 noni 果汁之色澤不再有明顯地變化。

二、 功能性化合物含量

1. 總酚類化合物含量測定

從實驗結果 (圖四十三)(附錄二十六) 可以得知經兩個月之



圖四十三、Noni 果汁於不同儲藏時間之總酚含量。

Fig. 43. The total phenolic compounds contents of noni juice in terms of gallic acid equivalent at different storage time.

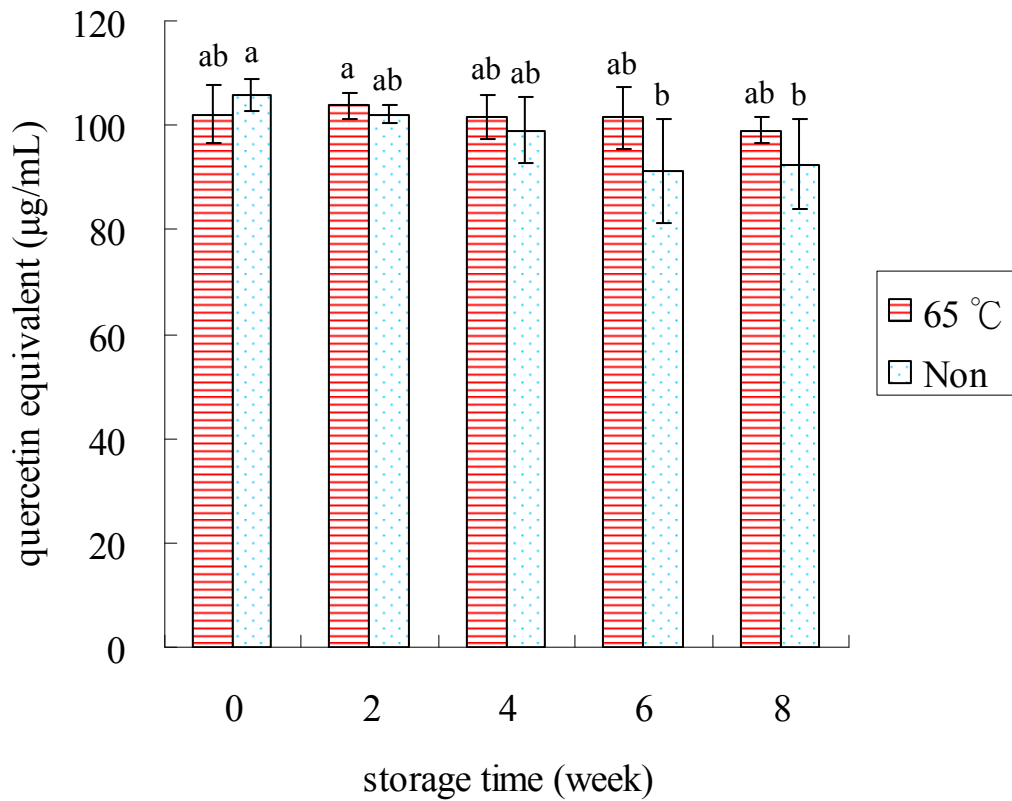
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

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

室溫儲藏，有經熱處理之 noni 果汁中的總酚類化合物含量並沒有顯著之改變，而未經熱處理之 noni 果汁中的總酚類化合物含量會隨著儲藏時間之增加而下降，於儲藏第六週後有顯著的下降。文獻指出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。而未經熱處理之 noni 果汁中可能具有水解糖苷或酯鍵之酵素存在，所以於儲藏過程中會慢慢水解酚類化合物上之糖苷或酯鍵，使酚類化合物呈現較不穩定之型態，而於儲藏過程中慢慢被破壞，故總酚類化合物含量會慢慢減少。而經熱處理之 noni 果汁則因加熱而使水解性酵素失活，故酚類化合物仍以穩定之型態存在，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。而從第 0 週來看，再次說明殺菌對 noni 果汁中之總酚類化合物含量沒有顯著的影響。而從此實驗可知熱處理有利於 noni 果汁中之總酚類化合物之儲藏。

2. 類黃酮含量測定

從實驗結果 (圖四十四)(附錄二十六) 可以得知經兩個月之室溫儲藏，有經熱處理之 noni 果汁中的類黃酮含量隨著儲藏時間之增加而有些微的改變，但不具顯著之差異，而未經熱處理之 noni 果汁中的類黃酮含量隨著儲藏時間之增加而降低，於儲藏第六週後有顯著的下降。由此可推測未經熱處理之 noni 果汁於儲藏過程



圖四十四、Noni 果汁於不同儲藏時間之類黃酮含量。

Fig. 44. The flavonoids contents of noni juice in terms of quercetin equivalent at different storage time.

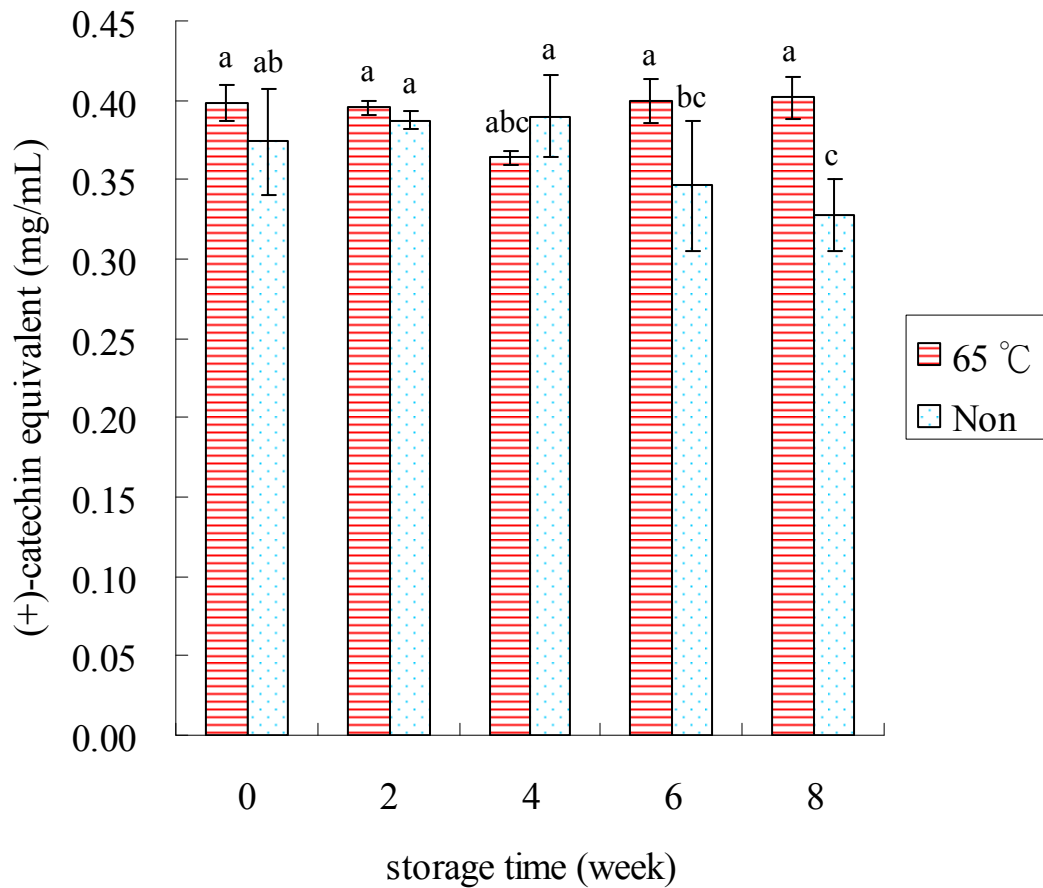
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

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

中，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。而經熱處理之 noni 果汁中的類黃酮含量不具顯著之改變，推測可能原因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。而從第 0 週來看，說明了殺菌對 noni 果汁中之類黃酮化合物含量並沒有顯著的影響。而從此實驗可知熱處理有利於 noni 果汁中之類黃酮化合物之儲藏。

3. 縮合單寧含量測定

從實驗結果 (圖四十五)(附錄二十六) 可以得知經兩個月之室溫儲藏，有經熱處理之 noni 果汁中的縮合單寧含量不會有顯著的變化，而未經加熱之 noni 果汁中的縮合單寧含量隨著儲藏時間之增加而降低，於儲藏第六週後有顯著的下降。而未經熱處理之 noni 果汁中可能具有水解或聚合性酵素存在，故於儲藏過程中會慢慢被水解破壞或聚合成大分子之縮合單寧而沉澱，故縮合單寧含量會降低。而經熱處理之 noni 果汁則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。而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。而未經熱處理之 noni 果汁中的縮合單寧含量並無增加之趨勢，由此可知未經熱處理之 noni 果汁於儲藏過程中之顏



圖四十五、Noni 果汁於不同儲藏時間之縮合單寧含量。

Fig. 45. The condensed tannins contents of noni juice in terms of (+)-catechin equivalent at different storage time.

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

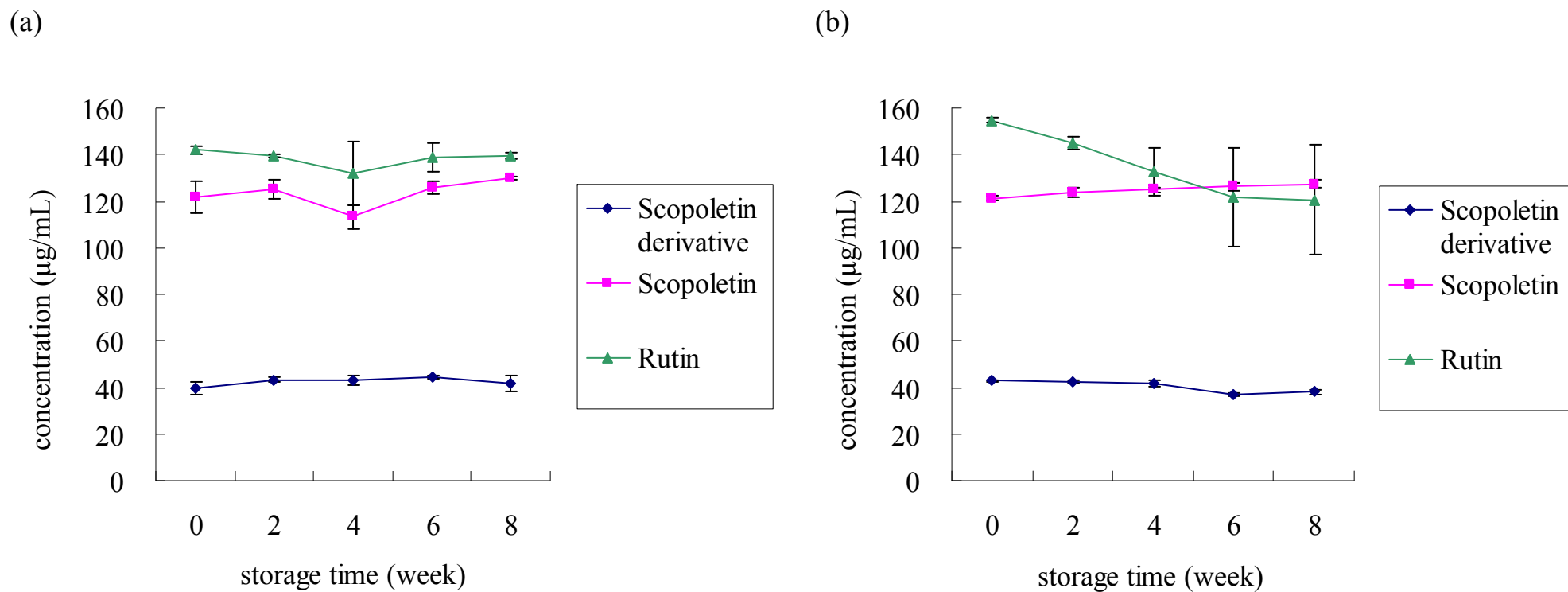
^{a-c} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

色變化的主要原因來自於褐變反應。而從第 0 週來看，亦再次說明殺菌 (65 °C，48 小時) 對 noni 果汁中之縮合單寧化合物含量沒有顯著的影響。而從此實驗可知熱處理有利於 noni 果汁中之縮合單寧化合物之儲藏。

