

## Comparison Analysis of Antioxidant Effects from Rutaceae Fruits

Mee-Kyung Kim\*

\*Professor, Dept. of Bio-Cosmetic Science, Seowon University, Cheongju, Korea

### [Abstract]

In this study, we investigated the antioxidants activity by measuring electron donating ability and ABTS radical scavenging ability of the extracts from Rutaceae fruits (citron, grapefruit, lemon, mandarin orange, orange, trifoliolate) to evaluate its use as a antioxidants in foods and cosmetics. Rutaceae fruits extract were separated in two parts of whole fruit (pulp, pulp fegment membrane, peel) and peel, dried, and then extracted with 70% ethanol. As a result of comparing the antioxidant effect at the concentration of 10,000  $\mu\text{g/mL}$ , the electron donating ability was higher in the dried lemon peel extract (DLPE, 88.15%) and the dried citron whole fruit extract (DCWE, 80.44%), and the ABTS radical scavenging ability was highest in lemon peel and dried peel extract at 94.85% (FLPE) and 92.83% (DLPE). In conclusion, it was confirmed that lemon showed the highest antioxidant effect among the Rutaceae fruits(citron, grapefruit, lemon, mandarin orange, orange, trifoliolate), and it was confirmed that the dried peel extract had a significant effect. Therefore it is considered that the dried lemon peel extract has the potential to be used as a natural antioxidant material in food and cosmetics.

▶ **Key words:** Antioxidant, Electron donating ability, ABTS scavenging activity, Rutaceae fruits

### [요 약]

본 연구에서는 운향과 식물 과실류의 식품 및 화장품에서 항산화 소재 가능성을 확인하기 위하여 6종(유자, 자몽, 레몬, 밀감, 오렌지, 탕자)을 전과와 과피로 나누어 건조 처리한 후 에탄올로 추출하여 전자공여능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성 효과를 비교 분석하였다. 농도 10,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 항산화 효과를 비교 분석한 결과, 전자공여능은 레몬의 건조 과피 추출물(88.15%)과 유자의 건조 전과 추출물(80.44%)이 높았으며, ABTS 라디칼 소거능은 레몬의 과피(94.85%)와 건조 과피(92.83%)에 높게 나타났다. 결론적으로, 6종의 운향과 과실류 중에서 레몬이 가장 높은 항산화 효과를 나타내었으며, 특히 건조된 과피 추출물에서 유의적인 효과가 있는 것으로 확인됨에 따라 식품 및 화장품에서 천연 항산화 소재로서의 활용 가능성이 있음을 확인하였다.

▶ **주제어:** 항산화, 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능, 운향과 과실류

• First Author: Mee-Kyung Kim, Corresponding Author: Mee-Kyung Kim  
\*Mee-Kyung Kim (kim5179@hanmail.net), Dept. of Bio-Cosmetic Science, Seowon University  
• Received: 2021. 08. 31, Revised: 2021. 10. 25, Accepted: 2021. 10. 25.

## I. Introduction

현대사회는 웰빙 삶을 추구하는 식생활 변화, 영양 상태 개선 및 의학의 발달로 인간의 평균수명이 증가하였으나, 그와 더불어 노화, 성인병 및 염증 질환 등에 노출되어 있으며, 이의 발생 요인은 활성산소이다[1]. 활성산소(reactive oxygen species, ROS)는 생체 내에서 산소가 환원되어 생성되는 슈퍼옥사이드 음이온 라디칼(O<sub>2</sub><sup>-</sup>), 히드록실 라디칼(·OH), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 등과 같은 자유라디칼(free radical)로서 생체 내 대사작용에 의해 분해된 물질을 에너지원으로 생성하는 과정에서 생성되어 세포 분화와 성장, 살균작용, 신호전달 및 다양한 조절 기능을 하고 있다[2]. 그러나 질병 상태나 스트레스, 노화 등에 의해 과도하게 생성될 경우는 세포 및 조직 손상을 유발하여 DNA 손상, 심혈관계 질환, 염증 및 암 유발과 노화를 촉진시키는 원인으로 작용한다[1],[3]. 이에 노화 억제와 성인병 질환으로부터 건강을 유지할 수 있는 기능성 물질에 관한 연구를 꾸준히 이루어지고 있으며[4], 특히 활성산소의 유해한 작용으로부터 체내 세포의 보호와 질병을 치료하기 위한 목적으로 활성산소를 방어할 수 있는 항산화제의 필요성이 높아지고 있다[5]. 항산화 작용을 하는 물질은 주로 식물계에 널리 분포되어있는 vitamin류, carotenoid류, flavonoid류 등의 페놀성 화합물로서 이 화합물은 단백질 및 거대분자들과 결합하여 항산화, 항염, 항알레르기 등의 생리활성을 하는 것으로 알려져 있다[6],[7]. 최근에는 식품, 제약 및 화장품에서 각종 천연식물에서 산화 반응 및 프리라디칼 반응 억제하는 항산화 물질에 관한 연구가 다양하게 진행되고 있다[8]. 항산화 효과는 주로 페놀성 물질이 활성 라디칼에 전자를 공여하는 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능 시험법을 통해 확인하고 있다[9].

