

影響甘藍抗氧化力之因子探討

陳葦玲

臺中區農業改良場助理研究員

摘要

本研究利用測定清除 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 自由基能力及鐵離子還原抗氧化力 (ferric reducing antioxidant power, FRAP) 兩種方法分析不同品種、葉球不同部位、不同施肥量、不同栽培方法、冷藏前後及不同烹煮方法之甘藍抗氧化力差異。用 DPPH 法測定結果，34 個不同類型甘藍品種中以羽衣甘藍抗氧化力較高，其次依序為葉用甘藍、紫色結球甘藍、芽用甘藍、抱子甘藍、皺葉結球甘藍及綠色結球甘藍，其值介於 25.13%-4.78%。利用 FRAP 法檢測結果與 DPPH 法之結果排序大致相同，其 FeSO_4 當量值介於 1.66-0.80 $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}$ FW。兩種結果之間呈現高度正相關。在甘藍葉球不同部位之抗氧化力差異方面，‘初秋’以心部抗氧化力較高，外葉較低，但紫色結球甘藍‘旭光’則相反。在施肥量之影響方面，以作物施肥手冊修正推薦量(每公頃施用 251 kg N、58 kg P、131 kg K)栽培之甘藍抗氧化力及維生素 C 含量均較慣行施肥量(每公頃施用 458 kg N、106 kg P、235 kg K)栽培之甘藍高，又以有機生產甘藍較慣行栽培甘藍有較高之抗氧化力。此外，在 2°C 黑暗中儲藏一週之甘藍其抗氧化力及維生素 C 含量提高，而後稍降，但仍維持高於儲藏前之水準直到試驗結束。而甘藍以蒸煮方式烹調較水煮及微波有較高的抗氧化力且較鮮食高。

中英文關鍵字：鐵離子還原抗氧化力 Ferric reducing antioxidant power、葉球 Head、推薦施肥量 Recommended fertilizer level、維生素 C vitamin C

前 言

隨著醫食同源之觀念逐漸興起，蔬菜中抗氧化或其他機能性物質已漸被受重視。研究報告指出若於日常飲食中增加蔬菜的攝取量，可有效的降低癌症、慢性疾病、心血管疾病的發生，亦能增加人體抗老化的能力(Fang et al., 2002)。

甘藍(*Brassica oleracea* L. var. *capitata*)為世界性大宗蔬菜，根據行政院農業委員會「98 年糧食供需年報」統計，甘藍居葉菜類年供應量之冠，佔總蔬菜類供應量之14.7%。過去甘藍品質之優劣主要建立於官能品評，然而甘藍內含豐富的抗氧化物質如維生素C、β-胡蘿蔔素、葉黃素(Lutein)、維生素E、酚類化合物，及及硫醣苷(glucosinolate)與其水解產物異硫氰酸鹽類(isothiocyanates)，且含量多寡在品種或栽培種間具差異性(Singh et al., 2006)。本研究主要為收集市面上甘藍種源，建立抗氧化力快速分析方法，篩選出具有高抗氧化力之甘藍品種(系)，供日後育種及機能性成分發開之利用。此外，探討食用部位、栽培時施肥量、栽培方法及採後儲藏與烹煮對於其抗氧化力之影響，希望能提高產品抗氧化力，進而提高品質。

試驗方法與結果討論

一、品種

蒐集國內外甘藍品種共 34 種，其中包含 21 個綠色結球甘藍品種、6 個紫色結球甘藍品種、2 個皺葉結球甘藍品種、1 個羽衣甘藍品種、2 個孢子甘藍品種、1 個葉用甘藍品種及 1 個芽用甘藍品種(表一)。植株栽種於臺中區農業改良場試驗田內，種植時間為 97 年 10 月至 98 年 1 月，栽培管理方式依照目前農民慣行之方法並於適當食用成熟度時採收，採收後立即洗淨擦乾、除去外層污損、老化葉片後根據其食用部位取樣進行抗氧化分析，結球甘藍取其葉球由外數第

