

## 추출방법에 따른 감귤 과피 유래 Flavonoid의 추출효율 및 항산화 효과에 대한 비교

최찬익 · 정원근 · 정은영 · 고민정 · 조상우<sup>1</sup> · 이재환<sup>2</sup> · 장관식<sup>3</sup> · 박영서<sup>4</sup> · 백현동<sup>5</sup> · 김기태<sup>5</sup> · 정명수\*

이화여자대학교 식품공학과, <sup>1</sup>(주)서울향료 바이오사업부, <sup>1</sup>서울산업대학교 식품공학과,  
<sup>3</sup>서울대학교 식품생명공학전공, <sup>4</sup>경원대학교 식품생물공학과, <sup>5</sup>건국대학교 축산식품생물공학전공

### Comparison on the Extraction Efficiency and Antioxidant Activity of Flavonoid from Citrus Peel by Different Extraction Methods

Chan-Ick Cheigh, Won-Guen Jung, Eun-Young Chung, Min-Jung Ko, Sang-Woo Cho<sup>1</sup>,  
Jae-Hwan Lee<sup>2</sup>, Pahn-Shick Chang<sup>3</sup>, Young-Seo Park<sup>4</sup>, Hyun-Dong Paik<sup>5</sup>,  
Kee-Tae Kim<sup>5</sup>, and Myong-Soo Chung\*

*Dept. of Food Science and Engineering, Ewha Womans University*

<sup>1</sup>*Bio Business division, Seoul Perfumery Co.*

<sup>2</sup>*Dept. of Food Science and Technology, Seoul National Univ. of Technology*

<sup>3</sup>*Program in Food Science and Biotechnology, Seoul National University*

<sup>4</sup>*Dept. of Food and Bioengineering, Kyungwon University*

<sup>5</sup>*Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University*

#### Abstract

The extraction of polyphenol and flavonoid from citrus peel was performed by the ethanol, sugar, hot water (80°C), and subcritical water extraction methods. The maximum yields of total polyphenolic compounds (27.25±1.33 mg QE/g DCP, QE and DCP indicate quercetin equivalent and dried citrus peel, respectively) and flavonoids (7.31±0.41 mg QE/g DCP) were obtained by subcritical water extraction (SWE) with operating conditions of 190°C, 1300 psi, and 10 min. The yields by SWE were over 7.2-, and 8.5-fold higher than those of total polyphenols (3.79±0.73 mg QE/g DCP) and flavonoids (0.86±0.27 mg QE/g DCP) obtained using the ethanol extraction, which showed the highest extraction efficiency among tested conventional methods, respectively. Antioxidant activities of extracts obtained by different methods showed no significant differences. However, the relative antioxidant yield per 1 g dried citrus peel by SWE (190°C, 10 min) was over 9.5-fold higher than that by the ethanol extraction.

**Key words:** subcritical water extraction, SWE, citrus peel, flavonoid, polyphenol

#### 서 론

우리나라 제주도에서 재배되는 감귤류는 전체 과수 생산량 중 30%를 차지하고 있으며, 이들 감귤 생산량 중 80-85%는 생식용으로, 20-25%가 가공용으로 소비되고 있다 (Lee et al., 1987). 특히 감귤 가공 공정 시 감귤 과피가 가공부산물로 발생하므로 과피의 활용성에 대한 필요성이 대두되고 있는데, 유자, 감귤, 그리고 오렌지와 같은 감귤

류의 과실은 과육의 이용과 더불어 다양한 생리활성 성분을 함유하고 있는 과피를 이용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 폐기물로 버려지고 있는 과피는 대략 과일의 50% 정도에 해당되는데 이 중에는 풍부한 essence oil, carotenoid, flavonoid, cellulose, pectin, limonoid, terpenes 등이 함유되어 있으며, 천연에서 발견되고 있는 약 300여종의 carotenoids계 색소 중 115종이 감귤에 존재한다고 보고된 바 있다(Kamiya & Esaki, 1971; Baddock, 1983; Moresi et al., 1987; Song et al., 1998; Kim et al., 1999; Rhyu et al., 2002). 감귤 과피의 bioflavonoids는 약 60 여종이 분리되어 그 구조가 밝혀져 있으나 90% 이상이 hesperidin과 naringin으로 알려져 있다(Chen et al., 1990; Cha et al., 2000; Chung et al., 2002). Hesperidin은 모세혈관의 수축을 촉진시켜 혈압을 강하하여 고혈압을 예방하며, naringin