운향과 식물에 속하는 과실류는 감귤속(Citrus), 금감속(Fortunella) 및 탕자나무속(Poncirus)에 따라 종과 품종들이 나뉘어져 있으며, 국내에서는 감귤속과 탕자나무속이 주로 재배되고 있다. 감귤속에 속하는 과실은 귤, 감귤, 밀감, 오렌지, 자몽, 레몬, 유자 등이고, 탕자나무속에 속하는 과실은 탕자이다[10]. 이들 과실류는 오래전부터 과실과 과피를 한방약이나 생약의 원료로 사용되었을 만큼 건강기능성 소재로의 이용가치가 있는 것으로 알려져 있다[11],[12]. 운향과 식물의 과실류는 flavonoid류, carotenoid류, coumarin류, phenylpropanoid류 및 limonoid류 등의 다양한 화합물을 함유하고 있으며[13],[14],[15], 이들 화합물은 세포의 기능장애와 돌연변이를 일으키는 활성산소의 작용을 저지하는 항산화 작용, 암

세포 전이 억제하는 항암 작용, 이외에도 순환기계 질환의 예방, 항염증, 항알레르기, 면역증강 등의 다양한 생리활성을 나타내는 것으로 보고되고 있다[16],[17],[18]. 최근까지 운향과 식물에 속하는 과실류에 대한 연구는 주로 제주 산 감귤류인 진귤, 온주밀감, 한라봉, 천혜향, 청견, 진지향 등의 영양성분 분석, 항산화 활성, 떡의 품질에 미치는 영향 등에 대한 연구가 주로 이루어져 있는 실정이다[10],[19],[20],[21].

따라서 본 연구에서는 운향과 식물 과실류를 이용하여 향후 식품 및 화장품에서 항산화 소재로서의 가능성을 제시하고자 밀감, 레몬, 오렌지, 유자, 자몽, 탕자의 각각을 전과와 과피로 나누어 건조 처리한 후 에탄올로 추출하여 전자공여능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성 효과를 비교 분석하였다.

## II. Methods

### 1. Material

본 실험에 사용한 재료는 유자(고흥군), 자몽(캘리포니아), 레몬과 오렌지(칠레), 밀감(제주 서귀포), 탕자(영동군)이고, 이들을 구입하여 냉장 보관하면서 사용하였다. 시료들의 학명은 Table 1과 같다.

Table 1. Scientific name of Rutaceae fruits

Rutaceae fruits	Scientific name
Citron (유자)	<i>Citrus junos</i> Siebold ex Tanaka
Grapefruit (자몽)	<i>Citrus paradisi</i> Macf.
Lemon (레몬)	<i>Citrus limon</i> L. Burm. f.
Mandarin orange (밀감)	<i>Citrus unshiu</i> S. Marcov
Orange (오렌지)	<i>Citrus sinensis</i> L.
Trifoliolate (탕자)	<i>Poncirus trifoliata</i> Rafin

### 2. Extract Preparation

본 실험에 사용한 6종의 운향과 식물 과실류를 세척하여 물기를 제거한 후 전과(과육, 양낭막, 과피)와 과피로 구분하여 세절한 후 열풍건조기(LD-918G, L'EQUIP, Hwaseong, Korea)를 이용하여 50°C에서 24시간 동안 건조하여 실험재료로 사용하였다. 생 과실류와 건조 과실류는 각각 70% 에탄올을 시료 중량대비 10배의 양이 되게

가하여 실온에서 24시간 동안 교반 추출한 후 상등액과 침전물을 분리하여 동일한 방법으로 3회 반복 추출하였다. 각각의 추출물은 여과한 후 감압농축기(EYELA, Germany)를 이용하여 감압농축하고 다시 농축액을 동결 건조하여 실험에 사용하였다.

### 3. Electron donating ability measurement

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) radical에 대한 라디칼 소거활성은 Blois법[22]에 준하여 시료 0.5 mL에 60  $\mu$ M DPPH (Sigma, USA) 3 mL를 넣고 섞이게 흔들어 준 후 15분 동안 실온 방치한 다음 흡광도(517 nm)를 측정하였다. 전자공여능은 시료 처리군과 무처리군 사이의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

### 4. ABTS scavenging activity measurement

ABTS 라디칼 소거능의 측정은 Pellegrin 등 [23]의 방법에 준하여 실험을 수행하였다. 즉, 7 mM 2,2-azino-bis(3-ethylbenzthiazokine-6-sulfonic acid) 용액 5 mL과 140 mM  $K_2S_2O_8$  88  $\mu$ L를 섞어 암소에 14~16시간 방치한다. 그런 다음 이를 absolute ethanol과 1:88의 비율로 섞어 흡광도 734 nm에서 대조구의 값이 약  $0.7 \pm 0.02$ 가 되도록 조절한 후 ABTS 용액으로 사용하였다. 시료 50  $\mu$ L와 ABTS 용액 1 mL를 0.5분 동안 섞은 후 2.5분 배양한 것을 흡광도(734 nm)를 측정하였다. ABTS 라디칼 소거능은 시료 처리군과 무처리군 사이의 흡광도의 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

### 5. Data Analysis

본 실험결과는 3 반복한 결과치를 평균 $\pm$ 표준편차로 나타내었으며, 실험에 대한 통계처리는 IBM SPSS Stataistics 23 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분석하였다. 유의차 검증은 분산분석(ANOVA : analysis of variance)을 한 후  $\alpha=0.05$  수준

에서 Duncan의 다중검증법 (DMRT: Duncan's multiple range test)에 따라 분석하였다.

