

## Antioxidative Effect of Extracts from Different Parts of *Kohlrabi*

Won-Min Pak · Koth-Bong-Woo-Ri Kim · Min-Ji Kim · Bo-Kyeong Kang ·  
Si-Woo Bark · Bo-Ram Kim · Na-Kyung Ahn · Yeon-Uk Choi ·  
Sung-Ryul Yoon · Dong-Hyun Ahn\*

### 콜라비 부위별 추출물의 항산화 효과

박원민 · 김꽃봉우리 · 김민지 · 강보경 · 박시우 · 김보람 · 안나경 · 최연욱 ·  
윤성열 · 안동현\*

Received: 9 June 2014 / Accepted: 18 July 2014 / Published Online: 31 December 2014  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2014

**Abstract** Antioxidant activities of ethanol and water extracts of flesh, leaves, and peels of green and purple *Kohlrabi* were measured by rancimat method, total phenolic compound (TPC), DPPH radical scavenging effect, chelating effect, and reducing power analysis. The highest TPC was observed in ethanol extract from green peel and water extract from purple leaf with 12.00 and 11.70 mg/g of dry sample, respectively. The ethanol extracts from purple *Kohlrabi* leaf and peel exhibited strong DPPH radical scavenging effects with reducing power while water extracts from purple *Kohlrabi* leaf and peel also showed strong DPPH radical scavenging with chelating effects. Antioxidant index of ethanol and water extracts from green and purple *Kohlrabi* measured by rancimat was lower than butylated hydroxytoluene. These results suggest that extracts from purple *Kohlrabi* leaf and peel exhibited higher antioxidant activities than those of green *Kohlrabi*, and can

be potentially used as proper natural antioxidants.

**Keywords** chelating effect · DPPH radical scavenging · *Kohlrabi* · reducing power

### 서 론

최근 소득 증가로 인한 생활 수준의 향상으로 사회가 급속하게 발달함에 따라 삶의 질을 높이기 위한 노력이 다양한 분야에서 펼쳐지고 있으며, 그 중에서도 천연물이나 한방 제제 및 각종 식물성 소재로부터 기능성 물질을 탐색하기 위한 많은 연구들이 행해지고 있다(Lee 등, 2009). 그 중에서도 인체 노화의 주범이 되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 체내에서 산화 작용을 일으키며 생체내의 세포막, 단백질 DNA 및 효소 등을 손상시켜 각종 질병의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Feskanich 등, 1992; Regnstrom 등, 1992). 일반적으로 ROS 생성을 막기 위해 butylated hydroxytoluene (BHT), butylated hydroxyanisole, propyl gallate 등의 합성 항산화 물질들이 뛰어난 효과와 경제성 때문에 널리 이용되고 있다. 하지만 체내 에너지 생산과 세포 대사 및 호흡작용을 방해하며 발암성이 있고 독성이 강하다는 부작용이 보고되고 있어 안전성과 기호성이 문제가 되지 않는 천연 항산화제의 개발이 요구된다(Halliwell, 1996; Morrissey와 O'Brien, 1998; Bae 등, 2001; Park 등, 2005).

이러한 문제로 tocopherol, flavone 유도체, sesamol, gossypol, 단백질의 가수 분해물 및 일부 향신료 등과 같은 천연 항산화제가 대두 되고 있으며 이러한 천연 항산화 물질은 유리 라디칼(free radical)로 인해 유발되는 각종 암 및 노화 관련 질병 예방에 효과가 있는 것으로 나타났다(Hertog 등, 1993). 하지만 단독으로는 산화반응 저지 능력이 낮으며 실제 사용되고 있는

W.-M. Pak · B.-K. Kang · S.-W. Bark · B.-R. Kim · N.-K. Ahn · Y.-U. Choi ·  
D.-H. Ahn  
Department of Food science & Technology/Institute of Food Science,  
Pukyong National University, Busan 608-737, Republic of Korea

K.-B.-W.-R. Kim · M.-J. Kim  
Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, Busan 619-  
911, Republic of Korea