4. Rutin、scopoletin 及其衍生物含量測定

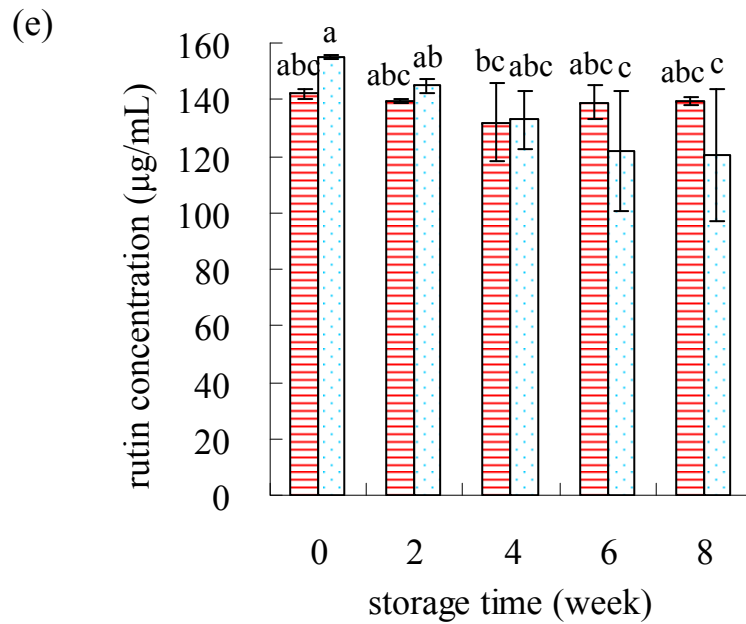
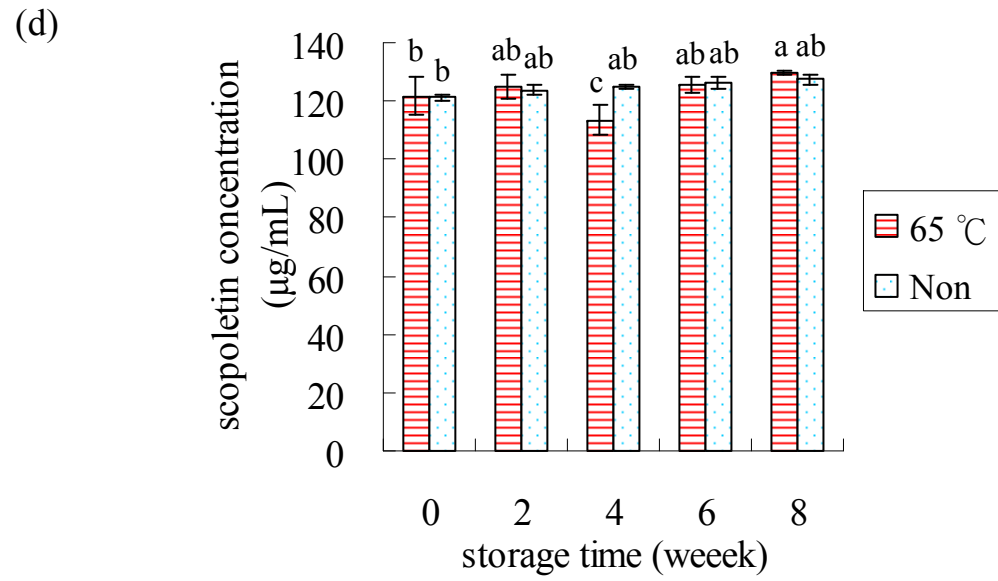
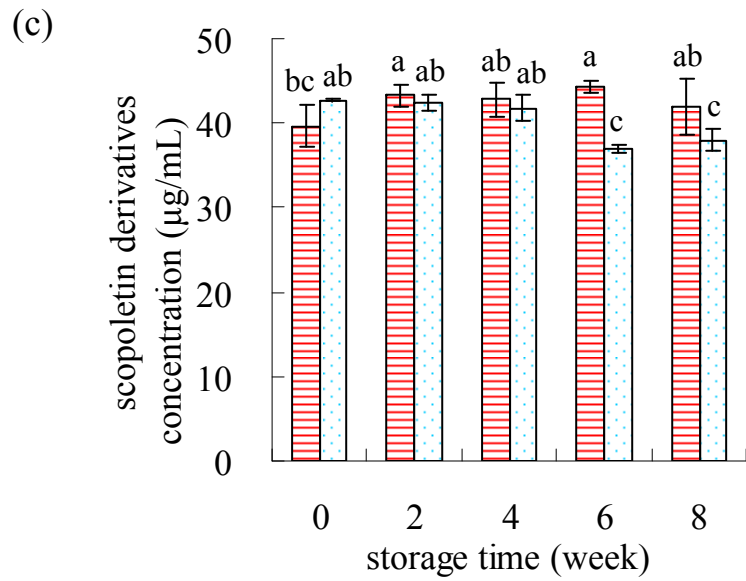
從實驗結果 (圖四十六 a-e) (附錄二十六) 可以得知經兩個月之室溫儲藏，有經熱處理之 noni 果汁中的 rutin、scopoletin 和 scopoletin 衍生物含量沒有明顯的改變，而未經熱處理之 noni 果汁中的 scopoletin 含量亦沒有明顯的改變，而 scopoletin 衍生物和 rutin 含量隨著儲藏時間之增加而降低，於儲藏第六週後有顯著減少之趨勢。由此結果顯示未經熱處理之 noni 果汁中的功能性化合物含量變化較大，此主要原因可能與存在的水解酵素有很大的關聯。而經熱處理之 noni 果汁則因加熱而使酵素失活，而使功能性化合物不受到酵素之破壞，故於儲藏過程中不會有所變化。而從第 0 週來看，亦再次說明殺菌對 noni 果汁中之 scopoletin 衍生物、scopoletin 和 rutin 含量沒有顯著的影響。而從此實驗可知熱處理有利於 noni 果汁中之功能性化合物之儲藏。

Scopoletin 衍生物與 scopoletin 具有很大的相關性。而未經熱處理之 noni 果汁中的 scopoletin 衍生物減少，而 scopoletin 含量



圖四十六、Noni 果汁於不同儲藏時間之 scopoletin 衍生物、scopoletin 和 rutin 含量。(a)：65 °C 加熱殺菌；(b)：未加熱殺菌。

Fig. 46. The contents of rutin, scopoletin and scopoletin derivative of noni juice at different storage time. (a): 65 °C; (b): Non.



圖四十六、Noni 果汁於不同儲藏時間之 scopoletin 衍生物、scopoletin 和 rutin 含量。(c) : scopoletin 衍生物 ; (d) : scopoletin ; (d) : rutin 。

Fig. 46. The contents of rutin, scopoletin and scopoletin derivative of noni juice at different storage time. (c): scopoletin derivative; (d): scopoletin; (d): rutin.

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

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

卻沒有增加，其可能原因為 scopoletin 衍生物於儲藏過程中僅水解掉一個糖基，形成另一種 scopoletin 衍生物，所以 scopoletin 含量沒有增加。亦有可能於儲藏過程中，noni 果汁中的 scopoletin 之生成量相當於 scopoletin 之減少量，故 scopoletin 含量於整體上沒有改變。

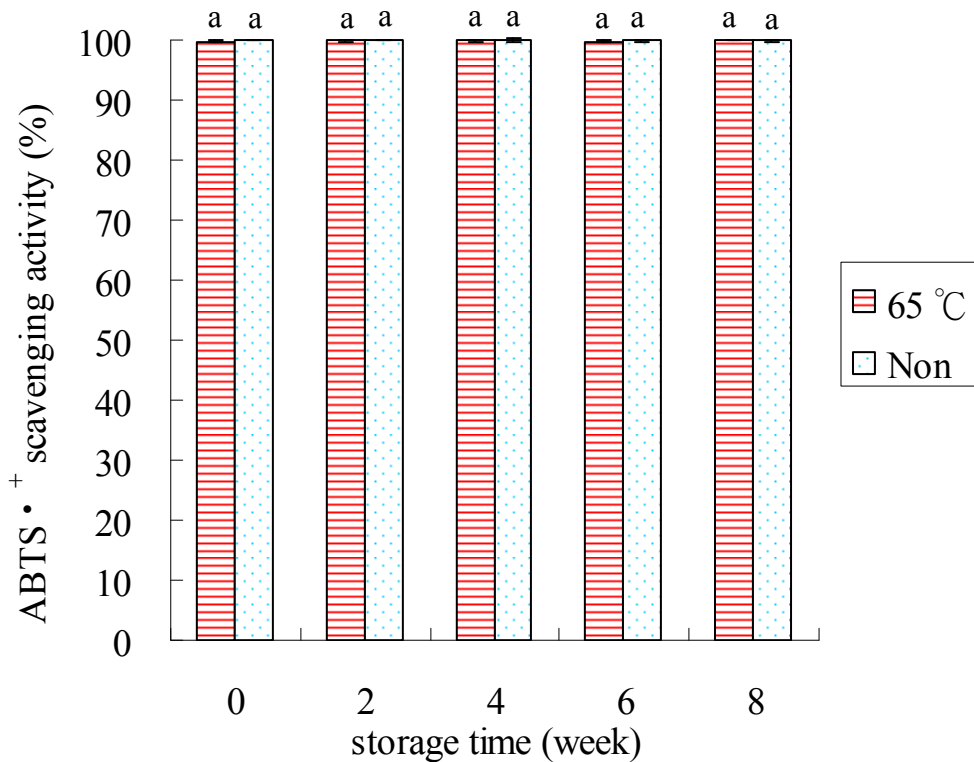
三、生理活性

1. 總抗氧化能力

從實驗結果 (圖四十七 a)(附錄二十七) 可以得知經兩個月之室溫儲藏，不經稀釋之 noni 果汁之 ABTS·⁺ 自由基清除力大約都在 100 % 左右，說明了 noni 果汁經兩個月之室溫儲藏後，仍具有很強的總抗氧化能力。將 noni 果汁經 40 倍稀釋，從結果 (圖四十七 b) 可以得知有經熱處理之 noni 果汁之總抗氧化能力都明顯比未經熱處理之 noni 果汁來得強。而隨著儲藏時間之增加，經熱處理和未經熱處理之 noni 果汁之總抗氧化能力皆不具有明顯的改變。由此可知在室溫下儲藏兩個月不會影響 noni 果汁之總抗氧化能力。

2. DPPH 自由基清除能力

從實驗結果 (圖四十八 a)(附錄二十七) 可以得知經兩個月

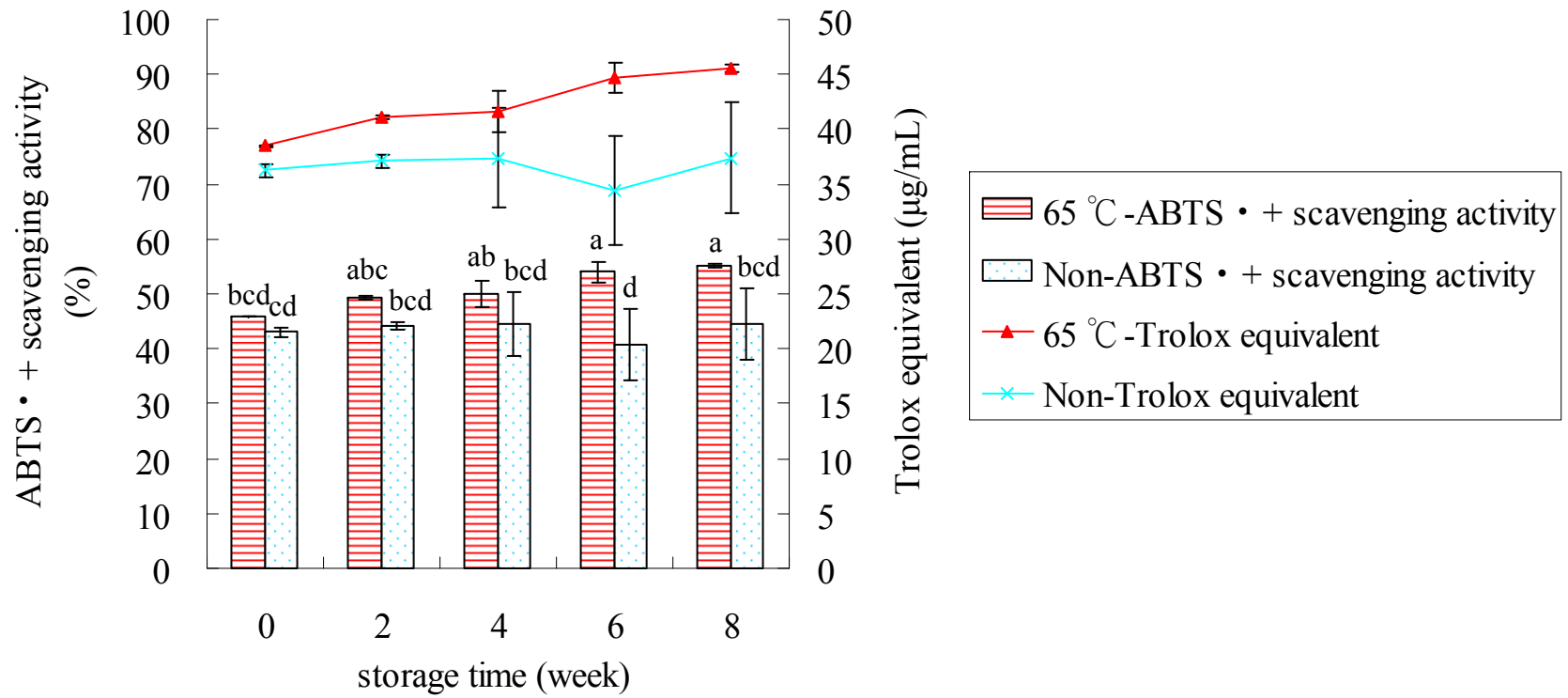


圖四十七 a、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ABTS •⁺ 自由基清除能力 (總抗氧化能力)。

Fig. 47 a. The ABTS •⁺ radical scavenging activity (Trolox equivalent antioxidant capacity) of noni juice at different storage time.