Corresponding author: Myong-Soo Chung, Dept. of Food Science and Engineering, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea  
Tel: +82-2-3277-4508; Fax: +82-2-3277-4508

E-mail: mschung@ewha.ac.kr

Received May 12, 2010; revised May 21, 2010; accepted May 24, 2010

은 혈액내 LDL 콜레스테롤의 함량을 저하시키는 작용이 있다(Francis et al., 1989; Eun et al., 1996; Bok et al., 1999). 또한 flavonoid의 기능성에 대한 평가로서는 항산화 작용, 순환기계 질환의 예방 및 개선효과, 항염증, 항알레르기, 항균, 항바이러스, 지질저하작용, 면역증강 작용, 모세혈관 강화작용 등 다양한 생리적 작용이 보고되고 있다(Monforte et al., 1995; Kawaguchi et al., 1997; Cha et al., 1999; Ahn et al., 2007). 그러나 가공공정에서 발생하는 감귤 폐과피의 효과적인 이용 방법이 없어 대부분 버려지고 있으므로 이들 폐과피 가공부산물에 대한 경제적이며 효과적인 이용 방안이 요구되고 있는 실정이다.

감귤 과피 가공부산물로부터 flavonoid를 얻기 위한 방법으로는 열수, 에탄올, 메탄올 추출법을 주로 사용하는데, 이러한 방법은 추출효율 및 경제성 측면에서 한계가 있고, 추출용매의 잔류 및 그 부산물의 재활용이나 재처리 비용의 추가 발생이라는 문제점을 가지고 있다. 이러한 한계점을 극복할 수 있는 대안으로서 제시된 방법이 아임계 추출법(subcritical water extraction, SWE)이다. 대기압에서의 100°C 이하 물은 물질의 전기적 특성을 나타내는 상대 유전율(relative permittivity,  $\epsilon$ )이 매우 높기 때문에( $\epsilon > 80$ ) 오로지 극성 화합물의 추출에만 이용할 수 있고, 따라서 비극성 flavonoid의 추출에는 효과적이지 않다. 하지만 아임계 추출은 상온, 상압의 물을 압력 및 온도의 조절을 통하여 아임계 상태로 만듦으로써 낮은 상대 유전율( $1 < \epsilon < 25$ )을 부여하므로 flavonoid와 같은 비극성 화합물을 추출하는데 매우 효과적이다. 아임계 추출은 일반적인 추출방법보다 매우 짧은 시간 동안 진행되며, 인체에 무해하고 환경 친화적인 공정으로 유용물질을 선택적으로 얻을 수 있는 방법으로서 현재 매우 활발하게 연구되고 있다(Ra et al., 2001).

본 연구에서는 가공공정에서 발생하는 감귤 폐과피의 효과적인 이용 방안을 제시하기 위하여, 감귤 과피 부산물에 에탄올, 열수, 설탕용액, 그리고 아임계 추출법을 적용함으로써 이들 추출에 따른 감귤 과피 유래 기능성 flavonoids와 polyphenols의 추출효율을 비교 분석하였으며, 이들 추출물에 대한 항산화 효과 및 항산화 성분에 대한 상대 수율을 평가하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 실험에 사용된 감귤은 2009년 제주도에서 수확된 밀감으로, 선별 세척 후 감귤의 과피를 분리하여 사용하였다. 분리된 감귤 과피는 60 cmHg, 70°C에서 3시간 동안 진공 건조한 후 고속믹서(Blender 7012S, Waring Co., Torrington, CT, USA)로 분말화시켜 사용하였다.