## III. Research Results

### 1. Comparison of electron donating ability

DPPH는 짙은 자색을 띠는 비교적 안정한 free radical로 함황아미노산과 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 지방질 항산화 및 노화에 대한 항산화 효과를 평가하는 척도로 이용하고 있다[24]. Free radical은 인체 내에서 지질, 단백질 등과 결합하여 DNA 손상, 심혈관계 질환, 염증 및 암 등의 유발과 노화를 촉진시키는 원인으로 작용하는데, 페놀성 화합물에 의해 free radical이 환원되어 비활성화된다. 페놀성 화합물은 phenolic acid, flavonoid 등으로서 주로 식물체의 모든 부위에 존재한다[25].

운향과 과실류 6종을 전과(과육, 양낭막, 과피)와 과피로 나누어 생 과실류와 건조 과실류로 구분하여 에탄올로 추출한 추출물을 농도별(100, 500, 1,000, 5,000, 10,000  $\mu$ g/mL)로 전자공여능을 측정한 결과 Table 2~5에서 보는 바와 같이 운향과 과실류 6종 모두 농도의존적으로 증가하는 경향을 나타내었고, 6종의 운향과 과실류 중에서 레몬이 가장 높은 전자공여능을 나타냈다. 농도 10,000  $\mu$ g/mL에서 추출물의 전자공여능을 비교 분석한 결과 레몬 추출물의 경우는 전과와 과피 및 건조 전과와 과피의 전자공여능은 각각 83.3%와 84.3% 및 83.1%와 88.2%로서 건조 과피에서 가장 높게 나타났다. 유자 추출물의 경우는 건조 전과(80.4%)에서, 자몽 추출물의 경우는 전과(48.0%)와 건조 전과(45.6%)에서, 밀감 추출물의 경우는 과피(57.5%)에서, 오렌지 추출물의 경우는 과피(52.8%)와 건조 과피(56.5%)에서, 탕자 추출물의 경우는 건조 과피(70.2%)에서 통계적인 유의차( $p<0.05$ )를 나타내었다. 이상의 결과로 볼 때 레몬과 유자 추출물이 높은 전자공여능 효과를 나타

Table 2. Effect of ethanol extract from Rutaceae fruits on DPPH radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration ( $\mu$ g/mL)				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		91.2 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	95.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Fresh	Citron Whole	5.9 $\pm$ 0.9 <sup>pdq</sup>	14.0 $\pm$ 1.9 <sup>n</sup>	21.0 $\pm$ 0.8 <sup>m</sup>	51.0 $\pm$ 5.0 <sup>q</sup>	69.7 $\pm$ 2.5 <sup>d</sup>
	Grapefruit Whole	2.1 $\pm$ 0.8 <sup>s</sup>	8.2 $\pm$ 1.0 <sup>pa</sup>	14.3 $\pm$ 2.7 <sup>n</sup>	35.0 $\pm$ 3.6 <sup>l</sup>	48.0 $\pm$ 1.7 <sup>b</sup>
	Lemon Whole	14.1 $\pm$ 0.6 <sup>n</sup>	22.5 $\pm$ 1.9 <sup>j</sup>	32.2 $\pm$ 2.0 <sup>k</sup>	63.3 $\pm$ 2.1 <sup>e</sup>	83.3 $\pm$ 1.5 <sup>c</sup>
	Mandarin Whole	2.8 $\pm$ 0.5 <sup>se</sup>	9.0 $\pm$ 1.1 <sup>pb</sup>	14.1 $\pm$ 0.7 <sup>n</sup>	32.7 $\pm$ 2.9 <sup>k</sup>	43.7 $\pm$ 1.5 <sup>i</sup>
	Orange Whole	1.7 $\pm$ 0.8 <sup>se</sup>	8.4 $\pm$ 0.6 <sup>pa</sup>	14.4 $\pm$ 1.3 <sup>n</sup>	31.7 $\pm$ 3.1 <sup>k</sup>	41.0 $\pm$ 1.0 <sup>i</sup>
	Trifoliolate Whole	5.3 $\pm$ 0.2 <sup>dr</sup>	11.8 $\pm$ 0.7 <sup>no</sup>	18.8 $\pm$ 1.8 <sup>m</sup>	47.3 $\pm$ 2.5 <sup>n</sup>	59.7 $\pm$ 0.6 <sup>f</sup>

Values are mean $\pm$ SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at  $p<0.05$ (a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m>n>o>p>q>r).