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

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

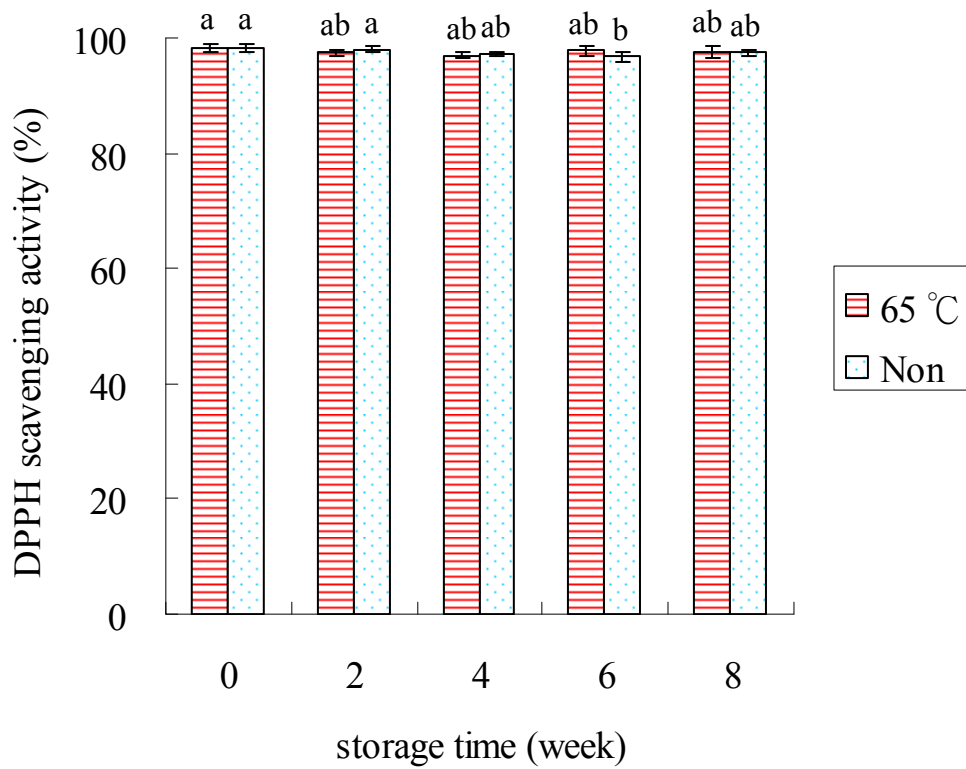


圖四十七 b、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ABTS ·⁺ 自由基清除能力 (40 倍稀釋) 與相對 trolox 含量。

Fig. 47 b. The ABTS ·⁺ radical scavenging activity and trolox equivalent of noni juice (40 fold dilution) at different storage time.

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

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

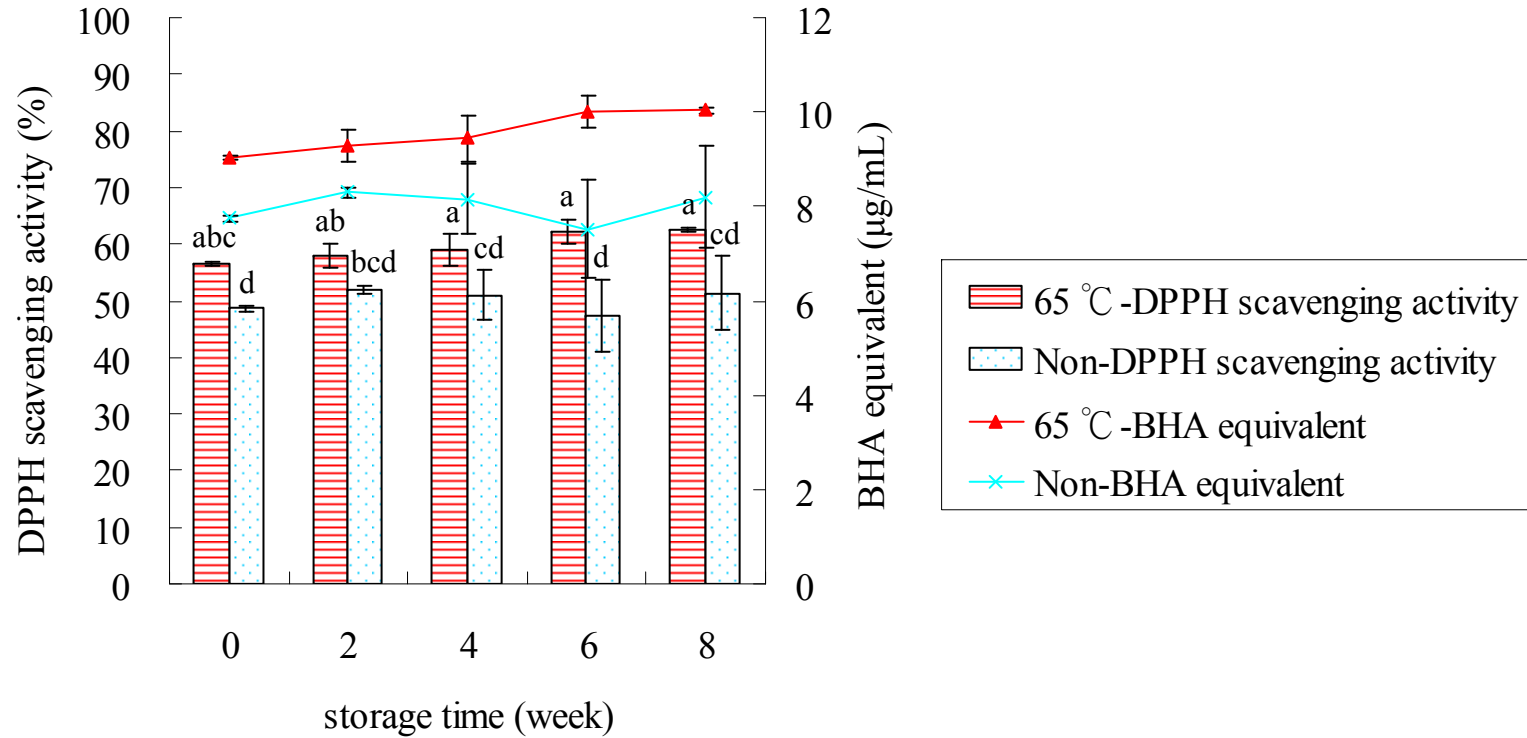


圖四十八 a、Noni 果汁於不同儲藏時間之 DPPH 自由基清除能力。

Fig. 48 a. The DPPH radical scavenging activity of noni juice at different storage time.

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

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



圖四十八 b、Noni 果汁於不同儲藏時間之 DPPH 自由基清除能力 (80 倍稀釋) 與相對 BHA 含量。

Fig. 48 b. The DPPH radical scavenging activity and BHA equivalent of noni juice (80 fold dilution) at different storage time.

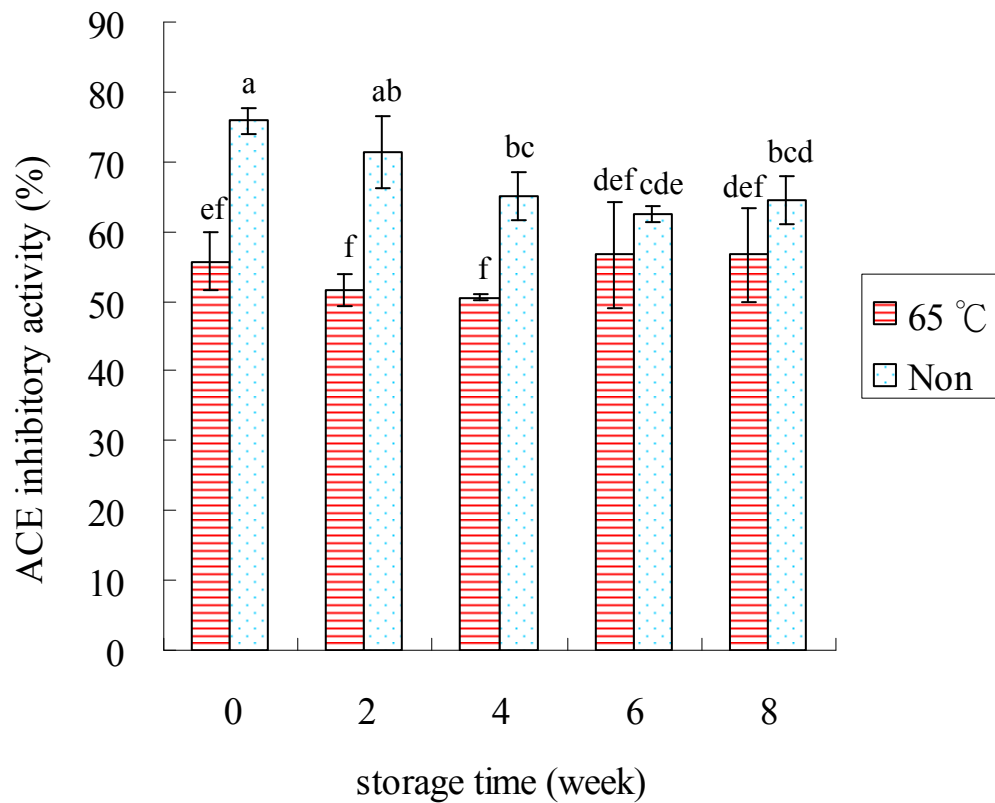
Each value is the mean \pm standard deviation ($n = 3$).

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

之室溫儲藏，不經稀釋之 noni 果汁之 DPPH 自由基清除力大約都在 97% 左右，說明了 noni 果汁經兩個月之室溫儲藏後，仍具有很強之 DPPH 自由基清除能力，此結果與總抗氧化能力之結果相同。將 noni 果汁經 80 倍稀釋，從結果 (圖四十八 b) 可以得知有經熱處理之 noni 果汁之 DPPH 清除能力都明顯比未經熱處理之 noni 果汁來得強。而隨著儲藏時間之增加，經熱處理和未經熱處理之 noni 果汁之 DPPH 自由基清除能力皆不具有顯著的改變。由此可知在室溫下儲藏兩個月不會影響 noni 果汁之 DPPH 自由基清除能力。

3. ACE 抑制活性

樣品經三倍稀釋後，進行 ACE 抑制活性之分析。從實驗結果 (圖四十九) (附錄二十八) 可以得知經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率皆比未經熱處理之 noni 果汁來得低。從第 0 週來看，說明殺菌對 noni 果汁之 ACE 抑制活性有很顯著的影響。經兩個月之室溫儲藏，未經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率隨著時間之增加而有顯著的下降，而有經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率則沒有顯著的變化。此結果主要原因可推測如下，加熱殺菌會破壞 noni 果汁中之不穩定的 ACE 抑制物，剩下為較穩定的抑制物，故經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率於儲藏過程中能穩定



圖四十九、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ACE 抑制率 (3 倍稀釋)。

Fig. 49. The ACE inhibitory activity of noni juice (3 fold dilution) at different storage time.

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

^{a-f} Mean with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$).

而不變。而未經加熱處理之 noni 果汁中含有不穩定和穩定之 ACE 抑制物，故起初之 ACE 之抑制率比經熱處理之 noni 果汁來得高，而不穩定之 ACE 抑制物於儲藏過程中會慢慢被破壞，故未經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率於儲藏過程中會慢慢下降，於儲藏第四週後有顯著的下降，此時未經熱處理之 noni 果汁之 ACE 抑制率雖比經熱處理之果汁來得高，但已不具有顯著的差異。

四、 總生菌數

從實驗結果 (附錄二十九) 可以得知經兩個月之室溫儲藏，noni 果汁之總生菌數皆在可數範圍 (25-250 CFU) 之下，故總生菌數為 TFTC (too few to count)。由此可知於微生物之考量方面，未經加熱殺菌之 noni 果汁於室溫儲藏兩個月後，仍可安全食用。

五、 總結

統整上述實驗結果 (附錄三十)，顯示經熱處理之 noni 果汁之色澤、功能性成分含量及生理活性較穩定，於兩個月之室溫儲藏過程中並無顯著之改變。而未經熱處理之 noni 果汁之色澤、功能性成分含量及生理活性則較不穩定，經兩星期室溫儲藏後已有許多功能性成分含量和生理活性開始損失，而於色澤上也有很明顯的變化。由此實驗得知經熱處理之部份發酵 noni 果汁在室溫下具有較穩定之儲藏性。

伍、結論

於第一部分之發酵實驗結果得知於 0 至 4 週之發酵時間，以發酵 4 週之 noni 果汁為較佳，具有較高之果汁產率和較高之功能性化合物含量和生理活性。而從微生物之結果得知 noni 果在不被外界污染及適度之洗滌之下，noni 果汁中之總生菌數極低 (小於 25 CFU/mL)，無需加熱殺菌則可安心食用。然而，加工廠及生產環境之污染是很難做到完全避免之可能，故加熱殺菌可以降低衛生安全之虞慮，也可提高消費者對產品之食用安心。

於第二部分之殺菌實驗發現有經殺菌處理之 noni 果汁之功能性化合物含量 (總酚化合物、Scopoletin 衍生物、scopoletin 和 rutin) 幾乎沒有很明顯的變化，而生理活性 (總抗氧化能力) 則比未經殺菌之 noni 果汁來得佳，且長時間殺菌比短時間殺菌來得好。於兩種不同溫度的殺菌條件中，以 65 °C 加熱 48 小時為較佳。此部份與預期結果有所差異，加熱並未破壞 noni 果汁之功能性化合物，且其生理活性反而增高。其原因為 scopoletin 衍生物和 scopoletin 對熱穩定，而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，所以經熱處理之 noni 果汁之功能性化合物含量不會有所減少。而 noni 果汁於加熱過程中可能有新的化合物生成，此化合物可能具

有強的抗氧化能力，如非酵素褐變之梅納反應之產物，故加熱後 noni 果汁之抗氧化能力因而增加。

於第三部分之儲藏實驗發現經熱處理之 noni 果汁之色澤、功能性成分含量及生理活性較穩定，於兩個月之室溫儲藏過程中並無顯著之改變。而未經熱處理之 noni 果汁之色澤、功能性成分含量及生理活性則較不穩定，經兩星期室溫儲藏後已有許多功能性成分含量 (總酚類化合物、類黃酮、縮合單寧、scopoletin 衍生物和 rutin) 和生理活性 (ACE 抑制率) 開始損失，而於色澤上也有很明顯的變化。故可知經熱處理之部份發酵 noni 果汁在室溫下具有較穩定之儲藏性。其主要原因為加熱能使酵素失活，故於儲藏過程中可避免功能性化合物被酵素水解而破壞。由此方面可以得知於儲藏過程中，noni 果汁經過熱處理可以有利於品質之維持。而由另一方面可以得知，未經殺菌之 noni 果汁於室溫下保存兩個月之生菌數皆在可數範圍 (25-250 CFU) 之下，故總生菌數為 TFTC (too few to count)，由此結果可知未經殺菌之 noni 果汁在不受污染的情況下，於室溫下儲藏兩個月仍可安心食用。

陸、參考文獻

李昌、謝明勇、陳軍輝、聶少平和黃优生 (2006) HPLC 法測定庫克 Noni 果汁中游离态水溶性維生素。南昌大學學報 (理科版) 30(3): 258-261。

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。

張慧敏 (2002) 神奇的諾麗。台灣 生智出版社。

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胜肽。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。

American Chemical Society (2000) Noni plant may yield new drugs to fight tuberculosis. Press release the 2000 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies.