5-15 層葉、羽衣及葉用甘藍取由內數來第 4 片葉、抱子甘藍取其芽球部分、芽用甘藍則取其播種後 10 天植株。

利用清除 DPPH 自由基能力及鐵離子還原抗氧化力 (ferric reducing antioxidant power, FRAP) 兩測定方法分析其總抗力，依據 DPPH 法測定結果，34 個不同類型甘藍品種中以羽衣甘藍抗氧化力較高，其次依序為葉用甘藍、紫色結球甘藍、芽用甘藍、抱子甘藍、皺葉結球甘藍及綠色結球甘藍，其值介於 25.13%~4.78%；利用 FRAP 法檢測結果與 DPPH 之排序大致相同，其值介於 1.66~0.80 $\mu\text{mol FeSO}_4 \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ (表二)，且兩者之間呈現高度正相關。

在總酚類含量方面，以芽用甘藍含量較高，其次為紫色結球甘藍、羽衣甘藍、葉用甘藍、皺葉甘藍及綠色結球甘藍，其值為 9.63~4.39 $\mu\text{mol GAE} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$ ，在綠色結球甘藍中，以‘台中一號’總酚類含量較高，而上海農科院‘夏光’含量最低。若和其他十字花科蔬菜(芥藍、青花菜及葉用蘿蔔)比較，仍以芽用甘藍最高，其次為紫色結球甘藍、羽衣甘藍、芥藍、葉用蘿蔔、葉用甘藍、青花菜，而以皺葉甘藍及綠色結球甘藍較低。但總酚類含量和其抗氧化力 DPPH 及 FRAP 值兩者之間並無顯著相關性， R^2 值分別為 0.32 和 0.76(圖一)，顯示總酚類對甘藍總抗氧化力的貢獻度低。

表一、參試 34 個甘藍品種名稱、提供來源、國家及種類

Table 1. The name, source, country and type of 34 cabbage cultivars used in this study

Cultivar	Source	Country	Type ^z		Cultivar	Source	Country	Type	
1	夏光	農友	臺灣	A	18	夏光	上海農科院	中國	A
2	秋豐	農友	臺灣	A	19	早秋	Takii	日本	A
3	初秋	農友	臺灣	A	20	南寶	Takii	日本	A
4	夏秋	農友	臺灣	A	21	228	Takii	日本	A
5	高峰	農友	臺灣	A	22	紫甘	野口種苗	日本	B
6	和風	農友	臺灣	A	23	旭光	農友	臺灣	B
7	春陽	農友	臺灣	A	24	Roodkop	Royal Sluis	荷蘭	B
8	夏綠	生生	臺灣	A	25	Gradur F ₁	Royal Sluis	荷蘭	B
9	夏榮	生生	臺灣	A	26	Allervroegste	Royal Sluis	荷蘭	B
10	夏吉	生生	臺灣	A	27	Bewaar 2	Royal Sluis	荷蘭	B
11	新秋	生生	臺灣	A	28	Monarch 2	Royal Sluis	荷蘭	C
12	夏峰一號	農生	臺灣	A	29	Vertus 2	Royal Sluis	荷蘭	C
13	台南一號	南改場	臺灣	A	30	Palm Tree di Toscana	King's Seed	紐西蘭	D
14	台中一號	中改場	臺灣	A	31	葉用甘藍	Sakata	日本	E
15	中甘 15	農科院	中國	A	32	芽用甘藍	野口種苗	日本	F
16	中甘 19	農科院	中國	A	33	ファミリーセブン	Sakata	日本	G
17	中甘 21	農科院	中國	A	34	Evesham Special	Mr. Fothergill's	日本	G

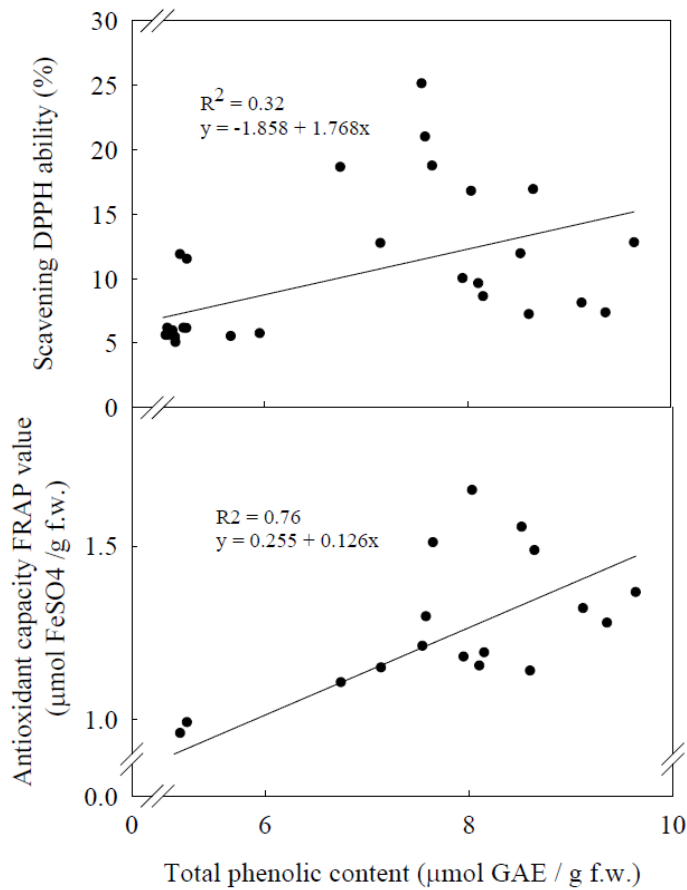
^z A, B, C, D, E, F, G represent green cabbage, purple cabbage, savoy cabbage, ornamental cabbage, leafy cabbage, sprout-type cabbage and Brussels sprouts.