S.-R. Yoon  
Yongmun Elementary School, Busan 608-832, Republic of Korea

\*Corresponding author (D.-H. Ahn: dhahn@pknu.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

tocopherol의 경우 동물성 유지에만 효력이 있고 가격이 비싼 단점이 있다. 콜라비(Kohlrabi)는 양귀비목(Papaveraceae) 배추과(Brassicaceae)에 속하는 2년생 채소이고, 순무양배추 또는 구경양배추 라고도 한다. 콜라비는 항암효과가 우수한 물질로 알려진 anthocyanin, carotenoid (Park 등, 2012), glucosinolates (MaCled와 MaCled, 1990) 등을 풍부하게 함유하고 있으며, 양배추 등 일반 채소에 비하여 비타민 C와 칼륨이 풍부하고 열량도 낮으며 식이섬유소가 풍부해 다이어트에 유효하다고 알려져 있다(Choi 등, 2010). 또한 in vitro 연구에서 항돌연변이 작용도 있는 것으로 보고되어 있으나(Edenharder 등, 1990; Edenharder 등, 1994), 항산화 활성에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 녹색 및 보라색 콜라비 부위에 따른 총 페놀함량, DPPH radical 소거능, 금속봉쇄력, 환원력, rancimat에 의한 항산화도를 측정하였으며, 이들 결과를 바탕으로 콜라비의 항산화물질 공급원으로서 이용 가능성을 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

**실험재료.** 녹색 및 보라색 콜라비는 전북 인산 금마면 신용리 생산공장에서 채배된 국내산 콜라비를 구입하여 깨끗이 수세하여 이물질을 제거하고 각각 엽육, 잎, 껍질로 나눈 후 건조하여 분쇄한 후  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

**추출.** 콜라비 분말에 10배량의 에탄올 또는 물을 가한 후 실온에서 shaker (H-0802, Dongwon Science Co., Korea)를 이용하여 24시간 추출한 후 원심분리기(UNION 32R, Hanil Co., Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액은 취하고 잔사에 다시 10배량의 용매를 가하여 2회 반복 추출하였다. 상층액을 여과지(Advantec 5A, Advantec MFS, Japan)로 여과하여  $37^{\circ}\text{C}$ 에서 rotary evaporator (RE200, Yamato Co., Japan)로 농축시킨 뒤  $-20^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하면서 사용하였다.

**Total phenolic compound (TPC).** 총 페놀 화합물 함량은 Folin-Densi (Swain과 Hillis, 1959)법을 변형하여 측정하였다. 증류수 6.5 mL에 시료 0.5 mL를 희석한 후 Folin-Ciocalteu's 용액 0.5 mL를 가하여 3분간 정치시켰다. 다음 무수 탄산나트륨 포화용액( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 1 mL를 가하고 증류수로 전체를 10 mL로 정용하여 상온에 1시간 방치시킨 후 UV/visible spectrophotometer (GENESYS 10UV, Rochester, USA)로 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 하여 동일한 방법으로 작성된 표준곡선으로부터 총 페놀화합물 함량을 정량하였다.

**DPPH radical scavenging effect.** DPPH radical 소거효과는 Blois (Blois, 1958)의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 0.2 mM DPPH 용액 0.5 mL를 넣고 진탕하여 실온에서 30분간 방치시킨 후 UV/visible spectrophotometer로 517 nm의 흡광도에서 측정하였다. 대조구(Control)는 시료 대신 용매를 가하여 radical 고유의 보라색을 측정하였고, 시료 자체의 색을 측정하기 위한 공시험(Blank)에는 0.2 mM DPPH 용액 대신 증류수를 가하여 측정하였다.

**Chelating effect.** 금속봉쇄력은 Shimada 등(1992)의 방법을 따라 측정하였다. 0.74 mL의 증류수에 시료 0.2 mL를 가하고 2 mM의 iron (II) chloride 용액 0.02 mL와 5 mM의 ferrozine 용액 0.04 mL를 첨가하여 실온에서 20분간 반응시킨 후 UV/

visible spectrophotometer로 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구(Control)는 시료 대신 용매를 가하여 같은 방법으로 측정하였고, 시료 자체의 색을 측정하기 위해 공시험(Blank)은 2 mM의 iron (II) chloride 용액과 5 mM의 ferrozine 용액 대신 증류수를 가하여 측정하였다.