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

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.
- Bushnell, O. A., Fukuda, M. and Makinodan, T. (1950) The antibacterial properties of some plants found in Hawaii. *Pac. Sci.* 4: 167-183.
- 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.
- Carpinella, M. C., Ferrayoli, C. G. and Palacios, S. M. (2005) Antifungal synergistic effect of scopoletin, a hydroxycoumarin isolated from *Melia azedarach* L. fruits. *J. Agric. Food Chem.* 53: 2922-2927.
- Chan-Blanco, Y., Vaillant, F., Pérez, A. M., Belleville, M.-P., Zúñiga, C. and Brat, P. (2007) The ripening and aging of noni fruits (*Morinda citrifolia* L.): microbiological flora and antioxidant compounds. *J. Sci. Food Agric.* 87: 1710–1716.
- 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.
- Chen, C. H. and Lin, J. Y. (1992) Inhibition of angiotensin-I-converting enzyme by tetrahydroxyxanthones isolated from *Tripterospermum lanceolatum*. *J. Nat. Pro.* 55: 691-695.
- Choi, Y., Lee, S. M., Chun, J., Lee, H. B. and Lee, J. (2006) Influence of

- heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem. 99: 381-387.
- 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.
- 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.
- Dalsgaard, P. W., Potterat, O., Dieterle, F., Paululat, T., Kühn, T. and Hamburger, M. (2006) Noniosides E - H, new trisaccharide fatty acid esters from the fruit of *Morinda citrifolia* (Noni). Planta. Med. 72: 1322-1327.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K. and Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 50: 3010-3014.
- Dittmar, A. (1993) *Morinda citrifolia* L.- use in indigenous Samoan medicine. J. Herbs Spices Med. Plants 1(3): 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.
- Duh, P-D., Tu, Y-Y., and Yen, G-C. (1999) Antioxidant activity of water extract of Harnng Jyur (*Chrysanthemum morifolium* Ramat). Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 32: 269-277.
- Duncan, S. H., Flint, H. J. and Stewart, C. S. (1998) Inhibitory activity of gut bacteria against *Escherichia coli* O157 mediated by dietary plant

- metabolites. FEMS Micro. Biol. Lett. 164: 283-288.
- Elkins, R. (1998) Hawaiian Noni (*Morinda citrifolia*) Prize Herb of Hawaii and the South Pacific. Woodland Publishing. Utah.
- Erdos, E. G. (1975) Angiotensin I converting enzyme. Circ. Res. 36: 247-255.
- 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.-P., Legal, L., Moreteau, B. and Quere, J.-L. L. (1996) Volatile components of ripe fruits of *Morinda citrifolia* and their effects on *Drosophila*. Phytochem. 41: 433-438.
- Hansen, K., Adsersen, A., Brogger Christensen, S., Rosendal Jensen, S., Nyman, U. and Wagner Smitt, U. (1996) Isolation of an angiotensin converting enzyme (ACE) inhibitor from *Olea europaea* and *Olea lancea*. Phytomedicine 2: 319-325.
- Hansen, K., Nyman, U., Smitt, U. W., Adsersen, A., Gudiksen, L., Rajasekharan, S. and Pushpangadan, P. (1995) In vitro screening of traditional medicines for anti-hypertensive effect based on inhibition of the angiotensin converting enzyme (ACE). J. Ethnopharmacol. 48: 43-51.
- Heinicke, R.M. (1985) The pharmacologically active ingredient of Noni. Bulletin of the National Tropical Botanical Garden 15: 10-14.
- Hirazumi, A., Furusawa, E., Chow, S. C. and Hokama, Y. (1994) Anticancer activity of *Morinda citrifolia* (noni) in intraperitoneally implanted Lewis lung carcinoma in syngeneic mice. Proc. West. Pharmacol. Soc. 37: 145-146.

- 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.
- Hirazumi, A. and Furusawa, E. (1999) An immunomodulatory polysaccharide-rich substance from the fruit juice of *Morinda citrifolia* (noni) with antitumour activity. Phytother. Res. 13 (5): 380-387.
- Inoue, K., Nayeshiro, H., Inouye, H. and Zenk, M. (1981)
Anthraquinones in cell suspension culture of *Morinda citrifolia*.
Phytochem. 20: 1693-1700.
- Jagetia, G. C. and Baglia, M. S. (2004) The evaluation of nitric oxide scavenging activity of certain Indian medicinal plants in vitro: a preliminary study. J. Med. Food. 7: 343-348.
- Jayaraman, S. K., Manoharan, M. S. and Illanchezian, S. (2008)
Antibacterial, Antifungal and Tumor cell suppression potential of *Morinda citrifolia* fruit extracts. International Journal of Integrative Biology 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.
- Kamiya, K., Tanaka, Y., Endang, H., Umar, M. and Satake, T. (2005) New anthraquinone and iridoid from the fruits of *Morinda citrifolia*. Chem. Pharm. Bull. 53: 1597-1599.

- Kim, W. Y., Kim, J. M., Han, S. B., Lee, S. K., Kim, N. D., Park, M. K., Kim, C. K. and Park, J. H. (2000) Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J. Nat. Prod.* 63: 1702-1704.
- 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.
- Levand, O. and Larson, H. O. (1979) Some chemical constituents of *Morinda citrifolia*. *Planta Med.* 36: 186-187.
- Li, C., Xie, M. Y., Nie, S. P., Chen, J. H. and Barbara, Z. (2006) Study on free radical scavenging in vitro and antioxidative activity of extracts from Cook noni (*Morinda citrifolia*) juice. *Nat. Prod. Res. & Dev.* 18: 373-377.
- 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.
- 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.
- Liu, G., Bode, A., Ma, W.-Y., Sang, S., Ho, C.-T. and Dong, Z. (2001) Two novel glycosides from the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) inhibit AP-1 transactivation and cell transformation in the mouse epidermal JB6 cell line. *Cancer Res.* 61: 5749-5756.
- Loizzo, M. R., Said, A., Tundis, R., Rashed, K., Statti, G. A., Hufner, A. and Menichini, F. (2007) Inhibition of Angiotensin Converting Enzyme (ACE) by Flavonoids isolated from *Ailanthus excelsa* (Roxb)

- (Simaroubaceae). *Phytother. Res.* 21: 32-36.
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D., Nicoli, M. C. and Lerici, C. R. (2001) Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends food sci. technol.* 11: 340-346.
- Matsui, T., Matsufuji, H., Seki, E., Osajima, K., Nakashima, M. and Osajima, Y. (1993) Inhibition of angiotensin I-converting enzyme by *Bacillus licheniformis* alkaline protease hydrolyzates derived from sardine muscle. *Biosci. Biotech. Biochem.* 57: 922-925.
- McClatchey, W. (2002) From Polynesian healers to health food stores: changing perspectives of *Morinda citrifolia* (Rubiaceae). *Integral Cancer Therapy* 1: 110-120.
- McCord, J. M. (2000) The evolution of free radicals and oxidative stress. *Am. J. Med.* 108 (8): 652-659.
- 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.
- Miyoshi, S., Ishikawa, H., Kaneko, T., Fukui, F., Tanaka, H. and Maruyama, S. (1991) Structures and activity of angiotensin converting enzyme inhibitors in an α -zein hydrolysate. *Agric. Biol. Chem.* 55: 1313-1318.
- Moorthy, N. K. and Reddy, G. S. (1970) Preliminary phytochemical and pharmacological study of *Morinda citrifolia* Linn. *Antiseptic.* 67: 167-171.
- Morigawa, A., Kitabatake, K., Fujimoto, Y. and Ikekawa, N. (1986) Angiotensin converting enzyme inhibitory triterpenes from *Ganoderma*

- lucidum*. Chem. Pharm. Bull. 34 (7): 3025-3028.
- Morota, T., Sasaki, H., Chin, M., Sato, T., Katayama, N., Fukuyama, K. and Mitsuhashi, H. (1987) Studies on the crude drug containing the angiotensin I converting enzyme inhibitors. I. On the active principles of *Lycium chinense* Muller. Japanese Journal of Pharmacognosy: Shoyakugaku Zasshi 41: 169-173.
- 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.
- Najid, A., Simon, A., Cook, J., Chable-Rabinovitch, H., Delage, C., Chulia, A. and Rigvad, M. (1992) Characterization of ursolic acid as a lipoxygenase and cyclooxygenase inhibitor using macrophages, platelets and differentiated HL60 leukemic cells. FEBS 299 (3): 213-217.
- 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 Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources.
- 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.

- Pawlus, A. D., Su, B.-N., Keller, W. J. and Kinghorn, A. D. (2005) An Anthraquinone with Potent Quinone Reductase-Inducing Activity and Other Constituents of the Fruits of *Morinda citrifolia* (Noni). *J. Nat. Prod.* 68: 1720-1722.
- 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.
- Rajab, M. S., Cantrell, C. L., Franzblau, S. G. and Fischer, N. H. (1998) Antimycobacterial activity of (*E*)-phytol and derivatives: a preliminary structure-activity relationship. *Planta Med.* 64: 2-4.
- Raoul, Y. (1947) Etude de la toxicite de la coumarine. Action antagoniste favorable de diverses vitamines et notamment de l'amide nicotinique en utilisant le colibacille comme test. *Bull. Ste. Chim. Biol.* 4-6, 518-525.
- 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.
- Roy, M. K., Takenaka, M. and Isobe, S. (2007) Thermal processing enhances anti-radical activity and reduces pro-oxidant activity in water-soluble fraction of selected *Allium* vegetables. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2259-2265.
- Saludes, J. P., Garson, M. J., Franzblau, S. G. and Aguinaldo, A. M. (2002) Antitubercular constituents from the hexane fraction of *Morinda*

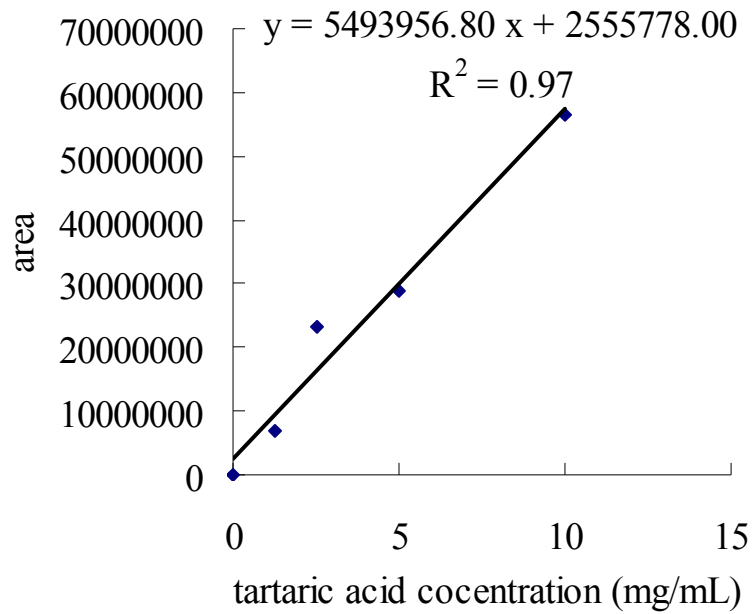
- citrifolia* Linn. (Rubiaceae). *Phytother. Res.* 16: 683-685.
- Samoylenko, V., Zhao, J., Dunbar, D. C., Khan, I. A., Rushing, J. W. and Muhammad, I. (2006) New constituents from noni (*Morinda citrifolia*) fruit juice. *J. Agric. Food Chem.* 54: 6398-6402.
- Sang, S., Cheng, X., Zhu, N., Stark, R. E., Badmaev, V., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. (2001 a) Flavonol glycosides and novel iridoid glycoside from the leaves of *Morinda citrifolia*. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4478-4481.
- Sang, S., He, K., Liu, G., Zhu, N., Cheng, X., Wang, M., Zheng, Q., Dong, Z., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. (2001 b) A New Unusual Iridoid with Inhibition of Activator Protein-1 (AP-1) from the Leaves of *Morinda citrifolia* L. *Org. Lett.* 3 (9): 1307-1309.
- Sang, S., He, K., Liu, G., Zhu, N., Wang, M., Jhoo, J.-W., Zheng, Q., Dong, Z., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. (2001 c) Citrifolinin A, a new unusual iridoid with inhibition of Activator Protein-1 (AP-1) from the leaves of noni (*Morinda citrifolia* L.). *Tetrahedron Lett.* 42: 1823-1825.
- Sang, S., Wang, M., He, K., Liu, G., Dong, Z., Badmaev, V., Zheng, Q. Y., Ghai, G., Rosen, R. T. and Ho, C.-T. (2002) Chemical components in Noni fruits and leaves (*Morinda citrifolia* L.). In: Ho, C. T., Zheng, Q. Y. (Eds.), *Quality Management of Nutraceuticals*. ASC Symposium Series 803, American Chemistry Society, Washington, DC, pp. 134-150.
- 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.
- Shukla, Y. N., Srivastava, A., Kumar, S. and Kumar, S. (1999) Phytotoxic and antimicrobial constituents of *Argyrea speciosa* and *Oenothera biennis*. *J. Ethnopharmacol.* 67: 241-245.
- Singh, D. N., Verma, N., Raghuvanshi, S., Shukla, P. K. and Kulshreshtha, D. K. (2006) Antifungal anthraquinones from *Saprosma fragrans*. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 16: 4512-4514.
- Solomon, N. (1999) *The Noni Phenomenon*. Direct Source Publishing, Utah.
- Srivastava, M. and Singh, J. (1993) A new anthraquinone glycoside from *Morinda citrifolia*. *J. Pharmaco.* 31: 182-184.
- Su, B. N., Pawlus, A. D., Jung, H. A., Keller, W. J., McLaughlin, J. L. and Kinghorn, A. D. (2005) Chemical constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) and their antioxidant activity. *J. Nat. Prod.* 68: 592-595.
- Uchida, S., Ikari, N., Ohta, H., Niwa, M., Nonaka, G., Nishioka, I. and Ozaki, M. (1987) Inhibitory effects of condensed tannins on angiotensin converting enzyme. *Japan J. Pharmacol.* 43: 242-246.
- Ueno, H., Horie, S., Nishi, Y., Shogawa, H., Kawasaki, M., Suzuki, S., Hayashi, T., Arisawa, M., Shimizu, M., Yoshizaki, M. and Morita, N. (1988) Chemical and pharmacological studies on medicinal plants in Paraguay. Geraniin, an angiotensin-converting enzyme inhibitor from 'Paraparai mi,' *Phyllanthus niruri*. *J. Nat. Prod.* 51: 357-359.
- Umezawa, K. (1992) Isolation of 1-methoxy-2-formyl-3-hydroxyl-anthraquinone from *Morinda citrifolia* and neoplasm inhibitors