表二、參試之 34 個甘藍品種清除 DPPH 能力及抗氧化力 FRAP 值之排序

Table 2. Ranking of scavenging DPPH ability and antioxidant activity FRAP value of 34 cabbage cultivars

Cultivar	DPPH		FRAP (FeSO ₄ equivalent)	
	Scavenging (%)	Rank	μmol·g ⁻¹ FW	Rank
Palm Tree di Toscana	25.13±0.63 ^z	1	1.66±0.05	1
葉用甘藍	16.94±0.76	2	1.29±0.04	4
Roodkop	16.80±0.47	3	1.32±0.06	3
旭光	15.49±0.45	4	1.27±0.07	5
芽用甘藍	14.01±0.56	5	1.36±0.05	2
Bewaar 2	12.81±0.40	6	1.18±0.06	8
紫甘	12.76±0.85	7	1.21±0.08	6
Allervroegste	11.95±0.58	8	1.15±0.06	9
Gradur F1	11.90±0.64	9	1.19±0.11	7
Evesham Special	11.54±0.18	10	1.04±0.05	11
ファミリーセブン	10.03±0.68	11	1.06±0.03	10
Monarch 2	7.37±0.61	12	0.99±0.03	12
Vertus 2	7.24±0.43	13	0.96±0.07	13
秋豐	6.50±0.69	14	0.87±0.01	17
新秋	6.19±0.32	15	0.87±0.04	17
台中一號	6.19±0.32	16	0.91±0.06	14
春陽	6.17±0.40	17	0.85±0.01	23
初秋	6.13±0.42	18	0.89±0.01	15
夏光	5.99±0.65	19	0.89±0.06	15
早秋	5.94±0.35	20	0.86±0.02	20
和風	5.76±1.02	21	0.87±0.04	17
台南一號	5.74±0.39	22	0.85±0.01	23
中甘 19	5.72±0.45	23	0.86±0.02	20
夏秋	5.71±0.59	24	0.86±0.01	20
南寶	5.68±0.57	25	0.85±0.02	23
夏峰一號	5.63±0.35	26	0.85±0.03	23
228	5.62±0.21	27	0.85±0.05	23
夏吉	5.54±0.24	28	0.84±0.01	30
夏榮	5.49±0.29	29	0.85±0.01	23
高峰	5.48±0.34	30	0.84±0.01	30
中甘 21	5.39±0.27	31	0.85±0.01	23
夏綠	5.08±0.34	32	0.83±0.01	32
中甘 15	4.93±0.35	33	0.83±0.02	32
上海農科夏光	4.78±0.37	34	0.80±0.02	34

^z Values are means ± S.E. (n=8)