Table 3. Effect of ethanol extract from Rutaceae fruits peel on DPPH radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		91.2 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	95.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Fresh	Citron Peel	1.8 $\pm$ 0.5 <sup>q</sup>	6.3 $\pm$ 1.6 <sup>l-q</sup>	9.9 $\pm$ 1.1 <sup>lm</sup>	23.4 $\pm$ 2.4 <sup>i</sup>	37.2 $\pm$ 2.7 <sup>g</sup>
	Grapefruit Peel	1.6 $\pm$ 0.5 <sup>q</sup>	5.6 $\pm$ 2.6 <sup>m-q</sup>	7.6 $\pm$ 4.1 <sup>l-o</sup>	22.5 $\pm$ 4.8 <sup>j</sup>	34.6 $\pm$ 5.1 <sup>gh</sup>
	Lemon Peel	6.4 $\pm$ 0.3 <sup>q</sup>	18.6 $\pm$ 2.2 <sup>k</sup>	24.7 $\pm$ 3.5 <sup>i</sup>	61.2 $\pm$ 2.3 <sup>d</sup>	84.8 $\pm$ 3.4 <sup>c</sup>
	Mandarin Peel	2.2 $\pm$ 1.9 <sup>pq</sup>	3.6 $\pm$ 3.8 <sup>opq</sup>	10.2 $\pm$ 1.1 <sup>lm</sup>	34.0 $\pm$ 1.4 <sup>gh</sup>	57.5 $\pm$ 3.8 <sup>d</sup>
	Orange Peel	2.2 $\pm$ 0.6 <sup>pq</sup>	7.1 $\pm$ 0.9 <sup>j-p</sup>	11.2 $\pm$ 0.4 <sup>l</sup>	31.0 $\pm$ 3.0 <sup>h</sup>	52.8 $\pm$ 0.5 <sup>e</sup>
	Trifoliolate Peel	6.5 $\pm$ 2.6 <sup>l-q</sup>	9.1 $\pm$ 0.9 <sup>lm</sup>	17.2 $\pm$ 2.3 <sup>k</sup>	36.8 $\pm$ 2.6 <sup>g</sup>	47.9 $\pm$ 3.6 <sup>f</sup>

Values are mean $\pm$ SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$  (a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m>n>o>p>q).

Table 4. Effect of ethanol extract from dried Rutaceae fruits on DPPH radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		91.2 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	95.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Dried	Citron Whole	8.3 $\pm$ 0.6 <sup>no</sup>	18.3 $\pm$ 2.8 <sup>k</sup>	26.1 $\pm$ 2.7 <sup>ghi</sup>	62.1 $\pm$ 6.8 <sup>d</sup>	80.4 $\pm$ 4.9 <sup>c</sup>
	Grapefruit Whole	4.6 $\pm$ 2.0 <sup>op</sup>	9.1 $\pm$ 1.0 <sup>mno</sup>	14.4 $\pm$ 2.4 <sup>lm</sup>	30.4 $\pm$ 3.3 <sup>gh</sup>	45.6 $\pm$ 3.9 <sup>e</sup>
	Lemon Whole	6.4 $\pm$ 1.0 <sup>op</sup>	15.4 $\pm$ 6.4 <sup>k</sup>	25.5 $\pm$ 4.4 <sup>hi</sup>	61.8 $\pm$ 5.0 <sup>d</sup>	83.1 $\pm$ 2.9 <sup>c</sup>
	Mandarin Whole	4.9 $\pm$ 0.8 <sup>op</sup>	11.1 $\pm$ 1.9 <sup>lmn</sup>	15.5 $\pm$ 2.2 <sup>kl</sup>	31.7 $\pm$ 2.5 <sup>g</sup>	39.2 $\pm$ 2.5 <sup>f</sup>
	Orange Whole	2.4 $\pm$ 0.8 <sup>p</sup>	7.1 $\pm$ 1.0 <sup>op</sup>	12.1 $\pm$ 1.4 <sup>mn</sup>	30.6 $\pm$ 5.6 <sup>gh</sup>	46.4 $\pm$ 3.5 <sup>e</sup>
	Trifoliolate Whole	8.3 $\pm$ 1.6 <sup>no</sup>	15.0 $\pm$ 2.4 <sup>kl</sup>	21.1 $\pm$ 3.4 <sup>ij</sup>	43.6 $\pm$ 5.4 <sup>ef</sup>	64.0 $\pm$ 2.8 <sup>d</sup>

Values are mean $\pm$ SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$  (a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m>n>o>p).

Table 5. Effect of ethanol extract from dried Rutaceae fruits peel on DPPH radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration ( $\mu\text{g/mL}$ )				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		91.2 $\pm$ 2.2 <sup>b</sup>	95.9 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.1 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>	96.0 $\pm$ 0.0 <sup>a</sup>
Dried	Citron Peel	1.0 $\pm$ 1.0 <sup>f</sup>	5.9 $\pm$ 0.8 <sup>pq</sup>	12.3 $\pm$ 0.6 <sup>mn</sup>	33.9 $\pm$ 4.6 <sup>i</sup>	49.4 $\pm$ 1.7 <sup>g</sup>
	Grapefruit Peel	1.3 $\pm$ 0.9 <sup>f</sup>	6.9 $\pm$ 0.5 <sup>pq</sup>	10.8 $\pm$ 0.9 <sup>no</sup>	28.9 $\pm$ 0.7 <sup>j</sup>	40.7 $\pm$ 0.4 <sup>h</sup>
	Lemon Peel	4.5 $\pm$ 3.8 <sup>f</sup>	20.0 $\pm$ 1.2 <sup>g</sup>	30.1 $\pm$ 1.0 <sup>h</sup>	66.0 $\pm$ 4.7 <sup>e</sup>	88.1 $\pm$ 1.3 <sup>c</sup>
	Mandarin Peel	1.4 $\pm$ 1.6 <sup>f</sup>	5.9 $\pm$ 0.8 <sup>pq</sup>	12.3 $\pm$ 0.6 <sup>mn</sup>	33.9 $\pm$ 4.6 <sup>i</sup>	49.4 $\pm$ 1.7 <sup>g</sup>
	Orange Peel	1.6 $\pm$ 0.6 <sup>f</sup>	8.7 $\pm$ 0.1 <sup>op</sup>	15.9 $\pm$ 1.0 <sup>m</sup>	38.5 $\pm$ 4.9 <sup>h</sup>	56.5 $\pm$ 3.8 <sup>f</sup>
	Trifoliolate Peel	6.0 $\pm$ 0.2 <sup>pq</sup>	15.1 $\pm$ 0.9 <sup>m</sup>	23.8 $\pm$ 0.3 <sup>k</sup>	50.6 $\pm$ 1.8 <sup>g</sup>	70.2 $\pm$ 0.4 <sup>d</sup>