**Reducing power.** 환원력은 Oyaizu (1986)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL, 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 mL, 1% potassium ferricyanide용액 2.5 mL를 가해 충분히 혼합한 후  $50^{\circ}\text{C}$ 의 water bath에서 20분간 반응시킨다. 다음 반응 정지를 위해 10% TCA 2.5 mL를 첨가하고 3000 rpm에서 10분간 원심 분리하였다. 원심분리 된 상층액 2 mL에 증류수 2 mL와 0.1% iron (II) chloride 용액 0.4 mL를 가하여 혼합한 후, 증류수 4.4 mL를 가해 1/2로 희석한 후 UV/visible spectrophotometer로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

**Rancimat에 의한 항산화도.** 유지 산화안정도 실험은 rancimat (743 Metrohm Co., Switzerland)을 이용하여 측정하였다. 먼저 reaction vessel에 lard를 0.3 g 취한 후 시료를 최종농도 1 mg/mL로 첨가하였다. 온도는  $100^{\circ}\text{C}$ , air flow rate는 20 L/h로 주입하였다. 이때 발생하는 휘발성 산화생성물이 65 mL의 증류수가 들어있는 absorption cell로 이행될 때 나타나는 전기전도도의 변화에 따라 산출된 유도기간으로부터 산화안정도를 측정하였다. 각 추출물의 항산화 정도를 측정하고 동시에 추출물을 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 항산화 정도를 비교하여 AI(antioxidant index)로 나타내었다.

AI (antioxidant index)=시험구의 유도기간/대조구의 유도기간

**통계처리.** 각 실험에 대한 유의차 검정은 SAS software V8 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)에서 평균값을 분산분석한 후, Duncan's multiple range test법에 따라  $p < 0.05$  수준에서 검정하였다

## 결과 및 고찰

**TPC.** 일반적으로 식물계에 널리 존재하는 페놀성 화합물은 2차 대사산물로 다양한 구조와 분자량을 가지고, 항산화 및 방어 기작 등의 중요한 역할을 하며 항산화 활성과 밀접한 관계가 있다(Choi 등, 2004). 이에 본 연구에서는 콜라비의 부위에 따른 추출물의 페놀 함량을 측정한 결과(Table 1), 에탄올 추출물의 경우 녹색 잎과 껍질에서 각각 8.62 및 12.00 mg/g of dry sample로 유의적으로 가장 높은 페놀 함량을 가졌으며, 보라색 엽육과 잎이 각각 2.46 및 2.30 mg/g of dry sample로 가장 낮은 페놀 함량을 가졌다. 반면, 물 추출물의 경우 보라색 잎이 11.70 mg/g of dry sample로 유의적으로 가장 높은 페놀 함량을 가졌으며, 녹색 엽육이 0.97 mg/g of dry sample로 가장 낮은 페놀 함량을 가졌다. 또한 보라색 잎을 제외하고 에탄올 추출물이 물 추출물보다 유의적으로 높은 페놀함량을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 Han 등(2013)이 무순을 용매별로 추출 후 항산화 효과를 측정한 결과, 에탄올 추출물이 물 추출물 보다 polyphenol 화합물 함량이 높게 나타났다고 보고한 결과와 Kwon과 Park (2008)의 연구에서 오미자 추출물의 페놀성 화합물 함량이 물 추출물보다 에탄올 추출물이 높다고 보고하여 본 연구와 일치하였다.

**Table 1** Content of total phenolic compound of *Kohlrabi* ethanol and water extracts (Unit: mg/g of dry sample)

		Ethanol extract	Water extract
Green	Flesh	3.85±2.96 <sup>Abc1)</sup>	0.97±0.25 <sup>Ae</sup>
	Leaf	8.62±0.21 <sup>Aa</sup>	7.56±0.03 <sup>Bb</sup>
	Peel	12.00±0.71 <sup>Aa</sup>	2.23±0.15 <sup>Bd</sup>
Purple	Flesh	2.46±0.30 <sup>Ac</sup>	1.61±0.08 <sup>Ade</sup>
	Leaf	2.30±0.07 <sup>Bc</sup>	11.70±0.40 <sup>Aa</sup>
	Peel	8.04±0.14 <sup>Aab</sup>	6.34±0.12 <sup>Bc</sup>

<sup>1)</sup>Means in the same row (<sup>A-B</sup>) and column (<sup>a-e</sup>) bearing different superscripts in sample are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

**DPPH radical scavenging effect.** DPPH는 비교적 안정한 free radical로써 수소를 공여 받아 환원되어 짙은 자색이 노란색으로 탈색되는 원리를 이용하여 간단히 항산화 활성을 측정할 수 있는 동시에 다양한 천연물질의 자유 라디칼 소거능 측정에 널리 사용되고 있다(Kim 등, 2004; You 등, 2009).