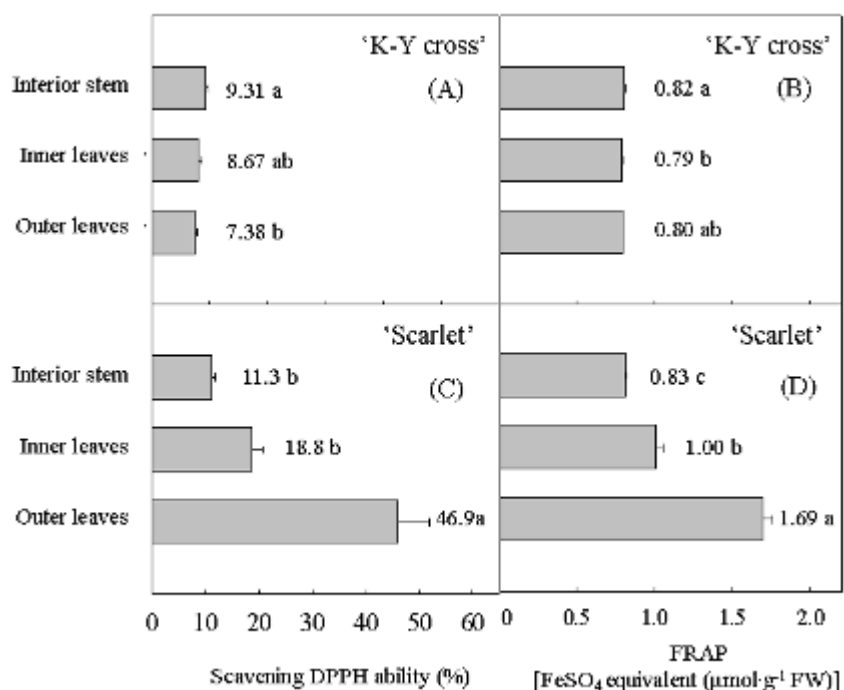
圖一、不同甘藍品種葉球其清除DPPH自由基能力及抗氧化力FRAP值與其總酚類含量之相關性。

Fig. 1. The relationship between of antioxidative capacity DPPH (A) and FRAP (B) value of different cabbage cultivars leafy head.

二、葉球部位

選擇‘初秋’及‘旭光’兩結球甘藍品種為試驗材料，依照目前農民慣行之方法種植並於適當食用成熟度時採收，在去除外層污損、老化葉片後，將葉球分為外層葉(由外數起 1-10層)、內層葉(由外數起 20-30層)及心部三部份進行抗氧化分析。甘藍不同部位之抗氧化力亦不相

同，綠色結球甘藍‘初秋’以心部抗氧化力較高，外葉較低，但紫色結球甘藍‘旭光’則相反(圖二)。本試驗結果與同為十字花科之結球白菜 (*Brassica campestris*, Pekinensis Group)之結果相似(張，2008)；而紫色甘藍‘旭光’其抗氧化力以外葉較高、內層次之、心部最低，此可能與其酚類物質含量如花青素或有機酸含量較高有關聯性。



圖二、甘藍‘初秋’及‘旭光’其葉球不同部位之清除DPPH 自由基能力及抗氧化力FRAP值。

Fig. 2. The scavenging DPPH ability and antioxidant activity FRAP value of different head position in cabbage ‘K-Y cross’ and ‘Scarlet’.

三、施肥量

蔬菜中抗氧化物質種類眾多且受到耕作制度、肥料、農藥利用之影響。本試驗中，選擇‘初秋’為試驗品種，施肥量處理可分為農友慣行用量和推薦用量兩種，其中推薦用量參考謝(2005)之作物施肥手冊建議量，再配合目前農友慣行施法做修正，其肥料種類、用量及施

用期如表三。分析樣品在適當食用成熟度時採收並除去外層污損、老化葉片，取其葉球由外數第 5-15 層葉片進行抗氧化力及維生素 C 含量分析。

依推薦施肥量(251 kg N · ha⁻¹、58 kg P · ha⁻¹、131 kg K · ha⁻¹)栽培之甘藍其抗氧化力 DPPH 及 FRAP 值和其維生素 C 含量都較慣行施肥量(458 kg N · ha⁻¹、106 kg P · ha⁻¹、235 kg K · ha⁻¹)栽培之甘藍高(表四)，日後可針對各營養元素做濃度級距試驗，了解其影響為何。

表三、慣行及推薦施肥處理其肥料種類、用量及施用期。

Table 3. Conventional and recommended fertilization in this study.

Fertilizer (kg·ha ⁻¹)	Conventional					Recommended			
	Pre-planting	4 DAP ^z	11 DAP	21 DAP	33 DAP	Pre-planting	11 DAP	21 DAP	33 DAP
Urea		132							
(NH ₄) ₂ SO ₄	800		300	300		405	261	261	261
Ca(H ₂ PO ₄) ₂	800					445			
KCl	200		100	100		85	55	55	55
Organic compost						10000			
#1Compound fertilizer ^y					500				

^z DAP means days after planting.