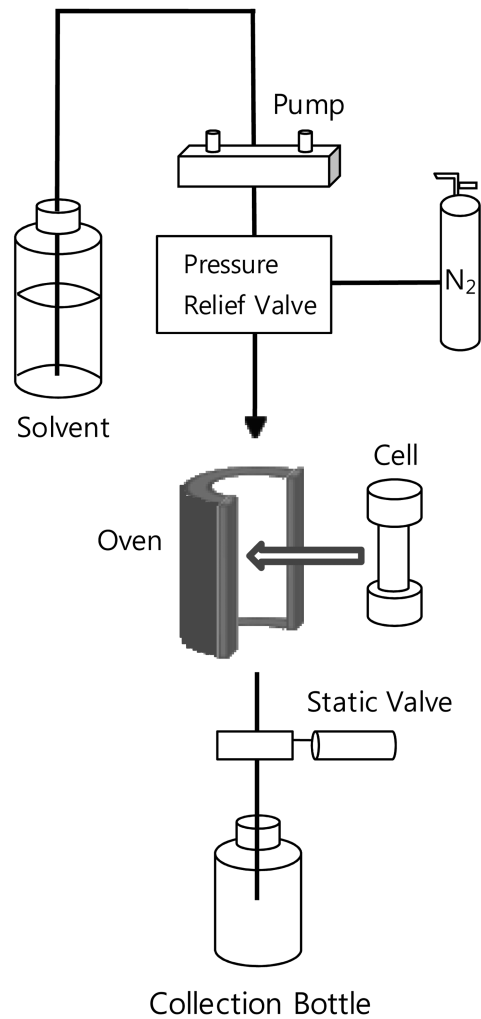


Fig. 1. Schematic diagram of subcritical water extraction (SWE) system.

#### Polyphenol 및 flavonoid의 추출

감귤 과피로부터 polyphenolic compounds 및 flavonoids의 추출은 열수, 에탄올, 설탕용액을 이용한 기존 추출법 및 아임계 추출법을 통해 수행되었다. 열수 추출은 분쇄한 감귤 과피 20 g에 증류수 200 mL를 첨가하고 80°C에서 3시간 동안 추출한 후 여과지(Whatman NO.2, Whatman Co., Maidstone, UK)로 여과한 액을 동결건조(Model FD-5505P, Ilshinlab, Seoul, Korea)하였다. 에탄올 추출은 분쇄한 감귤 과피 20 g에 70% 에탄올 200 mL를 첨가하여 3시간 동안 60°C에서 방치한 후 여과한 여과액을 동결건조하였다. 또한 설탕용액을 이용한 감귤 과피 추출은 10%(w/v) 설탕용액 60 mL에 분쇄한 감귤 과피 3 g을 첨가하여 3일 동안 실온에 방치 후 여과하여 추출액을 분리하고 동결건조하였다. 아임계 추출은 아임계 추출장치(Accelerated Solvent Extractor; ASE 100, DIONEX Co., Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 수행하였으며, 아임계 추출장치의

전반적인 모식도는 Fig. 1과 같다. 건조한 감귤 과피 시료 1 g과 규조토(ASE Prep DE, DIONEX Co.) 3 g을 혼합한 후 추출기 내부에 충전하고 추출기 하부에는 filter(ASE Filter, DIONEX Co.)를 부착하였다. 아임계 추출장치의 압력(1300 psi)과 추출 시간(10분)은 일정하게 조절하였으며, oven의 온도를 130, 150, 170 및 190°C로 달리한 각각의 조건에서 추출을 수행하였다. 추출물은 동결건조기(Model FD-5505P)로 24시간 동안 동결건조 후 분석시료로 사용하였다.