콜라비 에탄올 및 물 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정 한 결과(Table 2), 에탄올 추출물의 경우 1 mg/mL에서 녹색잎, 녹색껍질, 보라색 엽육 잎 및 보라색 껍질에서 각각 76.70, 46.24, 94.33, 및 94.14%의 라디칼 소거능을 보였다. 특히 보라색 잎과 껍질은 0.5 mg/mL에서도 75.93 및 78.25%의 radical 소거능을 보여 에탄올 추출물에서 비교적 높은 활성을 나타내었다. 물 추출물의 경우 녹색잎, 보라색 잎과 보라색 껍질이 각각 1 mg/mL에서 70.05, 90.77, 및 92.82%의 radical 소거능을 보였으며 특히, 보라색 껍질이 0.5와 0.1 mg/mL에서 84.69 및 21.90%으로 유의적으로 가장 높은 라디칼 소거능을 보였다. 페놀성 화합물은 연쇄반응 중 alkyl radical 또는 alkyperoxy radical에 페놀기의 수소원자를 radical에 제공하여 안정하게 만들고, 공명 혼성체를 형성할 수 있으므로 항산화능에 크게 기여한다(Labuza와 Jr, 1971; Ahn 등,2007).

본 연구에서는 페놀성 물질의 함량이 비교적 높은 잎이나 껍질 부분의 radical 소거능 활성이 높게 나왔으며 비교적 페놀성 물질 함량이 낮은 엽육의 경우, 낮은 radical 소거능을 가지는 것을 확인하였다. 이는 총 폴리페놀의 함량이 DPPH radical 소거능과 상관 관계를 가진다는 보고(Kang 등, 1996; Lee 등, 2005)와 일치하였다. 반면, 페놀성 물질의 함량이 낮은 보라색 잎 에탄올 추출물과 보라색 껍질 물 추출물이 우수한 DPPH radical 소거능을 가졌다. 이는 Lee 등(2011)이 종에 따른 배나무 열매의 항산화 활성 비교한 결과, 페놀성 물질의 함량이 낮은 문배나무에서 radical 소거활성이 우수하였다고 보고한 결과와 유사하였으며 radical의 기질에 따라 선택적으로 작용하는 페놀성 물질이 존재할 수 있으므로, 추출물에 우수한 radical 소거능을 지닌 폴리페놀성 물질에 기인한다고 사료된다.

또한 녹색 콜라비 추출물에 비하여 보라색 콜라비 껍질이 모든 추출물에서 높은 radical 소거능을 보였으며, 이는 Park 등 (1999)의 연구 결과 순무의 안토시아닌 색소는 대부분이 껍질 부위에 분포됨을 알 수 있다고 보고한 결과에 따라 껍질에 존재하는 안토시아닌에 의해 높은 radical 소거능을 가지는 것으로 사료되어진다.

**Chelating effect.** Fe, Cu, Co, Ni, Sn 등과 같은 산화 환원이 용이한 금속이나 이들의 금속염은 지질 산화에서 촉매로 작용할 수 있는 금속이다. 특히 일부 식품에 함유되어 있는 Fe<sup>2+</sup>나 Cu<sup>2+</sup>등은 hydroxyradical (-OH)과 superoxide radical (O<sup>2-</sup>) 등의 생성을 촉진하여 식품의 가공 및 저장 중에 지질산화를 촉매시킨다. 이러한 금속에 대한 봉쇄 효과는 금속 촉매제로 인한 free radical의 생성을 억제함으로써 지질산화를 방지할 수 있는 능력을 측정하는 지표로 이용된다(Yoo 등, 2004). Ferrozine 은 Fe<sup>2+</sup>와 복합체를 형성하여 보라색을 나타내는데, 이때 시료 중의 chelating 효과를 가진 물질이 Fe<sup>2+</sup> 이온을 제거하여 Fe<sup>2+</sup>-ferrozine 복합체의 형성을 방해하여 발색을 저해시킨다. 따라서 보라색의 감소 정도를 흡광도로 측정하여 금속봉쇄력을 나타낸다(Gulcin 등, 2005).