^y Taiwan Fertilizer Company No.1 Compound Fertilizer (20N-2.5P-8.3K).

表四、施肥量對甘藍‘初秋’葉球抗氧化力及維生素C含量之影響
 Table 4. Effects of fertilizer quantity on the antioxidant activity and vitamin C content of head in cabbage ‘K-Y cross’

Fertilization method	Scavenging DPPH ability (%)	FRAP (FeSO ₄ equivalent, $\mu\text{mol}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)	Vit. C content ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\text{FW}$)
Conventional	5.27 ± 0.93	0.67 ± 0.01	75.75 ± 2.89
Recommended	9.63 ± 1.37	0.72 ± 0.03	109.75 ± 8.86
Significance (<i>t</i> test)	***	***	***

四、栽培方法

自有機栽培農產採收之甘藍與本場一般慣行栽培甘藍，分析樣品在適當食用成熟度時採收並除去外層污損、老化葉片，將葉球如試驗二分為外葉、內葉及心數並分別進行抗氧化力分析。結果顯示有機栽培甘藍在心及內葉明顯較一般栽培高，但在外葉部分則無顯著差異(表五)。

五、低溫儲藏

以‘初秋’為調查品種，並分為農友慣行和推薦用量兩種施肥方法進行栽培，於葉球達適當食用成熟度時採收，採收後摘除外層污損、老化葉片後外包 PE 塑膠袋，儲藏於 2°C、相對溼度 95%、黑暗之冷藏庫，於儲藏後第 0、1、2、3、4、5、6、7 及 8 週時拿出，取其葉球由外數第 5-15 層葉進行抗氧化力、維生素 C 含量及水分含量分析，水分含量公式=(植體鮮重-植體乾重)/植體鮮重×100%。

儲藏一週後之甘藍其抗氧化力及維生素 C 含量明顯增加，其中又以推薦施肥量栽培之甘藍增加較為顯著，儲藏第二週後其值呈現下降趨勢，但仍高於未經低溫儲藏之甘藍(圖三)，可能是因為低溫及黑

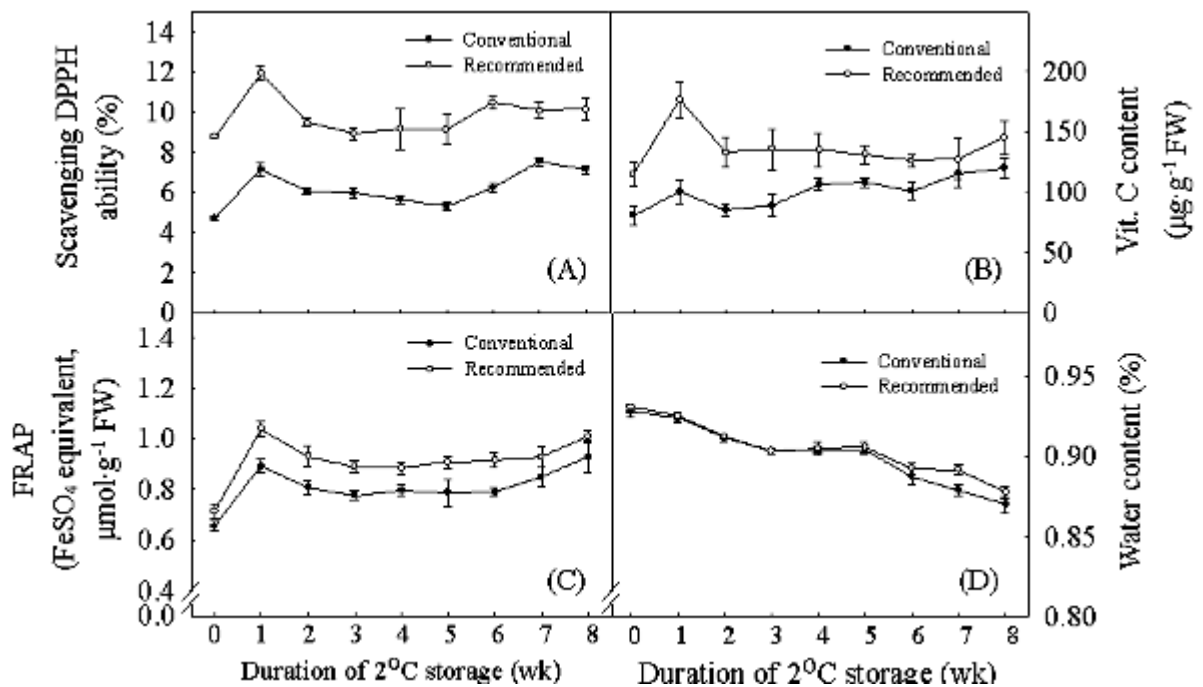
暗儲藏對於植體為一逆境，其體內產生活性氧(reactive oxygen species)，進而造成氧化傷害，而引發體內抗氧化系統作用。植物細胞抗氧化系統可分為酵素系統及非酵素系統，在非酵素系統除本試驗所調查之維生素C 外，也可能產生許多抗氧化物質如還原態穀胱甘肽(glutathione)、 α -生育酚、胡蘿蔔素等(Hess, 1993)，可在日後做更進一步的研究。