Values are mean $\pm$ SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at  $p < 0.05$  (a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m>n>o>p>q>r).

내었고, 유자 추출물을 제외한 5종의 운향과 과실류에서는 건조처리된 과피에서 높은 전자공여능을 나타내었음을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 Park 등[12]은 감귤(천혜향, 한라봉, 청건, 진지향)를 부위별로 나뉘어 메탄올로 추출하였을 때 과피 부위에서, Hyon 등[26]은 감귤(진귤, 온주밀감, 하귤)를 과피와 진피로 나누어 메탄올로 추출하였을 때 건조한 껍질인 진피에서 항산화 활성이 높다고 보고한 결과와 유사하였다. 이에 항산화 효과를 높이기 위해서는 운향과 과실류는 과피 부위를 건조 처리하였을 때 항산화 효과를 높일 수 있음을 알 수 있었다.

## 2. Comparison of ABTS scavenging activity

ABTS 라디칼 소거능은 과황산칼륨(potassium persulfate)와 ABTS의 산화에 의해 생성된 라디칼이 항산화 물질에 의해 제거되어 청록색이 탈색되는 실험으로

서 친수성과 소수성 물질의 항산화 효과를 측정할 수 있다 [27]. 페놀성 물질의 함량이 높을수록 ABTS 라디칼 소거 활성이 높아지는 것으로 알려져 있다[28]. 운향과 과실류 6종의 친수성 및 lipophilic 물질의 항산화력을 측정하기 위하여 ABTS radical cation decolorization을 측정할 결과 Table 6~9에서 보는 바와 같이 농도의존적으로 증가하는 경향을 나타내었으며 전반적으로 전과가 건조 전과보다 높은 ABTS 라디칼 소거활성을 나타내었다. 전자공여능에서와 같이 레몬 추출물이 가장 높은 항산화력을 나타냈으며, 농도 10,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 전과와 과피 및 건조 전과와 과피 모두에서 89.7%와 94.9% 및 90.6%와 92.8%의 높은 항산화력을 나타내었다. 특히, 과피(94.9%)에서 높은 항산화 효과를 나타내었다. 농도 10,000  $\mu\text{g/mL}$ 에서 운향과 과실류 6종의 ABTS 라디칼 소거능을 비교한 결과 유자 추출물은 전과(74.2%)와 건조 전과(78.6%)에서, 자몽

Table 6. Effect of ethanol extract from Rutaceae fruits on ABTS radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration (µg/mL)				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		93.4±2.2 <sup>ab</sup>	94.5±2.0 <sup>a</sup>	95.1±2.5 <sup>a</sup>	96.0±1.9 <sup>a</sup>	96.6±1.7 <sup>a</sup>
Fresh	Citron Whole	1.7±0.5 <sup>n</sup>	4.9±1.6 <sup>lmn</sup>	9.9±2.0 <sup>kl</sup>	38.2±5.3 <sup>h</sup>	74.2±7.5 <sup>cd</sup>
	Grapefruit Whole	1.3±0.5 <sup>n</sup>	3.8±1.4 <sup>mn</sup>	7.1±1.2 <sup>klmn</sup>	25.1±2.7 <sup>i</sup>	52.1±7.3 <sup>f</sup>
	Lemon Whole	4.4±1.0 <sup>mn</sup>	11.1±2.2 <sup>k</sup>	19.5±3.2 <sup>j</sup>	72.5±7.1 <sup>d</sup>	89.7±1.5 <sup>b</sup>
	Mandarin Whole	2.2±1.0 <sup>mn</sup>	4.2±1.5 <sup>lmn</sup>	7.8±1.3 <sup>klm</sup>	28.7±0.7 <sup>j</sup>	51.7±1.4 <sup>f</sup>
	Orange Whole	1.3±1.2 <sup>n</sup>	4.3±0.2 <sup>lmn</sup>	10.0±0.5 <sup>kl</sup>	34.8±1.8 <sup>h</sup>	61.8±0.4 <sup>e</sup>
	Trifoliolate Whole	1.2±0.8 <sup>n</sup>	5.1±1.0 <sup>lmn</sup>	10.1±1.4 <sup>kl</sup>	46.2±5.0 <sup>g</sup>	79.1±6.4 <sup>c</sup>

Values are mean±SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at p<0.05(a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m>n).