### 총 polyphenol 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu(Gutfinger, 1981)법을 이용하여 비색 정량하였다. 동결 건조된 시료 추출물 2 mg에 2 mL의 메탄올용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 µm PVDF membrane filter(Millipore, Billerica, MA, USA)로 여과하여 기질로 사용하였다. 기질용액 0.1 mL에 2%(w/v) Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>용액 2 mL를 첨가하고 3분간 vortex mixer로 진탕한 후, 50% Ciocalteu 시약 0.1 mL를 첨가하여 30분 동안 상온에서 반응시켰다. 혼합물은 UV-Spectrophotometer (OPTIZEN 2120 UV plus, Mechasy Co., Daejeon, Korea)를 사용하여 700 nm에서 흡광도 측정을 통해 분석되었으며, 총 polyphenol 함량은 quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 총 polyphenol 함량을 환산하여 나타내었다.

### 총 flavonoid 함량 측정

총 flavonoid 함량은 Moreno et al. (2000)의 방법을 이용하여 비색 정량하였다. 동결 건조된 시료 추출물 2 mg에 2 mL의 메탄올용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 µm PVDF membrane filter(Millipore)로 여과하여 기질로 사용하였다. 기질용액 0.5 mL에 95% 에탄올 1.5 mL, 10% aluminum chloride 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 증류수 2.8 mL를 차례로 첨가하여 혼합한 후, 실온에서 30분간 정치하여 반응시킨 다음 415 nm에서 UV-Spectrophotometer(OPTIZEN 2120 UV plus)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 총 flavonoid 함량은 quercetin (Sigma-Aldrich)을 표준물질로 하여 작성한 표준검량곡선을 통해 시료 추출물의 총 flavonoids 함량을 환산하여 나타내었다.

### 항산화 활성의 검정

항산화 활성은 변형된 Blois et al.(1958)의 방법을 이용하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) free radical에 대한 전자공여능(Electron donating ability, EDA) 측정을 통해 검정되었다. 추출물의 전자공여능 검정을 위해, 동결 건조된 시료 2 mg에 2 mL의 메탄올용액을 넣고 균질화한 후, 0.45 µm PVDF membrane filter(Millipore)로 여과하여 기질

용액으로 사용하였다. 기질용액 0.2 mL에 100 µM DPPH 용액 1 mL를 넣고 vortex mixer로 30초간 진탕하고 실온에서 15분간 방치한 후, UV-Spectrophotometer (OPTIZEN 2120 UV plus)를 사용하여 잔존하는 DPPH free radical을 517 nm에서 측정하였다. 침출액 무첨가구인 경우는 침출액 대신 0.2 mL 메탄올을 첨가하여 대조구로 사용하였으며 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정한 후 시료용액의 흡광도를 측정하였다. 항산화 효과는 침출액 무첨가구에 대한 침출액 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 하여 나타내었으며 동결 건조한 감귤 과피 추출물 대신 합성 항산화제인 BHT를 넣어 같은 방법으로 실험을 수행함으로써 기존의 항산화제의 효과와 비교 검증하였다.

### DPPH radical scavenging(%)

$$= \left( 1 - \frac{\text{침출액 첨가구의 흡광도}}{\text{침출액 무첨가구의 흡광도}} \right) \times 100$$

또한, 각 동결 건조 추출물의 항산화 활성 평가 결과 및 각각의 추출방법에 따른 건조 감귤 과피 1 g 당 획득된 추출물의 건조중량 차이 비교를 통해서 건조된 감귤 과피 1 g 당 함유된 항산화 성분의 상대 수율(relative yield, %)이 Table 1과 같이 계산되었다.