- containing the same. Japan Kokai Tokyo Koho J P 06 87, 736 (94-87, 736).
- Wagner, H., Elbl, G., Lotter, H. and Guinea, M. (1991) Evaluation of natural products as inhibitors of angiotensin I-converting enzyme (ACE). *Pharmaceutical and Pharmacological Letters* 1: 15-18.
- Wang, M., Kikuzaki, H., Csiszar, K., Boyd, C. D., Maunakea, A., Fong, S. F. T., Ghai, G., Rosen, R. T., Nakatani, N. and Ho, C.-T. (1999) Novel trisaccharide fatty acid ester identified from the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni). *J. Agric. Food Chem.* 47: 4880-4882.
- Wang, M., Kikuzaki, H., Jin, Y., Nakatani, N., Zhu, N., Csiszar, K., Boyd, C., Rosen, R. T., Ghai, G. and Ho, C.-T. (2000) Novel glycosides from noni (*Morinda citrifolia*). *J. Nat. Prod.* 63: 1182-1183.
- Wang, M. Y. and Su, C. (2001) Cancer preventive effect of *Morinda citrifolia* (Noni). *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 952: 161-168.
- Wang, M. Y., West, B. J., Jensen, C. J., Nowicki, D., Chen, S., Palu, A. K. and Anderson, G. (2002) *Morinda citrifolia* (Noni): a literature review and recent advances in Noni research. *Acta. Pharmacol. Sin.* 23 (12): 1127-1141.
- Wu, J. P. and Ding, X. L. (2002) Characterization of inhibition and stability of soy-protein-derived angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides. *Food Res. Int.* 35: 367-375.
- 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.
- Yamaguchi, T., Takamura, H., Teruyoshi, T. and Terao, J. (1998) HPLC

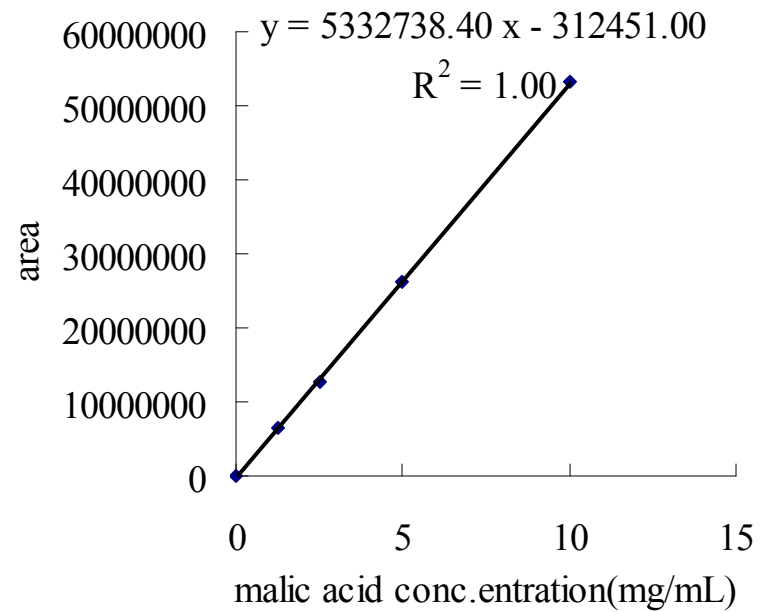
- method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 62 (6): 1201-1204.
- Yang, J., Guo, J. and Yuan, J. (2008) In vitro antioxidant properties of rutin. *Lebensm.-Wiss. Technol.* 41: 1060-1066.
- Yang, J., Paulino, 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
- Young, I. S. and Woodside, J. V. (2001) Antioxidants in health and disease. *J. Clin. Pathol.* 54: 176-186.
- Youngken, H. W. (1958) A study of the root of *Morinda citrifolia* Linn I. *J. Am. Pharm. Assoc.* 47: 162-165.
- Youngken, H. W., Jenkins, H. J. and Butler, C. L. (1960) Studies on *Morinda citrifolia* L. II. *J. Am. Pharm. Assoc.* 49: 271-273.
- Yu, H., Li, S., Huang, M. T. and Ho, C. T. (2004) Anti-inflammatory constituents in Noni (*Morinda citrifolia*) fruits. IFT Annual Meeting 33F-28, July 12-16 Las Vegas, NV.
- Zaidan, M. R. S., Noor, R. A., Badrul, A. R., Adlin, A., Norazah, A. and Zakiah, I. (2005) In vitro screening of five local medicinal plants for antibacterial activity using disc diffusion method. *Tropical Biomedicine* 22 (2): 165-170.
- Zin, Z. M., Abdul-Hamid, A. and Osman, A. (2002) Antioxidative activity of extracts from Mengkudu (*Morinda citrifolia* L.) root, fruit and leaf. *Food Chem.* 78: 227-231.
- <http://www.bentham.org/cmciema/sample/cmciema1-1/vaya/f3.gif>.

柒、附錄



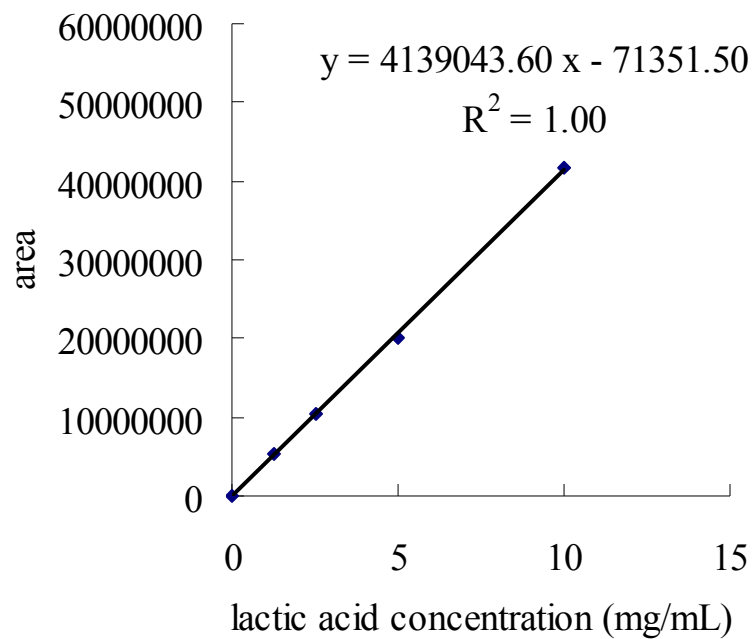
附錄一、酒石酸之標準曲線圖。

Appendix 1. Standard curve of tartaric acid.



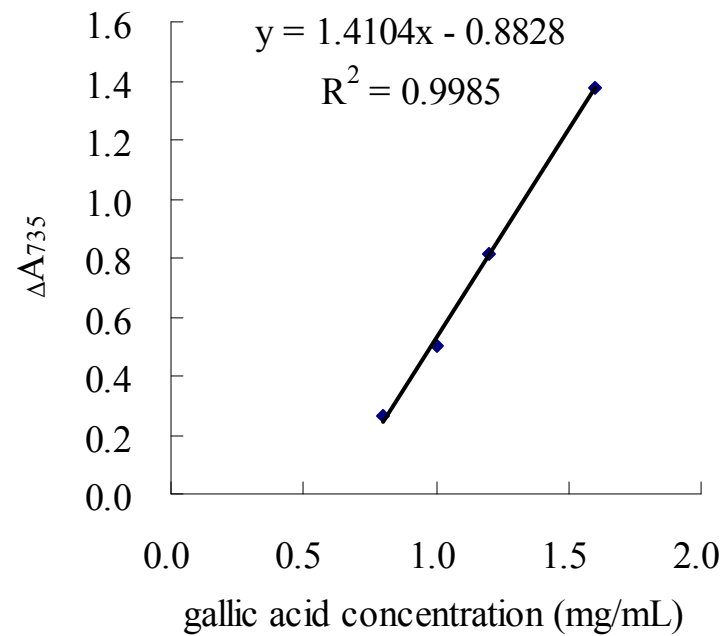
附錄二、蘋果酸之標準曲線圖。

Appendix 2. Standard curve of malic acid.



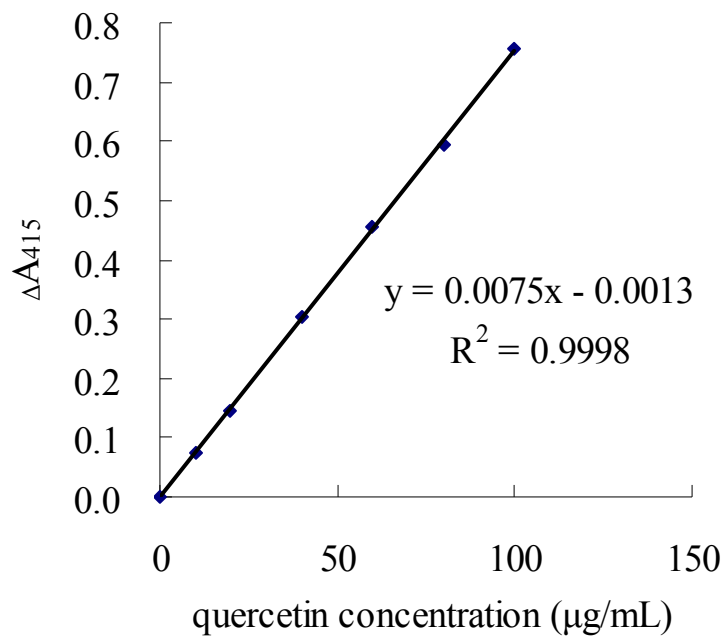
附錄三、乳酸之標準曲線圖。

Appendix 3. Standard curve of lactic acid.



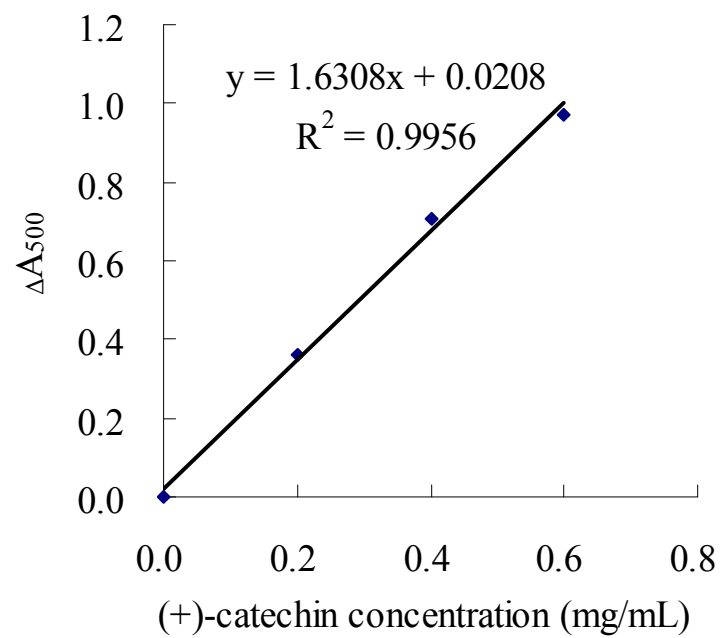
附錄四、沒食子酸之標準曲線圖。

Appendix 4. Standard curve of gallic acid.