表五、栽培方式對甘藍‘初秋’葉球內不同部位抗氧化力之影響。
Table 5. Effect of cultural method on the antioxidant capacity of different leafy head position in cabbage ‘K-Y Cross’.

Position	Scavenging DPPH ability (%)	FRAP value ($\mu\text{mol FeSO}_4 / \text{g f.w}$)
Organic		
Heart	14.10 \pm 1.54 a ^z	1.24 \pm 0.10 a
Internal leaf	11.75 \pm 1.15 b	0.91 \pm 0.06 b
External leaf	7.25 \pm 0.68 c	0.80 \pm 0.05 b
Non-organic		
Heart	11.00 \pm 1.35 b	0.86 \pm 0.04 b
Internal leaf	8.62 \pm 0.65 c	0.79 \pm 0.05 b
External leaf	7.38 \pm 0.92 c	0.79 \pm 0.08 b
Cultural method	*** ^y	**
Position	***	***

^z Mean separation within columns by Fisher’s LSD test at $P \leq 0.05$.

^y ***, *** Means significant at $P \leq 0.01$ and 0.001 , respectively.



圖三、不同施肥量之甘藍‘初秋’於 2°C、黑暗儲藏不同時間下其清除 DPPH 自由基能力(A)、抗氧化力 FRAP 值(B)維生素 C 含量(C) 及水分含量(D)之變化。

Fig. 3. Changes of scavenging DPPH ability (A), antioxidant activity FRAP value (B), vitamin C content (C), and water content (D) of cabbage ‘K-Y cross’ treated with different fertilizer amount and then stored at 2°C for different durations.