Table 7. Effect of ethanol extract from Rutaceae fruits peel on ABTS radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration (µg/mL)				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		93.4±2.2 <sup>ab</sup>	94.5±2.0 <sup>a</sup>	95.1±2.5 <sup>a</sup>	96.0±1.9 <sup>a</sup>	96.6±1.7 <sup>a</sup>
Fresh	Citron Peel	1.8±0.8 <sup>m</sup>	3.5±1.8 <sup>klm</sup>	6.4±2.6 <sup>jk</sup>	26.7±2.7 <sup>h</sup>	52.3±3.5 <sup>de</sup>
	Grapefruit Peel	1.4±0.7 <sup>m</sup>	4.1±1.4 <sup>klm</sup>	5.8±0.3 <sup>klm</sup>	23.9±2.6 <sup>h</sup>	46.9±1.8 <sup>f</sup>
	Lemon Peel	4.9±0.1 <sup>ijklm</sup>	13.8±0.7 <sup>i</sup>	27.1±0.2 <sup>h</sup>	87.8±3.4 <sup>b</sup>	94.8±0.2 <sup>a</sup>
	Mandarin Peel	2.7±0.5 <sup>ijklm</sup>	6.7±2.4 <sup>j</sup>	11.6±1.0 <sup>i</sup>	38.2±2.9 <sup>g</sup>	77.8±5.7 <sup>c</sup>
	Orange Peel	2.0±2.1 <sup>klm</sup>	4.8±1.8 <sup>klm</sup>	6.1±2.4 <sup>kl</sup>	26.2±3.6 <sup>h</sup>	55.0±0.5 <sup>d</sup>
	Trifoliolate Peel	1.7±1.5 <sup>lm</sup>	3.7±1.8 <sup>klm</sup>	6.0±1.2 <sup>kl</sup>	24.8±4.5 <sup>h</sup>	48.9±3.6 <sup>ef</sup>

Values are mean±SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at p<0.05(a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k>l>m).

Table 8. Effect of ethanol extract from dried Rutaceae fruits on ABTS radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration (µg/mL)				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		93.4±2.2 <sup>ab</sup>	94.5±2.0 <sup>a</sup>	95.1±2.5 <sup>a</sup>	96.0±1.9 <sup>a</sup>	96.6±1.7 <sup>a</sup>
Dried	Citron Whole	0.2±0.4 <sup>k</sup>	4.6±0.5 <sup>i</sup>	13.4±2.0 <sup>h</sup>	60.4±4.1 <sup>d</sup>	78.6±4.3 <sup>c</sup>
	Grapefruit Whole	- <sup>1)</sup>	-	0.6±0.7 <sup>k</sup>	11.1±1.5 <sup>hi</sup>	21.4±1.6 <sup>g</sup>
	Lemon Whole	-	-	2.6±2.5 <sup>jk</sup>	58.6±1.7 <sup>d</sup>	90.6±1.1 <sup>b</sup>
	Mandarin Whole	-	-	-	9.2±1.0 <sup>i</sup>	21.8±1.7 <sup>g</sup>
	Orange Whole	-	-	-	13.6±4.3 <sup>h</sup>	33.0±4.6 <sup>e</sup>
	Trifoliolate Whole	-	-	1.3±2.1 <sup>jk</sup>	28.1±3.3 <sup>f</sup>	58.7±2.7 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> ABTS radical scavenging activity was not observed.

Values are mean±SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at p<0.05(a>b>c>d>e>f>g>h>i>j>k).

Table 9. Effect of ethanol extract from dried Rutaceae fruits peel on ABTS radical scavenging activity

Rutaceae fruits		Concentration (µg/mL)				
		100	500	1,000	5,000	10,000
Vitamin C		93.4±2.2 <sup>ab</sup>	94.5±2.0 <sup>a</sup>	95.1±2.5 <sup>a</sup>	96.0±1.9 <sup>a</sup>	96.6±1.7 <sup>a</sup>
Dried	Citron Peel	- <sup>1)</sup>	-	0.7±1.0 <sup>i</sup>	17.9±2.2 <sup>g</sup>	37.7±1.2 <sup>d</sup>
	Grapefruit Peel	-	0.6±1.0 <sup>i</sup>	1.3±2.4 <sup>i</sup>	17.1±3.2 <sup>g</sup>	33.8±3.4 <sup>e</sup>
	Lemon Peel	-	0.9±0.8 <sup>i</sup>	8.6±0.7 <sup>h</sup>	76.4±2.6 <sup>b</sup>	92.8±0.5 <sup>a</sup>
	Mandarin Peel	-	-	0.8±1.3 <sup>i</sup>	23.5±6.1 <sup>f</sup>	55.9±5.0 <sup>c</sup>
	Orange Peel	-	1.3±2.2 <sup>i</sup>	1.7±1.5 <sup>i</sup>	19.7±2.7 <sup>g</sup>	38.4±2.0 <sup>d</sup>
	Trifoliolate Peel	-	1.2±1.3 <sup>i</sup>	2.9±2.6 <sup>i</sup>	22.5±2.8 <sup>f</sup>	40.4±3.3 <sup>d</sup>

<sup>1)</sup> ABTS radical scavenging activity was not observed.

Values are mean±SD of triplicate experiments and those with different alphabet letters are significantly different at p<0.05(a>b>c>d>e>f>g>h>i).