## 결과 및 고찰

### 추출방법에 따른 총 polyphenol의 함량 분석

감귤 과피로부터 이용하여 polyphenol을 새로운 추출방법인 아임계 추출법(SWE)을 통해 추출하였고, 열수, 에탄올, 및 설탕용액을 이용한 기존 추출법과의 추출효율을 비교 분석하였다. 아임계 추출법을 이용한 polyphenol의 추출은

**Table 1. DPPH free radical scavenging activity and relative antioxidant yield of the extracts obtained from dried citrus peels using different extraction methods**

Extraction	DPPH radical scavenging activity (%) <sup>1</sup> (of the dried extracts)	Relative antioxidant yield (% / g dried citrus peel) <sup>2</sup>
BHT (0.2 mg/mL)	89.29±2.03 <sup>3</sup>	
Hot water	21.14±1.38	311
Ethanol	21.16±1.53	502
SWE 130°C	21.05±0.92	2921
SWE 150°C	21.17±1.20	3363
SWE 170°C	21.37±0.98	4724
SWE 190°C	21.57±1.71	4768

<sup>1</sup>DPPH radical scavenging activity (%) = [(ODc-OCs) / ODc] × 100. (ODc; optical density of control, ODs; optical density of sample)

<sup>2</sup>Relative antioxidant yield (% / g dried citrus peel) = DPPH radical scavenging activity of the dried extracts × Solid content of the extracts obtained from 1 g dried citrus peel

<sup>3</sup> Each value is represented as means±standard deviation. Data are the means of three determinations.

추출장치의 압력(1300 psi)과 추출시간(10분)을 일정하게 조절하며 추출 온도를 130, 150, 170 및 190°C로 달리한 각각의 조건에서 수행되었다. Fig. 2에서와 같이, 추출 온도 130°C에서는 건조된 감귤 과피(dried citrus peel, DCP) 1g 당 polyphenol의 함량이 15.77±0.92 mg QE/g DCP로 관찰되었으나, 130°C를 기준으로 추출 온도를 150, 170, 190°C까지 높임에 따라 그 함량 역시 각각 18.05±1.15, 25.12±1.21, 그리고 27.25±1.33 mg QE/g DCP까지 대략 1.1, 1.6, 1.7배 정도 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 polyphenol의 높은 열 안정성으로 설명할 수 있으며, 감귤 과피로부터 polyphenol의 파괴나 손실 없이 최대 로 추출할 수 있는 최적 추출온도가 190°C임을 제시하고 있다.

감귤 과피로부터 polyphenol의 추출이 열수, 에탄올 및 설탕용액을 이용한 기존 추출법을 통해 수행되었고, 아임계 추출법을 통해 획득된 추출물과의 함량 비교를 통해 추출효율이 평가 분석되었다(Fig. 2). 각각의 추출방법에 따라 획득된 추출시료로부터 건조 감귤 과피 1g 당 polyphenol의 함량은 기존 추출방식 중 에탄올 추출물(3.79±0.73 mg QE/g DCP)에서 설탕용액 추출물(0.53±0.55 mg QE/g DCP)과 열수 추출물(1.73±0.34 mg QE/g DCP)에 비해 월등히 높게 검출되었다. 그러나 이들 추출물에서의 polyphenol 함량은 최적 추출조건(190°C, 10분)에서 획득된 아임계 추출물(27.25±1.33 mg QE/g DCP)에 비해 그 추출효율이 상대적으로 낮았으며, 이러한 결과

는 아임계 추출물이 에탄올 추출물에 비해 약 7.19배, 열수 추출물 대비 약 15.7배, 그리고 설탕용액 추출물 대비 약 51.4배 이상의 높은 polyphenol을 함유하고 있는 것으로 아임계 추출법이 기존의 전통적 추출법에 비하여 감귤 과피의 기능성 polyphenol을 추출하는데 매우 적합한 방법임을 제시하고 있다.

Bocco et al.(1998)에 의해 감귤 과피와 씨앗 추출물에서 강한 항산화능을 가진 페놀화합물의 존재가 보고된 이래 감귤 과피로부터 polyphenol을 추출하기 위한 다양한 시도가 있었으며, Manthey & Grohmann(2001)은 감귤 과피의 주된 polyphenol로서 flavanone glyceride(hesperidin과 naringin)을 제안하였고, methoxyl기가 많이 붙은 flavone과 수많은 hydroxycinnamate가 존재한다고 보고하였다.