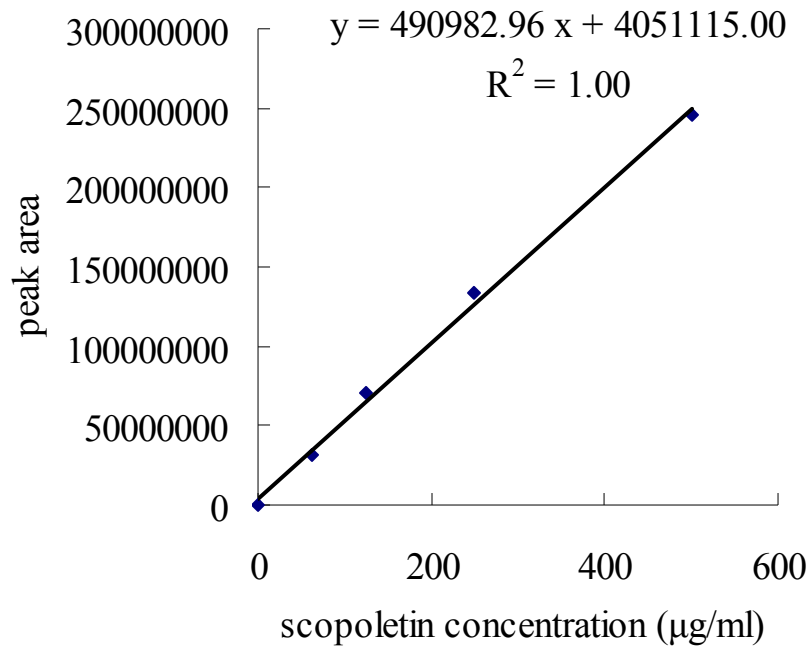
附錄五、槲皮酮之標準曲線圖。

Appendix 5. Standard curve of quercetin.



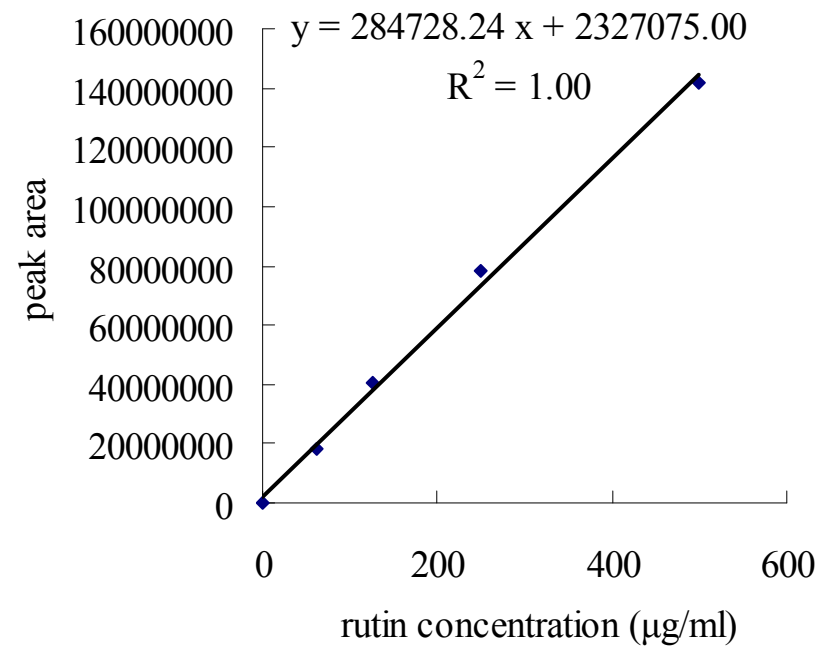
附錄六、兒茶素之標準曲線圖。

Appendix 6. Standard curve of (+)-catechin.



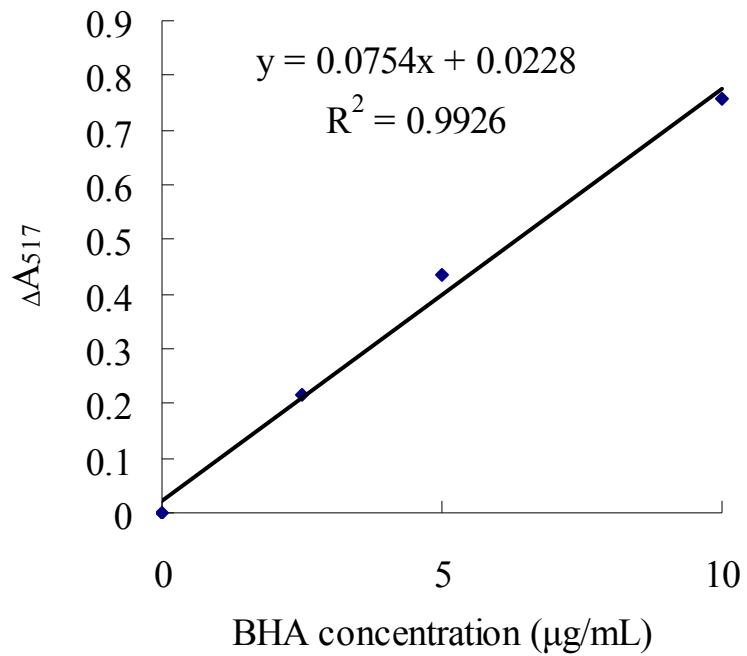
附錄七、Scopoletin之標準曲線圖。

Appendix 7. Standard curve of scopoletin.



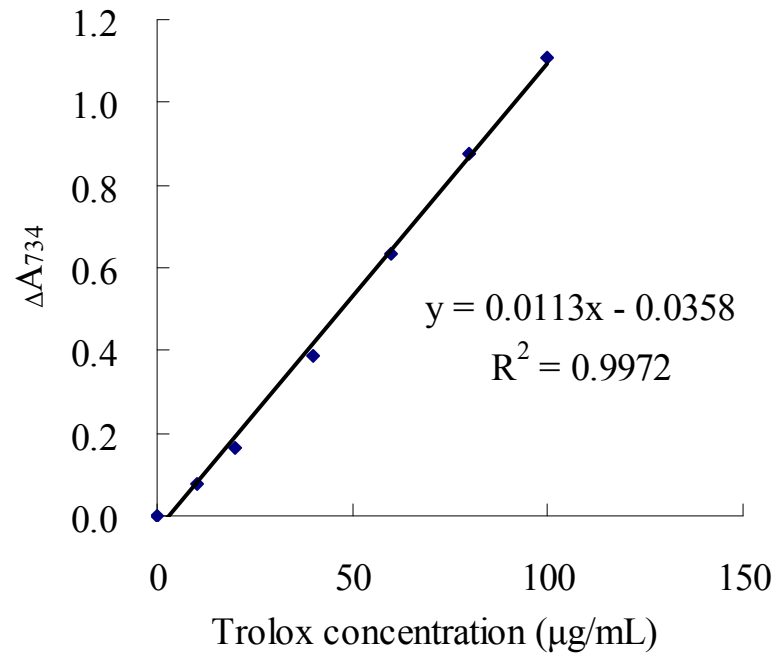
附錄八、Rutin 之標準曲線圖。

Appendix 8. Standard curve of rutin.



附錄九、BHA之標準曲線圖。

Appendix 9. Standard curve of BHA.



附錄十、Trolox 之標準曲線圖。

Appendix 10. Standard curve of trolox.

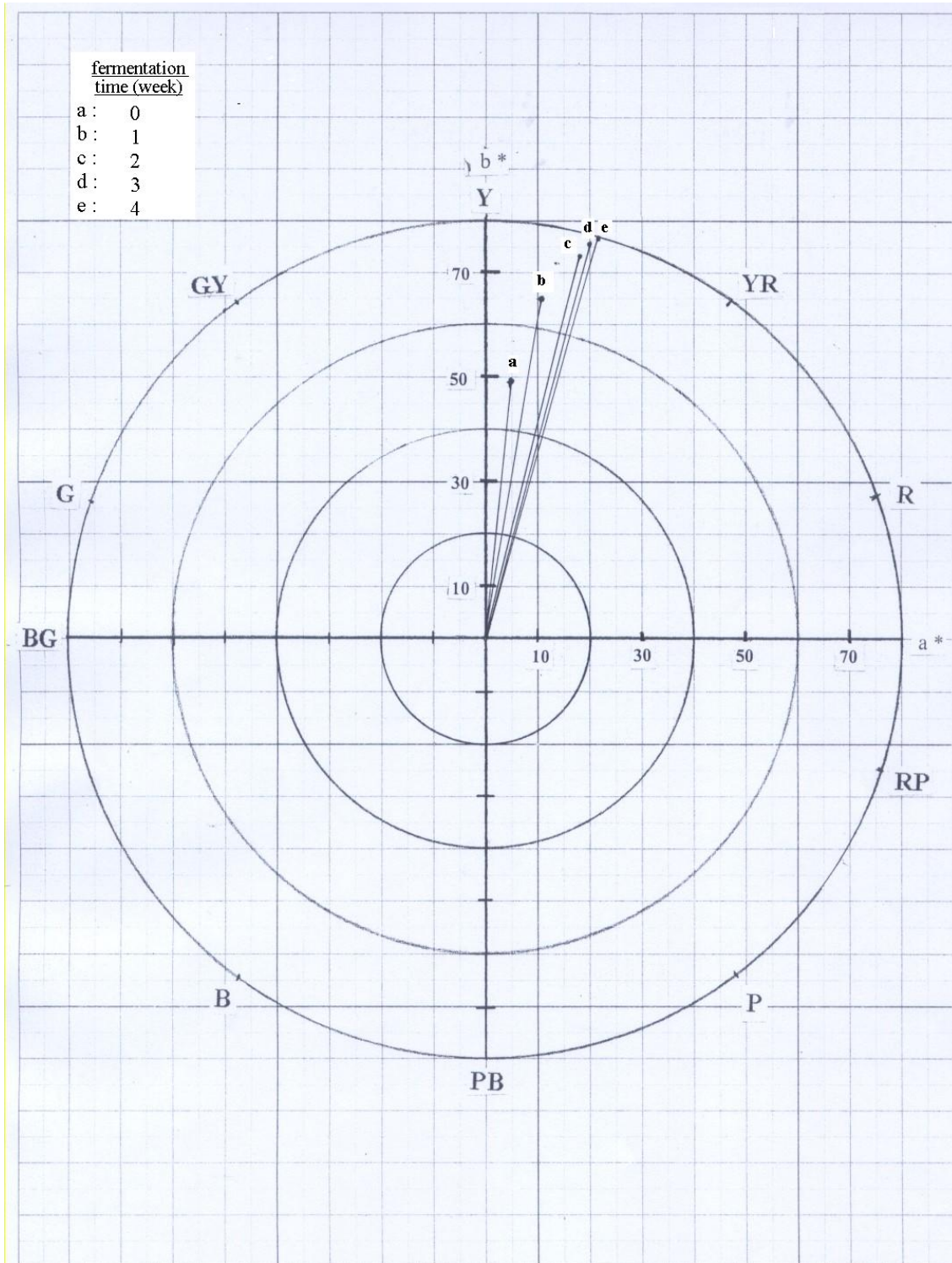
附錄十一、不同發酵時間 noni 果汁之色澤及有機酸含量

Appendix 11. The color values and organic acid contents of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	L*	a*	b*	Tartaric acid (mg/mL)	Malic acid (mg/mL)
0	67.74 ± 0.01 ^a	5.15 ± 0.02 ^e	49.30 ± 0.02 ^e	46.72 ± 0.82 ^c	32.32 ± 0.34 ^a
1	66.90 ± 0.01 ^b	10.86 ± 0.02 ^d	64.89 ± 0.02 ^d	50.55 ± 0.17 ^b	31.76 ± 0.15 ^b
2	61.26 ± 0.01 ^c	17.95 ± 0.01 ^c	73.35 ± 0.04 ^c	51.64 ± 0.41 ^a	31.55 ± 0.14 ^b
3	59.27 ± 0.02 ^d	20.21 ± 0.01 ^b	75.51 ± 0.03 ^b	51.79 ± 0.02 ^a	31.35 ± 0.25 ^b
4	58.05 ± 0.01 ^e	21.50 ± 0.03 ^a	76.56 ± 0.02 ^a	52.04 ± 0.03 ^a	31.28 ± 0.08 ^b

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

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



附錄十二、不同發酵時間 noni 果汁之色彩。

Appendix 12. Hue of noni juice at different fermentation time.

附錄十三、不同發酵時間 noni 果汁之功能性成分含量

Appendix 13. The functional compounds contents of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	Total phenolic compounds (mg/mL)	Flavonoids ($\mu\text{g/mL}$)	Condensed tannin (mg/mL)	Scopoletin derivative ($\mu\text{g/mL}$)	Scopoletin ($\mu\text{g/mL}$)	Rutin ($\mu\text{g/mL}$)
0	2.48 ± 0.03^b	149.77 ± 4.46^a	0.26 ± 0.07^b	349.67	78.86	233.98
1	2.61 ± 0.06^a	145.77 ± 3.07^{ab}	0.26 ± 0.01^b	248.94	135.10	219.19
2	2.51 ± 0.03^b	144.08 ± 1.85^b	0.30 ± 0.00^{ab}	193.25	168.69	213.60
3	2.53 ± 0.02^b	119.90 ± 1.63^c	0.32 ± 0.01^a	167.00	188.48	188.86
4	2.51 ± 0.02^b	123.55 ± 0.71^c	0.33 ± 0.01^a	140.30	207.91	202.10

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

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

附錄十四、不同發酵時間 noni 果汁之抗氧化能力及 ACE 抑制力

Appendix 14. The antioxidant activity and ACE inhibitory activity of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	Trolox equivalent antioxidant capacity (%)		DPPH scavenging activity (%)		ACE inhibitory activity (%)
	Equal to Trolox conc. (µg/mL)		Equal to BHA conc. (µg/mL)		
	1*	1/40*	1*	1/80*	1/2*
0	99.74 ± 0.00 ^b	30.22 ± 0.42 ^d (23.85 ± 0.28)	95.52 ± 0.05 ^c	40.41 ± 0.27 ^d (5.47 ± 0.04)	82.15 ± 0.28 ^a
1	100.00 ± 0.00 ^a	52.03 ± 0.65 ^c (38.77 ± 0.44)	95.49 ± 0.11 ^c	59.68 ± 0.46 ^c (8.23 ± 0.07)	81.26 ± 0.50 ^a
2	100.04 ± 0.07 ^a	53.71 ± 0.45 ^{ab} (39.92 ± 0.31)	95.92 ± 0.09 ^b	60.67 ± 0.19 ^b (8.37 ± 0.03)	80.98 ± 1.14 ^a
3	100.00 ± 0.00 ^a	53.06 ± 0.91 ^{bc} (39.48 ± 0.62)	95.95 ± 0.11 ^b	59.12 ± 0.37 ^c (8.15 ± 0.05)	81.44 ± 0.86 ^a
4	100.00 ± 0.00 ^a	54.40 ± 0.61 ^a (40.40 ± 0.42)	96.41 ± 0.05 ^a	61.50 ± 0.25 ^a (8.49 ± 0.04)	81.14 ± 0.67 ^a

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

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

1*: The original sample.