콜라비 에탄올 및 물 추출물의 금속봉쇄력을 측정 한 결과

**Table 2** DPPH radical scavenging effects of *Kohlrabi* ethanol and water extracts

(Unit: %)

		Concentrations (mg/mL)				
		1	0.5	0.1	0.05	
Ethanol extract	Green	Flesh	13.95±0.06 <sup>g1)</sup>	= <sup>2)</sup>	=	=
		Leaf	76.70±0.54 <sup>Ab</sup>	40.63±1.30 <sup>Be</sup>	=	=
		Peel	46.24±1.30 <sup>Ae</sup>	20.42±1.30 <sup>Bf</sup>	=	=
	Purple	Flesh	8.30±1.54 <sup>h</sup>	=	=	=
		Leaf	94.33±0.43 <sup>Aa</sup>	75.93±0.07 <sup>Bc</sup>	17.25±0.30 <sup>Cd</sup>	8.05±1.32 <sup>Db</sup>
		Peel	94.14±0.34 <sup>Aa</sup>	78.25±0.07 <sup>Bc</sup>	19.24±0.24 <sup>Ce</sup>	7.88±1.68 <sup>Db</sup>
Water extract	Green	Flesh	29.98±0.84 <sup>f</sup>	=	=	=
		Leaf	70.05±0.84 <sup>e</sup>	=	=	=
		Peel	55.51±0.84 <sup>d</sup>	=	=	=
	Purple	Flesh	44.11±0.31 <sup>e</sup>	=	=	=
		Leaf	90.77±0.22 <sup>Aa</sup>	62.99±2.75 <sup>Bd</sup>	12.89±0.45 <sup>Ce</sup>	7.13±0.26 <sup>Db</sup>
		Peel	92.82±0.57 <sup>Aa</sup>	84.69±1.03 <sup>Bb</sup>	21.90±0.90 <sup>Cb</sup>	9.31±0.26 <sup>Db</sup>
BHT		95.54±0.10 <sup>Aa</sup>	95.86±0.25 <sup>Aa</sup>	95.69±0.12 <sup>Aa</sup>	21.26±1.43 <sup>Ba</sup>	

<sup>1)</sup>Means in the same row (<sup>A-D</sup>) and column (<sup>a-h</sup>) bearing different superscripts in sample are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

<sup>2)</sup>Not done.

**Table 3** Chelating effects of *Kohlrabi* ethanol and water extracts

(Unit: %)

		Concentrations (mg/mL)			
		1	0.5	0.1	
Ethanol extract	Green	Flesh	<sup>1)</sup>	<sup>2)</sup>	=
		Leaf	6.45±0.71 <sup>g3)</sup>	=	=
		Peel	-	=	=
	Purple	Flesh	6.36±0.15 <sup>g</sup>	=	=
		Leaf	9.15±1.35 <sup>g</sup>	=	=
		Peel	-	=	=
Water extract	Green	Flesh	21.47±0.08 <sup>f</sup>	=	=
		Leaf	29.02±1.69 <sup>e</sup>	=	=
		Peel	40.41±0.00 <sup>d</sup>	=	=
	Purple	Flesh	-	=	=
		Leaf	75.74±1.77 <sup>Ab</sup>	19.87±2.38 <sup>Bb</sup>	5.01±2.53 <sup>Cb</sup>
		Peel	62.12±0.31 <sup>Ac</sup>	12.55±0.31 <sup>Bc</sup>	-
EDTA		99.06±0.31 <sup>Aa</sup>	99.38±0.07 <sup>Aa</sup>	99.38±0.14 <sup>Aa</sup>	

<sup>1)</sup>Less than 5%.<sup>2)</sup>Not done.<sup>3)</sup>Means in the same row (<sup>A-C</sup>) and column (<sup>a-g</sup>) bearing different superscripts in sample are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).**Table 4** Reducing power of *Kohlrabi* ethanol and water extracts

		Ethanol extract	Water extract
Green	Flesh	0.04±0.00 <sup>Bd1)</sup>	0.07±0.00 <sup>Ac</sup>
	Leaf	0.12±0.00 <sup>Ab</sup>	0.08±0.00 <sup>Bc</sup>
	Peel	0.07±0.00 <sup>Ac</sup>	0.07±0.00 <sup>Ac</sup>
Purple	Flesh	0.04±0.00 <sup>Ad</sup>	0.04±0.00 <sup>Ad</sup>
	Leaf	0.12±0.00 <sup>Ab</sup>	0.11±0.00 <sup>Bb</sup>
	Peel	0.12±0.00 <sup>Ab</sup>	0.12±0.00 <sup>Ab</sup>
Ascorbic acid		1.94±0.01 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>Means in the same row (<sup>A-B</sup>) and column (<sup>a-d</sup>) bearing different superscripts in sample are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

Concentration: 1 mg/mL.