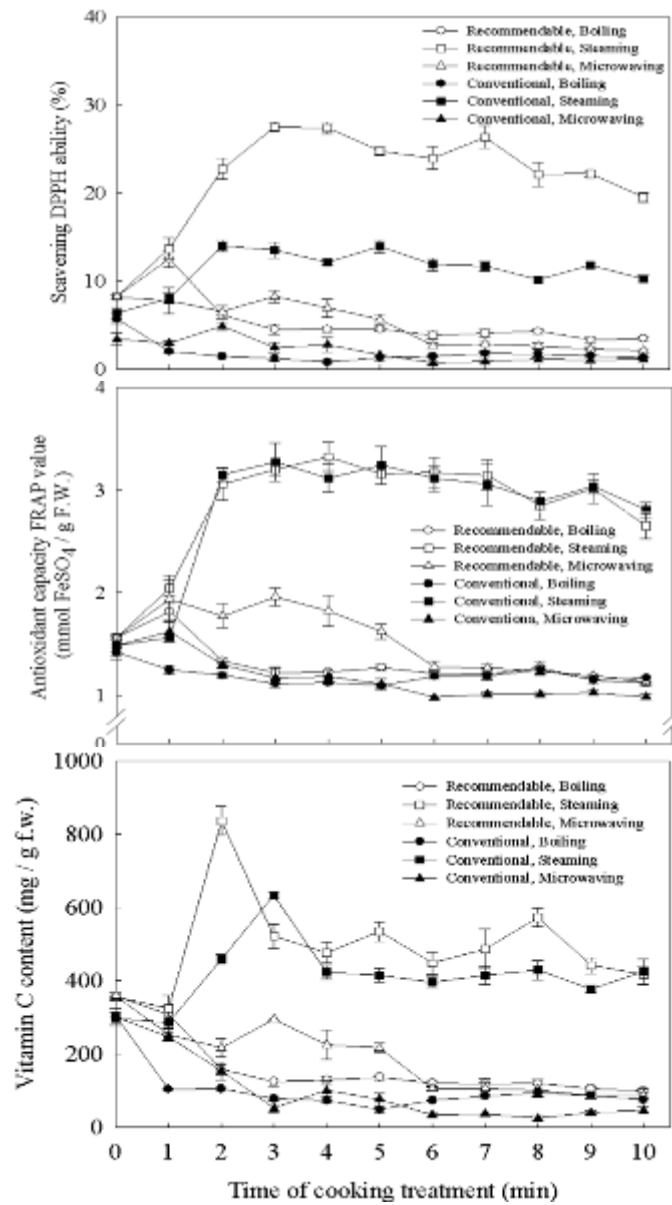
六、烹煮方法

蔬菜在烹調的過程，其抗氧化力會有所變化(Turkmen et al., 2005)。本試驗以甘藍‘初秋’為調查品種，並分為農友慣行和推薦用量兩種施肥方法兩組，於葉球達適當食用成熟度時採收，採收後摘除外層污損、老化葉片後取其葉球由外數第 5-15 層葉，以水煮(100°C，加 10 倍體積水)、蒸煮(100°C)及微波(800W 功率，10 倍體積水)三方法處理，而後進行抗氧化力及維生素 C 含量檢測。

Zhang和Hamazu(2004)利用水煮及微波處理青花菜，二處理去除DPPH自由基的抗氧化力皆隨處理時間增加而減少。不論處理方法或取樣部位，處理5分鐘後各抗氧化力約變為原來的1/3。Sultana等(2008)以水煮5分鐘、油炒5分鐘、微波5或8分鐘(2450MHz)三種方法調理六種蔬菜，結果顯示油炒有提升各蔬菜還原力的趨勢，水煮與微波則無；水煮與油炒對各蔬菜過氧化的抑制效果沒有影響，然而微波卻有降低各蔬菜過氧化抑制效果的趨勢，因此相較於其他調理方法，以微波調理蔬菜可能較不利於蔬菜抗氧化力的維持。而本試驗則以蒸煮其抗氧化力較高，且不降反升，水煮和微波則相對較低(圖四)，主要原因應為水煮和微波時水溶性抗氧化物流失於添加水中且溫度較高而降解以致抗氧化力減低，而蒸煮溫度未較實際溫度高，引起植體內過氧化物反應，抗氧化物亦未流失於水中所致。

結 語

甘藍抗氧化力受遺傳(品種)、採前(施肥量、栽培方式)及採後(冷藏、烹煮)等因子影響，本試驗初步結果可供甘藍育種者、栽培者及消費者食用時之參考。此外，甘藍抗氧化力表現和栽培方法與施肥量關係密切，日後可針對各營養元素做濃度級距試驗，進一步了解其影響為何，以作為施肥時之準則，生產高營養成分、高品質之甘藍產品。



圖四、不同烹煮方法之甘藍‘初秋’其清除 DPPH 自由基能力(A)、抗氧化力 FRAP 值(B)及維生素 C 含量(C)之變化。

Fig. 4. Changes of scavenging DPPH ability (A), antioxidant activity FRAP value (B), and vitamin C content (C) of cabbage ‘K-Y cross’ treated with different cooking method.

參考文獻

- 1.張芳魁 2008 臺灣常用蔬菜的抗氧化力指標FRAP與總酚類含量
國立臺灣大學園藝學系碩士論文 台北。
- 2.謝源德 2005 蔬菜 p.83-137 作物施肥手冊 行政院農業委員會農糧署 南投 臺灣。
- 3.Fang, Y.Z., S. Yang and G. Wu. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition* 18:872-879.
- 4.Hess, J. L. 1993. Vitamin E, α -tocopherol. p.111-134. In: R.G. Alscher and J.L. Hess (eds.). *Antioxidants in higher plants*, C.R.C. Press, Boca Raton, FL.
- 5.Singh, J., A. K. Upadhyay, A. Bahadur, B. Singh, K.P. Singh and M. Rai. 2006. Antioxidant phytochemicals in cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *capitata*). *Scientia Hort.* 108:233-237.
- 6.Sultana, B., F. Anwar and S. Lqbal. 2008. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables from Pakistan. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43:560-567.
- 7.Turkmen, N., F. Sari and Y. S. Velioglu. 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem.* 93: 713-718.
- 8.Zhang, D. and Y. Hamazu. 2004. Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Food. Agri. Environ.* 2(1): 95-100.