1/2*: The sample diluted for two fold.

1/40*: The sample diluted for forty fold.

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

附錄十五、不同發酵時間 noni 果汁之總生菌數

Appendix 15. The total plate counts of noni juice at different fermentation time

Fermentation time (weeks)	CFU/mL	10^0	10^0	10^0	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
	0		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
1		0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
2		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附錄十六、不同發酵時間 noni 果汁之總結論

Appendix 16. The summary of the noni juice at different fermentation time

week	0	1	2	3	4
Yield					*
Total phenolic compounds		*			
Flavonoids compounds	*				
Condensed tannin compounds					*
Scopoletin derivative	*				
Scopoletin					*
Rutin	*				
ACE inhibitory activity	*	*	*	*	*
Trolox equivalent antioxidant activity					*
DPPH scavenging activity					*
total plate count	*	*	*	*	*

* Mean the best in the same row

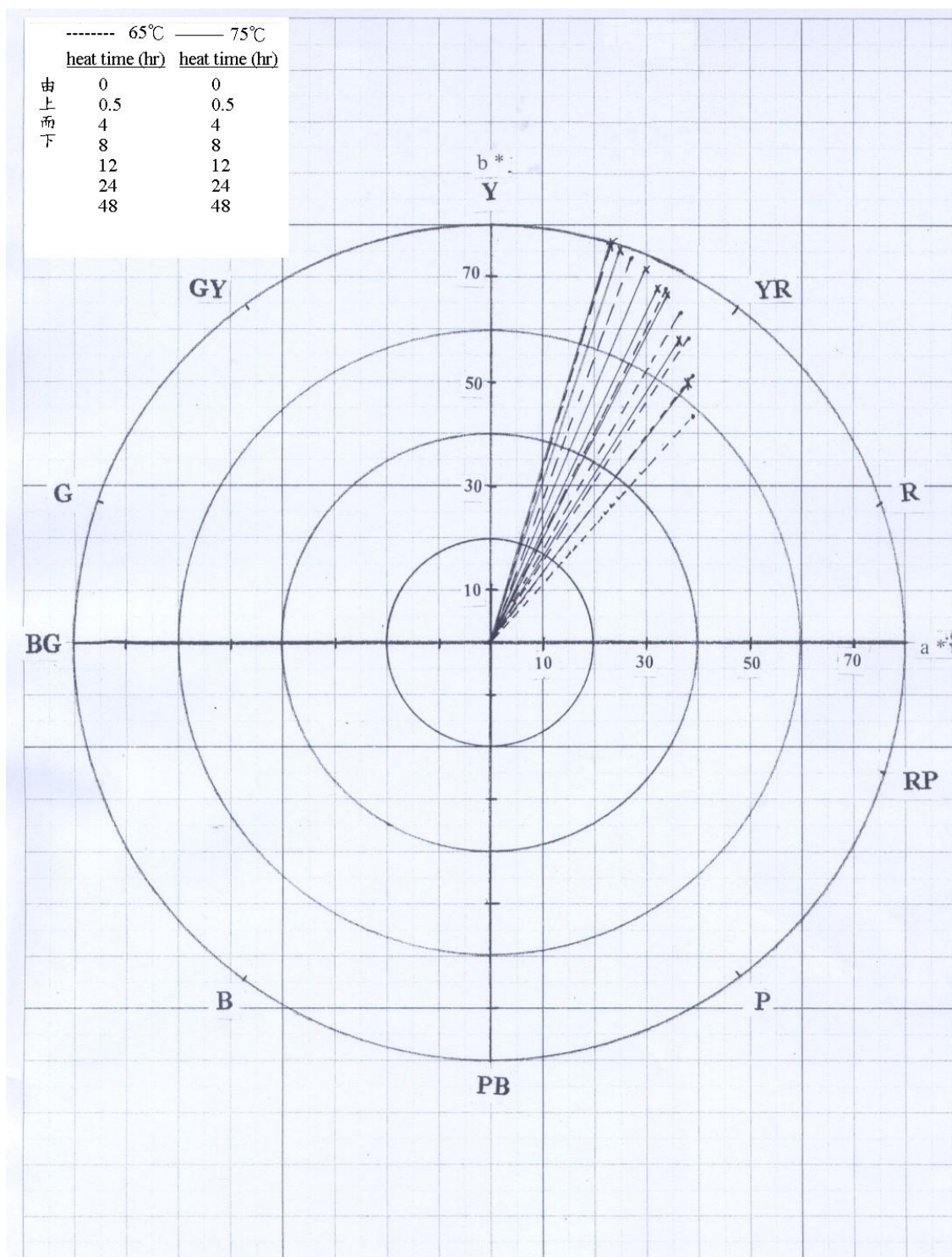
附錄十七、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色澤及 pH 值

Appendix 17. The color and pH values of noni juice at different pasteurization conditions

Heat time (hrs)	L*		a*		b*		pH	
	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C
0	55.65 ± 0.02 ^a		23.48 ± 0.01 ^m		76.75 ± 0.03 ^a		3.80	
0.5	49.78 ± 0.00 ^c	53.04 ± 0.01 ^b	27.16 ± 0.01 ^k	25.06 ± 0.01 ^l	73.80 ± 0.04 ^c	75.54 ± 0.01 ^b	3.80	3.80
4	42.15 ± 0.00 ^f	46.00 ± 0.03 ^d	33.72 ± 0.01 ^h	29.89 ± 0.02 ^j	67.74 ± 0.01 ^f	71.65 ± 0.05 ^d	3.80	3.80
8	38.40 ± 0.02 ^h	42.56 ± 0.01 ^e	36.69 ± 0.02 ^e	32.44 ± 0.01 ⁱ	62.90 ± 0.04 ^h	68.08 ± 0.04 ^e	3.79	3.80
12	35.40 ± 0.02 ⁱ	40.67 ± 0.02 ^g	38.15 ± 0.02 ^c	34.14 ± 0.02 ^g	58.40 ± 0.02 ⁱ	65.81 ± 0.03 ^g	3.79	3.78
24	30.90 ± 0.03 ^k	34.85 ± 0.01 ^j	39.38 ± 0.01 ^a	36.45 ± 0.02 ^f	51.22 ± 0.05 ^k	57.28 ± 0.03 ^j	3.79	3.78
48	26.04 ± 0.07 ^m	30.05 ± 0.01 ^l	39.00 ± 0.06 ^b	37.91 ± 0.01 ^d	43.12 ± 0.12 ^m	49.69 ± 0.01 ^l	3.79	3.78

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

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



附錄十八、Noni 果汁於不同殺菌條件後之色彩。

Appendix 18. Hue of noni juice at different pasteurization conditions.

附錄十九、Noni 果汁於不同殺菌條件後之功能性成分含量

Appendix 19. The functional compounds contents of noni juice at different pasteurization conditions

Heat time (hrs)	Total phenolic compounds (mg/mL)		Condensed tannin (mg/mL)	
	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C
0	2.50 ± 0.00 ^{ab}		0.40 ± 0.03 ^g	
0.5	2.45 ± 0.01 ^{bcd}	2.45 ± 0.03 ^{bcd}	0.41 ± 0.02 ^{fg}	0.42 ± 0.01 ^{efg}
4	2.43 ± 0.02 ^d	2.44 ± 0.05 ^d	0.45 ± 0.01 ^{de}	0.48 ± 0.04 ^{bc}
8	2.44 ± 0.04 ^{cd}	2.45 ± 0.01 ^{bcd}	0.47 ± 0.02 ^{cd}	0.50 ± 0.01 ^b
12	2.46 ± 0.06 ^{bcd}	2.45 ± 0.02 ^{bcd}	0.56 ± 0.01 ^a	0.51 ± 0.01 ^b
24	2.49 ± 0.01 ^{abc}	2.45 ± 0.05 ^{bcd}	0.48 ± 0.02 ^{bc}	0.50 ± 0.02 ^b
48	2.54 ± 0.01 ^a	2.46 ± 0.02 ^{bcd}	0.45 ± 0.01 ^{cde}	0.44 ± 0.01 ^{def}

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

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

附錄十九、Noni 果汁於不同殺菌條件後之功能性成分含量 (續)

Appendix 19. The functional compounds contents of noni juice at different pasteurization conditions (continued)

Heat time (hrs)	Scopoletin derivative ($\mu\text{g/mL}$)		Scopoletin ($\mu\text{g/mL}$)		Rutin ($\mu\text{g/mL}$)	
	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C
0	57.37 ± 1.36^a		183.63 ± 5.33^a		149.53 ± 0.33^a	
0.5	55.41 ± 1.32^a	55.94 ± 2.48^a	170.53 ± 18.51^a	184.48 ± 4.32^a	141.95 ± 3.42^{ab}	146.17 ± 1.80^a
4	54.91 ± 5.23^a	53.14 ± 6.51^a	178.87 ± 22.17^a	189.06 ± 3.56^a	131.46 ± 24.15^{ab}	148.28 ± 0.94^a
8	51.49 ± 5.79^a	55.00 ± 2.13^a	181.41 ± 2.15^a	186.78 ± 1.52^a	137.66 ± 1.49^{ab}	147.79 ± 4.30^a
12	55.92 ± 0.60^a	57.10 ± 0.46^a	179.54 ± 10.57^a	180.33 ± 8.52^a	133.47 ± 5.14^{ab}	141.05 ± 6.48^{ab}
24	53.10 ± 4.42^a	58.20 ± 0.91^a	178.17 ± 7.76^a	186.97 ± 10.15^a	126.81 ± 6.14^{bc}	142.44 ± 6.87^{ab}
48	55.00 ± 2.25^a	57.14 ± 1.12^a	175.12 ± 12.30^a	181.76 ± 12.61^a	110.95 ± 6.75^c	132.67 ± 7.47^{ab}

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

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

附錄二十、Noni 果汁於不同殺菌條件後之抗氧化能力

Appendix 20. The antioxidant activity of noni juice at different pasteurization conditions

Heat time (hrs)	Trolox equivalent antioxidant capacity (%)			
	1*		1/40*	
	75 °C	65 °C	75 °C	65 °C
0	100.00 ± 0.00 ^a		52.36 ± 0.69 ^f	
0.5	99.88 ± 0.00 ^{ab}	99.96 ± 0.07 ^a	55.87 ± 0.61 ^e	56.50 ± 0.59 ^{de}
4	100.00 ± 0.00 ^a	99.92 ± 0.07 ^{ab}	57.24 ± 0.83 ^d	60.16 ± 0.76 ^c
8	99.88 ± 0.00 ^{ab}	99.88 ± 0.00 ^{ab}	59.33 ± 0.87 ^c	61.93 ± 1.07 ^b
12	99.96 ± 0.07 ^a	100.00 ± 0.00 ^a	60.08 ± 1.14 ^c	62.09 ± 0.20 ^b
24	99.84 ± 0.07 ^{bc}	99.88 ± 0.12 ^{ab}	62.52 ± 0.79 ^b	61.54 ± 0.38 ^b
48	99.76 ± 0.00 ^c	99.92 ± 0.14 ^{ab}	65.00 ± 0.25 ^a	61.89 ± 0.38 ^b

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

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

1*: The original sample.

1/40*: The sample diluted for forty fold.