(Table 3), 물 추출물이 에탄올 추출물보다 높은 금속봉쇄력을 보였다. 특히, 보라색 잎 물 추출물이 1 mg/mL에서 75.74%로 유의적으로 가장 높은 금속봉쇄력을 가졌다.

이와 유사한 연구로 Lee 등(2009)이 와송 추출물의 부위별 금속봉쇄력을 알아본 결과, 에탄올 추출물보다 물 추출물에서 높은 금속봉쇄력을 가졌으며 Kwon 등(2011)이 우렁쟁이 추출물의 항산화 효과를 *in vitro*에서 확인한 결과, 에탄올 추출물보다 물 추출물이 높은 금속 봉쇄효과를 나타낸 결과와 유사하여, 콜라비 에탄올 추출물보다 물 추출물에 금속봉쇄 효과를 가지는 물질이 있는 것으로 사료된다. 이는 물 추출물에서 가장 페놀 함량이 높았던 보라색 잎 물 추출물이 가장 높은 금속봉쇄력을 가졌으며, 에탄올 추출물에서 페놀 함량이 높았던 녹색 껍질이 금속봉쇄력 효과가 다소 낮은 것으로 보아, 보라색 콜라비 잎에 존재하는 수용성 페놀성 물질이 금속봉쇄효과를 가지는 것으로 사료된다.

**Reducing power.** 환원성 물질은 라디칼에 수소를 제공하거나 산소원자를 공여함으로써 활성 산소를 파괴하여 항산화능을 발

**Table 5** Antioxidant activity of *Kohlrabi* ethanol and water extracts on lard oil

		AI <sup>1)</sup>	
		Ethanol extract	Water extract
Green	Flesh	0.76±0.11 <sup>Bb2)</sup>	1.41±0.05 <sup>Ab</sup>
	Leaf	0.83±0.27 <sup>Ab</sup>	0.77±0.05 <sup>Ac</sup>
	Peel	1.05±0.20 <sup>Ab</sup>	0.62±0.09 <sup>Ac</sup>
Purple	Flesh	0.93±0.07 <sup>Ab</sup>	1.32±0.25 <sup>Ab</sup>
	Leaf	1.00±0.13 <sup>Ab</sup>	0.98±0.17 <sup>Abc</sup>
	Peel	1.04±0.18 <sup>Ab</sup>	1.36±0.40 <sup>Ab</sup>
BHT		8.17±0.15 <sup>a</sup>	

<sup>1)</sup>Antioxidant index: induction time of oil containing of extract/induction time of test oil.<sup>2)</sup>Means in the same row (A-B) and column (a-c) bearing different superscripts in sample are significantly different by Duncan's multiple range test ( $p < 0.05$ ).

Concentration: 1 mg/mL.

휘하는 것으로 생체 내에서는 과산화물 또는 과산화물 전구체와 직접적으로 반응하여 과산화물 형성을 막음으로서 항산화능을 가지는 것으로 알려져 있다(Majid 등, 2009).

환원력은 시료에 존재하는 reductones가 제공하는 수소원자가 활성산소 사슬을 분해함으로써 항산화 활성을 나타내는 것으로 항산화 활성과 직접적으로 연관되어 있는 것으로 알려져 있다(Arabshahi-Delouee와 Urooj, 2007). 시료 중에 항산화제와 같이 환원력을 가진 성분이 존재하게 되면 Fe<sup>3+</sup>/ferricyanide complex를 Fe<sup>2+</sup>상태로 환원시키면서 청색을 띠게 되는데 흡광도 수치 자체가 시료의 환원력을 나타내며 높은 환원력을 가지는 물질일수록 흡광도 값이 높다(Gulcin 등, 2005). 콜라비 에탄올 및 물 추출물을 1 mg/mL의 농도에서 환원력을 측정 한 결과(Table 4), 보라색 잎과 껍질이 에탄올 및 물 추출물에서 0.11–0.12로 다소 높은 환원력을 보였으나, 대조구인 ascorbic acid와 비교할

때 높지 않은 것으로 확인되었다. 이는 콜라비 추출물에서 환원성 물질이 항산화 활성에 다소 약하게 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