추출물은 전과(52.1%)와 과피(46.9%) 에서, 레몬 추출물은 과피(94.9%)와 건조 과피(92.8%)에서, 밀감 추출물은 과피(77.8%)에서, 오렌지 추출물은 전과(61.8%)과 탕자 추출물은 전과(79.1%)에서 통계적인 유의차(p<0.05)를 나

타내었다. 이상의 결과를 볼 때 레몬, 유자, 탕자 추출물에서 높은 ABTS 라디칼 소거효과를 나타내었으며, 레몬과 밀감을 제외한 과실에서는 전과에서 높은 효과를 나타내는 경향을 보였다. Park 등[3]은 감귤(천혜향, 한라봉, 청

견, 진지향)를 과피, 양낭막, 과육 3 부위로 나누어 매탄올로 추출하였을 때 과피에서 ABTS 라디칼 소거능이 높다고 보고한 결과와는 상이한 결과를 나타냈다. 이는 본 연구에서는 과육, 양낭막, 과피 모두를 포함한 전과를 시료로 사용하였으므로 과피만 사용한 시료보다는 ABTS 라디칼 소거능이 높게 나타낸 것으로 판단된다.

#### IV. Conclusions

본 연구에서는 운향과 식물 과실류의 천연 항산화 소재 가능성을 확인하기 위하여 밀감, 레몬, 오렌지, 유자, 자몽, 탕자의 각각을 전과와 과피로 나누어 건조 처리한 후에탄올로 추출하여 전자공여능과 ABTS 라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성 효과를 비교 분석하였다. 그 결과 전자공여능은 농도 10,000 µg/mL에서 레몬의 건조 과피 추출물(88.2%)과 유자의 건조 전과 추출물(80.4%)이 높았으며, ABTS 라디칼 소거능은 레몬의 과피(94.9%)와 건조 과피(92.8%), 유자의 건조 전과 추출물(78.6%), 탕자의 전과 추출물(79.1%)이 높게 나타내었다. 결론적으로, 6종의 운향과 과실류중에서 레몬이 가장 높은 항산화 효과를 나타내었으며, 특히 건조된 과피 추출물에서 유의적인 효과가 있는 것으로 확인됨에 따라 식품 및 화장품에서 천연 항산화 소재로서의 활용 가능성이 있는 것으로 판단된다.

#### REFERENCES

- [1] Valko, M., Rhodes, C. J., Moncol, J., Izakovic, M., & Mazur, M., "Free radicals, metals and antioxidativestress-induced cancer", *Chemico-Biological Interactions*, Vol. 160, No. 1, pp.1-40, Mar. 2006. DOI: 10.1016/j.cbi.2005.12.009
- [2] Gomes, E. C., Silva, A. N., & de Oliveira, M. R., "Oxidants, antioxidants, and the beneficial roles of exercise-induced production of reactive species", *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, Vol. 2012, pp.1-12, Jun. 2012. DOI: 10.1155/2012/756132
- [3] Reddy, V. P., Zhu, X., Perry, G., & Smith, M. A., "Oxidative stress in diabetes and Alzheimer's disease", *Journal of Alzheimer's Disease*, Vol. 16, No. 4, pp.763-774, Apr. 2009. DOI: 10.3233/JAD-2009-1013
- [4] Lee, S. O., Lee, H. J., Yu, M. H., Im, H. G., & Lee, I. S., "Total polyphenol contents and antioxidant activities of methanol extracts from vegetable produced in Ullung Island", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 37, No. 2, pp.233-240, Apr. 2005.
- [5] Debnath, T., Park, S. R., Kim, D. H., Jo, J. E., & Lim, B. O., "Anti-oxidant and anti-inflammatory activities of *Inonotus obliquus* and germinated brown rice extracts", *Molecules*, Vol. 18, No. 8, pp.9293-9304, Aug. 2013. DOI: 10.3390/molecules18089293
- [6] Manach, C., Williamson, G., Morand, C., Scalbert, A., & Remesy, C., "Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans", *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 81, No. 1, pp.230S-242S, Jan. 2005. DOI: 10.1093/ajcn/81.1.230S
- [7] Choi, S. Y., Cho, H. S., & Sung, N. J., "The antioxidative and nitrite scavenging ability of solvent extracts from wild grape(*Vitis coignetia*) skin", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol. 35, No. 8, pp.961-966, Aug. 2006.
- [8] Yu, M. H., Im, G. I., Lee, H. J., Ji, Y. J., & Lee, I. S., "Components and their antioxidative activities of methanol extracts from sarcocarp and seed of *Zizyphus jujuba* var. *inermis* Rehder", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 38, No. 1, pp.128-134, Feb. 2006.
- [9] Singleton, V. L., & Rossi, J. A., "Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic: phosphotungstic acid reagents", *American Journal of Enology and Viticulture*, Vol. 16, No. 3, pp.144-158, Sept. 1965.
- [10] Lee, S. H., Park, H. J., Back, O. H., Chun, H. K., Rhie, S. G., & Lee, G. S., "Comparison of the nutritional composition of 3 kinds of citrus produced on Jeju island, Korea", *Korean Journal Community Living Science*, Vol. 16, No. 1, pp.15-20, Feb. 2005.
- [11] Monforte, M.T., Trovato, A., Kirjavainen, S., Forestieri, A. M., Galati, E.M. & Lo Curto, R. B., "Biological effects of hesperidin a citrus flavonoid hypolipidemic activity on experimental hypercholesterolemia in rat", *Farmacology*, Vol. 50, No. 9, pp.595-599, Sep. 1995.
- [12] Park, S. H., Lee, G. H., Kim, H. Y., Jeong, H. S., Kim, E. Y., Yun, Y. W., Nam, S. Y., & Lee, B. J., "Comparison in antioxidant effects of four citrus fruits", *Journal of Food Hygiene and Safety*, Vol. 26, No. 4, pp.355-360, Nov. 2011.
- [13] Noh, J. E., Yoon, S. R., Lim, A. K., Kim, H. J., Huh, D., & Kim, D. I., "A study on the yield of functional components of citrus peel extracts using optimized hot water extraction and enzymatic hydrolysis", *Korean Journal of Food and Cookery Science*, Vol. 28, No. 1, pp.51-55, Feb. 2012.
- [14] Bravo, L., "Polyphenols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance", *Nutrition Reviews*, Vol. 56, No. 11, pp.317-333, Nov. 1998. DOI: 10.1111/j.1753-4887.1998.tb01670.x
- [15] Rousff, R. L., Martin, S. F., & Youtsey, C. O., "Quantitative survey of narirutin, naringin, hesperidin and neohesperidin in citrus", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 35, No. 6, pp.1027-1030, Nov. 1987.