附錄二十一、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總生菌數

Appendix 21. The total plate counts of noni juice at different pasteurization conditions

CFU/mL Pasteurization condition		10 ⁰	10 ⁰	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻²	10 ⁻²
		0 hr	75°C	0	2	1	0	0	0	0
	65°C	0	2	1	0	0	0	0	0	0
0.5 hr	75°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	65°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 hrs	75°C	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	65°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 hrs	75°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	65°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 hrs	75°C	0	0	0	8	5	2	5	6	2
	65°C	0	0	0	1	0	1	1	0	0
24 hr	75°C	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	65°C	0	0	0	0	1	0	0	0	0
48 hrs	75°C	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	65°C	0	0	0	1	0	0	0	0	0

附錄二十二、Noni 果汁於不同殺菌條件後之總結論

Appendix 22. The summary of the noni juice at different pasteurization conditions

Time (hr)	0		0.5		4		8		12		24		48	
Temp. (°C)	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75	65	75
Total phenolic compounds	*		*		*		*		*		*		*	
Condensed tannin compounds									*					
Scopoletin derivative	*		*		*		*		*		*		*	
Scopoletin	*		*		*		*		*		*		*	
Rutin	*		*		*		*		*		*		*	
Trolox equivalent antioxidant activity														*
total plate count	*		*		*		*		*		*		*	

* Mean the best in the same row

附錄二十三、Noni 果汁於不同儲藏時間之 pH 和酸含量

Appendix 23. The pH values and acid contents of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)	pH		Tartaric acid		Malic acid	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	3.72 ± 0.01 ^a	3.69 ± 0.01 ^{bcd}	40.63 ± 0.36 ^b	44.15 ± 1.92 ^{ab}	27.34 ± 0.34 ^b	29.30 ± 1.18 ^{ab}
2	3.70 ± 0.01 ^{bc}	3.69 ± 0.02 ^{bcd}	44.40 ± 1.20 ^{ab}	47.92 ± 2.37 ^a	29.83 ± 0.70 ^{ab}	31.82 ± 1.63 ^a
4	3.70 ± 0.01 ^{bc}	3.68 ± 0.02 ^{bcd}	49.99 ± 7.96 ^a	49.52 ± 4.20 ^a	33.21 ± 5.02 ^a	32.90 ± 2.62 ^a
6	3.70 ± 0.01 ^{ab}	3.67 ± 0.01 ^d	48.82 ± 2.39 ^a	49.42 ± 2.50 ^a	32.56 ± 1.29 ^a	32.80 ± 1.58 ^a
8	3.69 ± 0.01 ^{bcd}	3.68 ± 0.01 ^{cd}	46.31 ± 0.39 ^{ab}	48.59 ± 1.74 ^a	30.93 ± 0.34 ^{ab}	32.37 ± 0.88 ^a

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

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

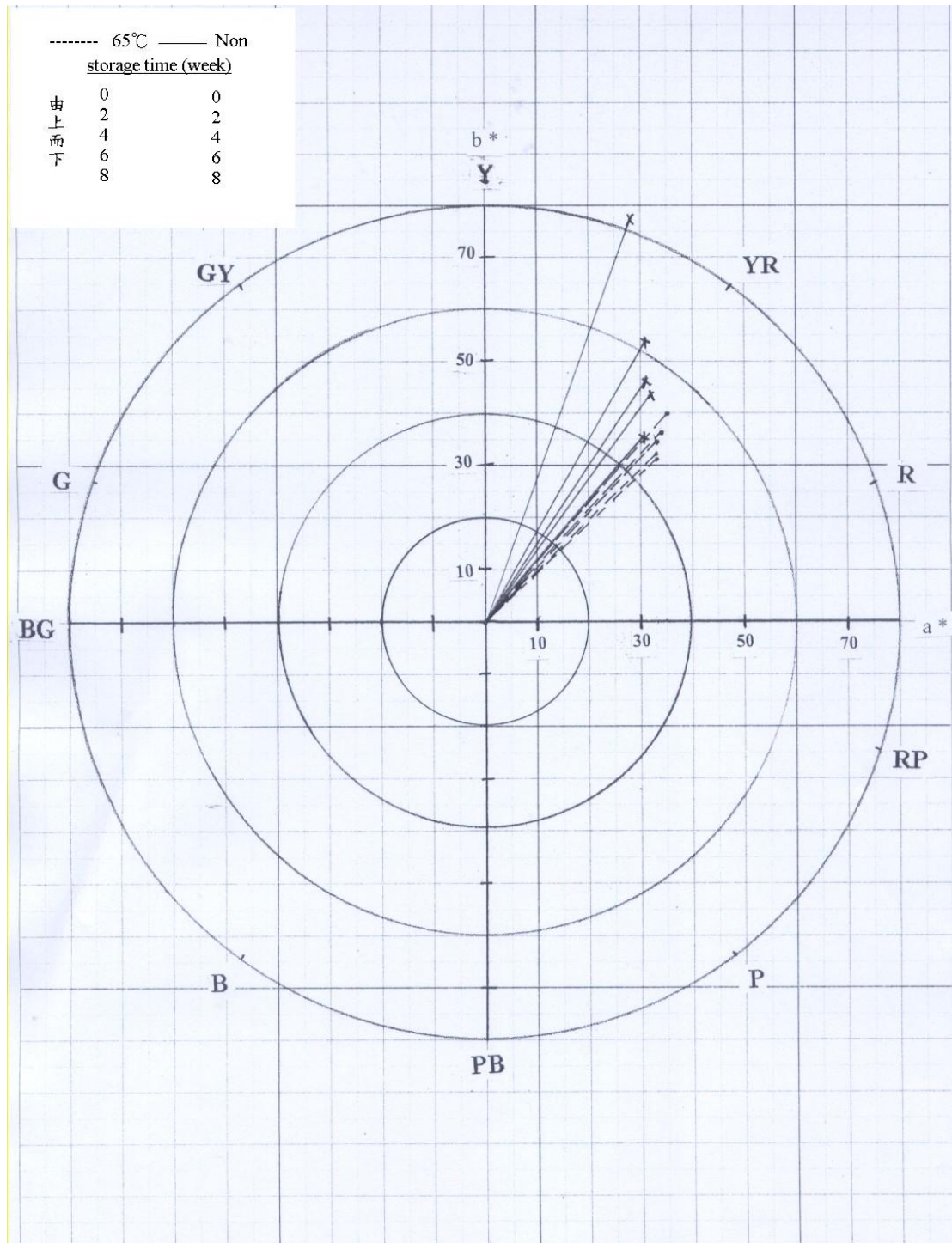
附錄二十四、Noni 果汁於不同儲藏時間之色澤

Appendix 24. The color values of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)	L*		a*		b*	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	24.45 ± 0.87 ^{de}	50.86 ± 0.25 ^a	35.10 ± 0.40 ^a	27.82 ± 0.21 ^e	40.16 ± 1.45 ^{de}	77.00 ± 0.21 ^a
2	22.13 ± 0.57 ^{ef}	33.59 ± 0.83 ^b	34.07 ± 0.28 ^{ab}	31.04 ± 0.21 ^d	36.20 ± 0.96 ^{ef}	54.43 ± 1.26 ^b
4	21.30 ± 2.00 ^{ef}	28.39 ± 2.81 ^c	33.46 ± 1.70 ^{bc}	31.26 ± 0.58 ^d	34.81 ± 3.41 ^f	46.12 ± 4.25 ^c
6	19.81 ± 0.62 ^f	26.99 ± 3.53 ^{cd}	33.27 ± 0.49 ^{bc}	32.03 ± 0.97 ^{cd}	32.30 ± 1.02 ^f	43.84 ± 5.61 ^{cd}
8	19.30 ± 0.27 ^f	21.78 ± 2.44 ^{ef}	33.04 ± 0.10 ^{bc}	31.29 ± 1.37 ^d	31.45 ± 0.45 ^f	35.36 ± 3.98 ^{ef}

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

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



附錄二十五、Noni 果汁於不同儲藏時間之色彩。

Appendix 25. Hue of noni juice at different storage time.

附錄二十六、Noni 果汁於不同儲藏時間之功能性成分含量

Appendix 26. The functional compounds contents of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)	Total phenolic compounds (mg/mL)		Flavonoids ($\mu\text{g/mL}$)		Condensed tannin (mg/mL)	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	2.40 \pm 0.03 ^a	2.36 \pm 0.03 ^{ab}	102.12 \pm 5.60 ^{ab}	105.77 \pm 3.09 ^a	0.40 \pm 0.01 ^a	0.37 \pm 0.03 ^{ab}
2	2.36 \pm 0.01 ^{ab}	2.33 \pm 0.04 ^{ab}	103.81 \pm 2.57 ^a	102.12 \pm 1.78 ^{ab}	0.40 \pm 0.00 ^a	0.39 \pm 0.01 ^a
4	2.36 \pm 0.04 ^{ab}	2.30 \pm 0.05 ^{bc}	101.50 \pm 4.28 ^{ab}	99.01 \pm 6.30 ^{ab}	0.36 \pm 0.00 ^{abc}	0.39 \pm 0.03 ^a
6	2.38 \pm 0.05 ^a	2.25 \pm 0.06 ^c	101.50 \pm 6.02 ^{ab}	91.10 \pm 9.98 ^b	0.40 \pm 0.01 ^a	0.35 \pm 0.04 ^{bc}
8	2.36 \pm 0.01 ^{ab}	2.23 \pm 0.04 ^c	99.10 \pm 2.53 ^{ab}	92.52 \pm 8.63 ^b	0.40 \pm 0.01 ^a	0.33 \pm 0.02 ^c

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

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

附錄二十六、Noni 果汁於不同儲藏期間之功能性成分含量 (續)

Appendix 26. The functional compounds contents of noni juice at different storage time (continued)

Storage time (weeks)	Scopoletin derivative ($\mu\text{g/mL}$)		Scopoletin ($\mu\text{g/mL}$)		Rutin ($\mu\text{g/mL}$)	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	39.69 \pm 2.47 ^{bc}	42.75 \pm 0.11 ^{ab}	121.66 \pm 6.69 ^b	121.29 \pm 1.14 ^b	141.95 \pm 1.86 ^{abc}	154.86 \pm 0.87 ^a
2	43.29 \pm 1.24 ^a	42.42 \pm 0.97 ^{ab}	125.13 \pm 4.21 ^{ab}	123.85 \pm 1.96 ^{ab}	139.59 \pm 0.79 ^{abc}	144.93 \pm 2.58 ^{ab}
4	42.81 \pm 2.05 ^{ab}	41.74 \pm 1.55 ^{ab}	113.37 \pm 5.02 ^c	124.88 \pm 0.98 ^{ab}	132.00 \pm 13.53 ^{bc}	132.97 \pm 10.24 ^{abc}
6	44.26 \pm 0.77 ^a	36.94 \pm 0.51 ^c	125.82 \pm 2.83 ^{ab}	126.20 \pm 1.90 ^{ab}	139.06 \pm 6.23 ^{abc}	121.63 \pm 21.06 ^c
8	41.92 \pm 3.39 ^{ab}	38.01 \pm 1.25 ^c	129.75 \pm 0.66 ^a	127.47 \pm 1.64 ^{ab}	139.51 \pm 1.22 ^{abc}	120.40 \pm 23.64 ^c

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

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

附錄二十七、Noni 果汁於不同儲藏時間之抗氧化能力

Appendix 27. The antioxidant activity of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)	Trolox equivalent antioxidant capacity (%)			
	1*		1/40*	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	99.81 ± 0.07 ^a	100.00 ± 0.00 ^a	45.94 ± 0.12 ^{bcd}	42.98 ± 0.81 ^{cd}
2	99.96 ± 0.13 ^a	99.96 ± 0.07 ^a	49.27 ± 0.30 ^{abc}	44.10 ± 0.75 ^{bcd}
4	99.88 ± 0.12 ^a	100.00 ± 0.20 ^a	50.00 ± 2.42 ^{ab}	44.48 ± 5.92 ^{bcd}
6	99.81 ± 0.07 ^a	99.92 ± 0.18 ^a	53.95 ± 1.83 ^a	40.61 ± 6.52 ^d
8	99.88 ± 0.00 ^a	99.96 ± 0.13 ^a	55.10 ± 0.44 ^a	44.48 ± 6.58 ^{bcd}

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

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

1*: The original sample.

1/40*: The sample diluted for forty fold.

附錄二十七、Noni 果汁於不同儲藏時間之抗氧化能力 (續)

Appendix 27. The antioxidant activity of noni juice at different storage time (continued)

Storage time (weeks)	DPPH scavenging (%)			
	1*		1/80*	
	65 °C 48 hrs	Non	65 °C 48 hrs	Non
0	98.24 ± 0.61 ^a	98.29 ± 0.65 ^a	56.40 ± 0.35 ^{abc}	48.62 ± 0.42 ^d
2	97.44 ± 0.56 ^{ab}	98.05 ± 0.47 ^a	58.00 ± 2.00 ^{ab}	51.96 ± 0.67 ^{bcd}
4	97.03 ± 0.49 ^{ab}	97.33 ± 0.30 ^{ab}	58.86 ± 2.83 ^a	51.06 ± 4.47 ^{cd}
6	97.81 ± 0.97 ^{ab}	96.74 ± 0.74 ^b	62.22 ± 2.04 ^a	47.31 ± 6.39 ^d
8	97.60 ± 1.02 ^{ab}	97.44 ± 0.42 ^{ab}	62.54 ± 0.40 ^a	51.35 ± 6.57 ^{cd}

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

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

1*: The original sample.

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

附錄二十八、Noni 果汁於不同儲藏時間之 ACE 抑制率

Appendix 28. The ACE inhibition of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)	ACE inhibition (%)	
	1/3*	
	65 °C 48 hrs	Non
0	55.74 ± 4.22 ^{ef}	75.84 ± 1.79 ^a
2	51.64 ± 2.31 ^f	71.44 ± 5.17 ^{ab}
4	50.52 ± 0.37 ^f	65.13 ± 3.36 ^{bc}
6	56.64 ± 7.65 ^{def}	62.52 ± 1.10 ^{cde}
8	56.61 ± 6.70 ^{def}	64.43 ± 3.50 ^{bcd}

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

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

1/3*: The sample diluted for three fold.

附錄二十九、Noni 果汁於不同儲藏時間之總生菌數

Appendix 29. The total plate counts of noni juice at different storage time

Storage time (weeks)		10^0	10^0	10^0	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
0	65 °C 48 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Non	0	0	0	0	0	0	0	1	0
2	65 °C 48 hrs	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Non	0	0	0	1	1	0	0	0	0
4	65 °C 48 hrs	0	0	1	1	1	1	0	0	0
	Non	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	65 °C 48 hrs	0	0	3	1	0	1	0	1	2
	Non	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	65 °C 48 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Non	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附錄三十、Noni 果汁於不同儲藏時間之總結論

Appendix 30. The summary of the noni juice at different storage time

storage time (week)	0		2		4		6		8	
	65 °C	Non	65 °C	Non	65 °C	Non	65 °C	Non	65 °C	Non
Total phenolic compounds										
Flavonoids compounds	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*		*	
Condensed tannin compounds	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*		*	
Scopoletin derivative	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*		*	
Scopoletin	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙
Rutin	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*		*	
ACE inhibitory activity	*	⊙	*	⊙	*		*		*	
Trolox equivalent antioxidant activity	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙
DPPH scavenging activity	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙
total plate count	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙	*	⊙

* Mean the best in the same row of the 65 °C

⊙ Mean the best in the same row of the non