**Rancimat에 의한 항산화도.** Rancimat은 고온에서 유지에 산소를 주입하여 유지의 산화를 촉진시키고, 산화된 유지에서 발생하는 휘발성 물질을 물에 흡수시켜 물의 전도도 변화를 측정함으로써 산화도를 측정하는 방법이다. 시료의 항산화도는 실험구의 유도시간을 무첨가구의 유도시간으로 나눈 AI값으로 비교하였고, AI값이 높아질수록 항산화능이 높음을 의미한다(Yen 등, 2003). 콜라비 부위별 추출물의 lard oil에 대한 지질산화 억제능의 변화를 rancimat으로 알아보았다. 그 결과(Table 5), 콜라비 부위별 에탄올 추출물의 콜라비 녹색 및 보라색의 경우 유의적으로 차이가 나지 않았으나, 녹색 및 보라색 껍질이 각각 1.05 및 1.04으로 가장 높은 값을 가졌으며, 물 추출물의 경우 콜라비 녹색 엽육, 보라색 엽육 및 껍질이 각각 1.41, 1.32, 및 1.36으로 유의적으로 가장 높은 값을 가졌으나, 대조구인 BHT (8.17)와 비교하였을 때 다소 낮은 유지산화안정도를 가지는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과로 미루어보아 보라색 콜라비 잎 및 껍질이 천연항산화제로 활용가치가 내재되어 있다고 사료된다.

**초 록**

본 연구는 녹색 및 보라색 콜라비 부위(껍질, 잎, 엽육)에 따른 항산화 효과에 대해서 검증하고자 물 및 95% 에탄올에서 추출하였다. 항산화 활성을 측정하기 위하여 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 금속봉쇄력, 환원력, rancimat에 의한 산화도를 측정하였다. 그 결과, 녹색 껍질 에탄올 추출물 및 보라색 잎 물 추출물이 각각 12.00 및 11.70 mg/mL로 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 가졌다. DPPH 라디칼 소거능의 경우 보라색 잎 및 껍질의 물 및 에탄올 추출물에서 뛰어난 라디칼 소거능을 가졌으며, 금속봉쇄력의 경우 보라색 잎 물 추출물이 가장 높은 금속봉쇄력을 나타냈다. 반면, 환원력 및 rancimat에 의한 항산화도의 경우 콜라비 추출물은 대조구에 비하여 낮은 항산화력을 나타내었다. 따라서, 본 연구는 보라색 콜라비의 잎과 껍질 부위가 항산화 소재로서의 활용 가능성이 높음을 확인하였다.

**Keywords** 금속봉쇄력 · 콜라비 · 환원력 · DPPH 라디칼 소거능

**References**

Ahn SI, Heuing BJ, and Son JY (2007) Antioxidative activities and nitrite-scavenging abilities of some phenolic compounds. *Korean J Food Cookery Sci* **23**, 19–24.  
 Arabshahi-Delouee S and Urooj A (2007) Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica L.*) leaves. *Food Chem* **102**, 1233–40.  
 Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Ha JU, and Lee SC (2001) Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J Korean Soc Fodd Sci Nutr* **30**, 1026–31.  
 Blois MS (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* **181**, 1990–2100.  
 Choi HJ, Park JH, Han HS, Son JH, Son GM, Bae JH et al. (2004) Effect of polyphenol compound from Korean pear on lipid metabolism. *Korean J Food Sci Technol* **33**, 299–304.