- [16] Keys, A., "Mediterranean diet and public health: Personal reflections", *The American Journal of Clinical Nutrition*, Vol. 61, No. 6, pp.1321S-1323S, Jun. 1995. DOI: 10.1093/ajcn/61.6.1321S
- [17] Kim, Y. D., Ko, W. J., Koh, K. S., Jeon, Y. J., & Kim, S. H., "Composition of flavonoids and antioxidative activity from juice of jeju native citrus fruits during maturation", *Korean Journal Nutrition*, Vol. 42, No. 3, pp.278-290, Apr. 2009.
- [18] Kawaguchi, K., Mizuno, T., Aida, K., & Uchino, K., "Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas", *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol. 61, No. 1, pp.102-104, Jun. 1997. DOI: 10.1271/bbb.61.102
- [19] Baik, S. O., Bock, J. Y., Chun, H. J., Jeong, S. I., Baek, S. H., Oh, H. B. & Kim I. K., "Analysis and quantitative distribution of glycosided flavonoids in citrus and Korean chung-pi" *Analytical Science & Technology*, Vol. 14, No. 4, pp.340-348, Aug. 2001.
- [20] Hyon, J. S., Kang S. M., Senevirathne, M., Koh, W. J., Yang, T. S., Oh, M. C., Oh, C. K., Jeon, Y. J. & Kim, S. H., "Antioxidative activities of extracts from dried Citrus sunki and C. unshiu peels", *Journal Korean Society Food Science Nutrition*, Vol. 39, No. 1, pp.1-7, Dec. 2010. DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.1.001
- [21] Yang, M. O., Choi, W. S. & Cho, E. J., "The quality properties of Jeungpyun added with citrus fruits", *Journal East Asian Science Dietary Life*, Vol. 17, No. 5, pp.719-726, Sept. 2007.
- [22] Mo, J. H., Kim, M. A., & Kang, E. J., "A comparative study of the physiological activities of skin between *Codonopsis lanceolata* and fermented *C. lanceolata* extracts as cosmetic ingredient", *Journal of the Korea Society of Beauty and Art*, Vol. 14, No. 4, pp.49-60, Dec. 2013.
- [23] Pellegrini, N., Re, R., Yang, M., & Rice-Evans, C., "Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis(3-ethylene-benzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay", *Methods in Enzymology*, Vol. 299, No. 1, pp.379-389, Jan. 1999.
- [24] Choi, J. H., & Oh, S. K., "Studies on the anti-aging action of Korean ginseng", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol. 17, No. 6, pp.506-515, Dec. 1985.
- [25] Fresco, P., Boreges, F., Diniz, C., & Marques, M. P. M., "New insights on the anti-cancer properties of dietary polyphenols", *Medicinal Research Reviews*, Vol. 26, No. 6, pp.747-766, May. 2006. DOI: 10.1002/med.20060
- [26] Hyon, J. S., Kang, S. M., Senevirathne, M., Koh, W. J., Yang, T. S., Oh, M. C., Oh, C. K., Jeon, Y. J., & Kim, S. H., "Antioxidative activities of dried and fresh citrus peels in Jeju", *Korean Journal of Food and Cookery Science*, Vol. 26, No. 1, pp.88-94, Feb. 2010.
- [27] Arnao, M. B., "Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals : a practical case", *Trends in Food Science & Technology* Vol. 11, No. 11, pp.419-421, Nov. 2000. DOI: 10.1016/S0924-2244(01)00027-9
- [28] Jeong, J. A., Kwon, S. H., & Lee, C. H., "Screening for anti-oxidative activities of extracts from aerial and underground parts of some edible and medicinal ferns", *Korean Journal of Plant Resources*, Vol. 20, No. 2, pp. 185-192, Apr. 2007.

## Authors



Mee-Kyung Kim received the Ph.D. degree in Department of Food Science and Technology from Daegu Catholic University, Korea. Dr. Kim is currently an assistant professor of Dept. of Bio-Cosmetic Science at Seowon University.

She is interested in cosmetic professional training course, customized cosmetic manufacturing manager trainin course and development of cosmetic functional materials.