Choi SH, Ryu DK, Park S, Ahn KG, Lim YP, and An GH (2010) Composition analysis between *Kohlrabi* (*Brassica oleraceavar. gongylodes*) and radish (*Raphanus sativus*). *Kor J Hort Sci Technol* **28**, 469–75.  
 Edenharder R, John K, and Ivo-Boor H (1990) Antimutagenic activity of vegetable and fruit extracts against in-vitro benzo(a)pyrene. *Z Gesamte Hyg* **36**, 144–7.  
 Edenharder R, Kurz P, John K, Burgard S, and Seeger K (1994) In vitro effect of vegetable and fruit juices on the mutagenicity of 2-amino-3-methylimidazo [4,5-f] quinoline, 2-amino-3,4-dimethylimidazo [4,5-f] quinoline and 2-amino-3,8-dimethylimidazo [4,5-f] quinoxaline. *Food Chem Toxicol* **32**, 443–59.  
 Feskanich D, Ziegler RG, Michaud DS, Giovannucci EL, Speizer FE, Willett WC et al. (1992) Prospective study of fruit and vegetable consumption and risk of lung cancer among men and women. *J Natl Cancer Inst* **92**, 1812–23.  
 Gulcin I, Berashvili D, and Gepdiremen A (2005) Antiradical and antioxidant activity of total anthocyanins from *Perilla pankinensis* decne. *J Ethnopharmacol* **101**, 287–93.  
 Halliwell B (1996) Antioxidants in human health and disease. *Annu Rev Nutr* **16**, 33–49.  
 Han JH, Moon HK, Chung SK, and Kang WW (2013) Comparison of Antioxidant Activities of Radish Bud (*Raphanus sativus L.*) According to Extraction Solvents and Sprouting Period. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **42**, 1767–75.  
 Hertog MG, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, and Kromhout D (1993) Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphan elderly study. *Lancet* **342**, 1007–11.  
 Kang YH, Park YK, and Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating activity of phenol compounds. *Korean J Food Sci Technol* **28**, 232–9.  
 Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, and Rhyu MR (2004) Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* **36**, 333–8.  
 Kwon HJ and Park CG (2008) Biological activities of extracts from Omija (*Schizandra chinensis Baillon*). *Korean J Food Preserv* **15**, 587–92.  
 Kwon TH, Kim JK, Kim TW, Lee JW, Kim JT, Seo HJ et al. (2011) Antioxidant and anti-lipase activity in *Halocynthia roretzi* extracts. *Korean J Food Sci Technol* **43**, 464–8.  
 Labuza TP and Jr LRD (1971) Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit Rev Food Technol* **2**, 335–405.  
 Lee CH, Shin SL, Kim NR, and Hwang JK (2011) Comparison of antioxidant effects of different Korean pear species. *Korean J Plant Res* **24**, 253–9.  
 Lee SJ, Song EJ, Lee SY, Kim KBWR, Kim SJ, Yoon SY et al. (2009) Antioxidant activity of leaf, stem and root extracts from *Orostachys japonicus* and their heat and pH stabilities. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **38**, 1571–9.  
 Lee SO, Lee HJ, Yu MH, Im HG, and Lee IS (2005) Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetables produced in *Ullung island*. *Korean J Food Sci Technol* **37**, 233–40.  
 Macleodo G and Macleodo AJ (1990) The glucosinolates and aroma volatiles of green *Kohlrabi*. *Phytochem* **29**, 1183–7.  
 Majid HR, Chang PR, Pegg B, and Tyler RT (2009) Antioxidant capacity of bioactives extracted from canola meal by subcritical water, ethanolic and hot water extraction. *Food Chem* **114**, 717–26.  
 Morrissey PA and O'Brien NM (1998) Dietary antioxidants in health and disease. *Int Dairy J* **8**, 463–72.  
 Oyaizu M (1986) Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Japan J Nutr* **44**, 307–15.  
 Park BH, Cho HS, and Kim DH (2005) Antioxidative effects of solvent extracts of *Lycii fructus* powder (LFP) and *Maejajgwa* made with LFP. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **34**, 1314–9.  
 Park WT, Kim JK, Park S, Lee SW, Li X, Kim YB et al. (2012) Metabolic profiling of glucosinolates, anthocyanins, carotenoids, and other secondary metabolites in *Kohlrabi* (*Brassica oleracea var. gongylodes*). *J Agric Food Chem* **60**, 8111–6.  
 Park YK, Kim HM, Park MW, Kim SR, and Choi IW (1999)

- Physicochemical and functional properties of turnip. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **28**, 333–41.
- Regnstrom J, Nilsson J, Tornvall P, Landou C, and Hamsten A (1992) Susceptibility to low-density lipoprotein oxidation and coronary atherosclerosis in man. *Lancet* **339**, 1183–6.
- 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**, 945–8.
- Swain T and Hillis WE (1959) The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I.-The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* **10**, 63–8.
- Yen GC, Chang YC, and Su SW (2003) Antioxidant activity and active compounds of rice koji fermented with *Aspergillus candidus*. *Food Chem* **83**, 49–54.
- Yoo MY, Kim SK, and Yang JY (2004) Characterization of an antioxidant from sporophyll of *Undaria pinnatifida*. *Kor J Microbiol Biotechnol* **32**, 307–11.
- You JK, Chung MJ, Kim DJ, Seo DJ, Park JH, Kim TW et al. (2009) Antioxidant and tyrosinase inhibitory effects of *Paeonia suffruticosa* water extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* **38**, 292–6.