추출방법에 따른 총 flavonoid의 함량 분석

감귤 과피로부터 아임계 추출법(SWE) 및 열수, 에탄올, 그리고 설탕용액 추출법을 통해 획득된 추출시료의 총 flavonoid 함량이 비교 분석되었고 이를 바탕으로 서로 다른 추출방법에 따른 flavonoid의 추출효율이 평가되었다. 서로 다른 추출 온도에서 획득된 아임계 추출물의 경우, Fig. 3(A)에서 보여지는 것과 같이 최적의 polyphenol 추출효율을 나타내었던 190°C(10분)에서 건조 감귤 과피 1g 당 최대의 flavonoid 함량(7.31±0.41 mg QE/g DCP)이 관찰되었으며, 130-190°C까지 추출 온도가 20°C 간격으로 높아짐에 따라 그 함량 역시 각각 3.45±0.32, 4.17±0.39, 6.21±0.25, 그리고 7.31±0.41 mg QE/g DCP로 polyphenol의 함량 변화와 유사하게 증가하는 경향을 나타내었다.

Fig. 3(A)에서 보여지는 것과 같이, 열수, 에탄올 및 설탕용액을 이용한 기존 추출법을 통해 획득된 추출시료의 flavonoid 함량 분석 역시 앞선 polyphenol의 함량 변화를 평가한 연구 결과와 매우 유사한 경향을 보여주었다. 각각의 추출물에 함유된 건조 감귤 과피 1g 당 flavonoid의 함량은 설탕용액 추출물(0.11±0.19 mg QE/g DCP) 및 열수 추출물(0.32±0.13 mg QE/g DCP)에 비해 에탄올 추출물(0.86±0.27 mg QE/g DCP)에서 더욱 높게 검출되었으나, 이러한 결과는 최적 추출조건(190°C, 10분)에서 획득된 아임계 추출물(7.31±0.41 mg QE/g DCP)에 비해 flavonoid의 추출효율이 크게 낮다는 것을 의미한다. 결과적으로 감귤 과피로부터 획득된 아임계 추출물은 에탄올 추출물에 비해 약 8.5배, 열수 추출물 대비 약 22.8배 그리고 설탕용액 추출물 대비 약 66.4배 이상의 높은 flavonoid를 함유하는 것으로, 아임계 추출법이 기존의 전통적 추출법에 비하여 감귤 과피의 polyphenol은 물론 flavonoid를 추출함에 있어서도 매우 유용한 방법임을 제시하고 있다. 더욱이 Fig. 3(B)에서 나타난 것과 같이, 추출물의 총 polyphenol 함량에 대한 총 flavonoid의 함량 비율은 190°C(10분)에서 수행된 아임계 추출법이 기존의 추출방식 중 가장 우수한 비율

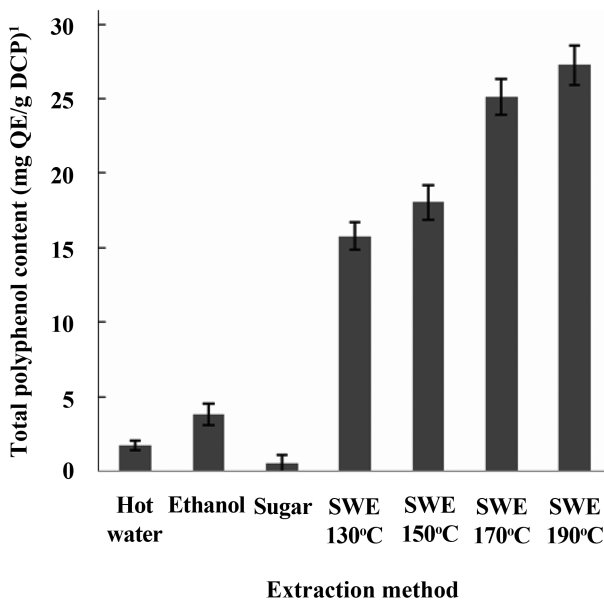
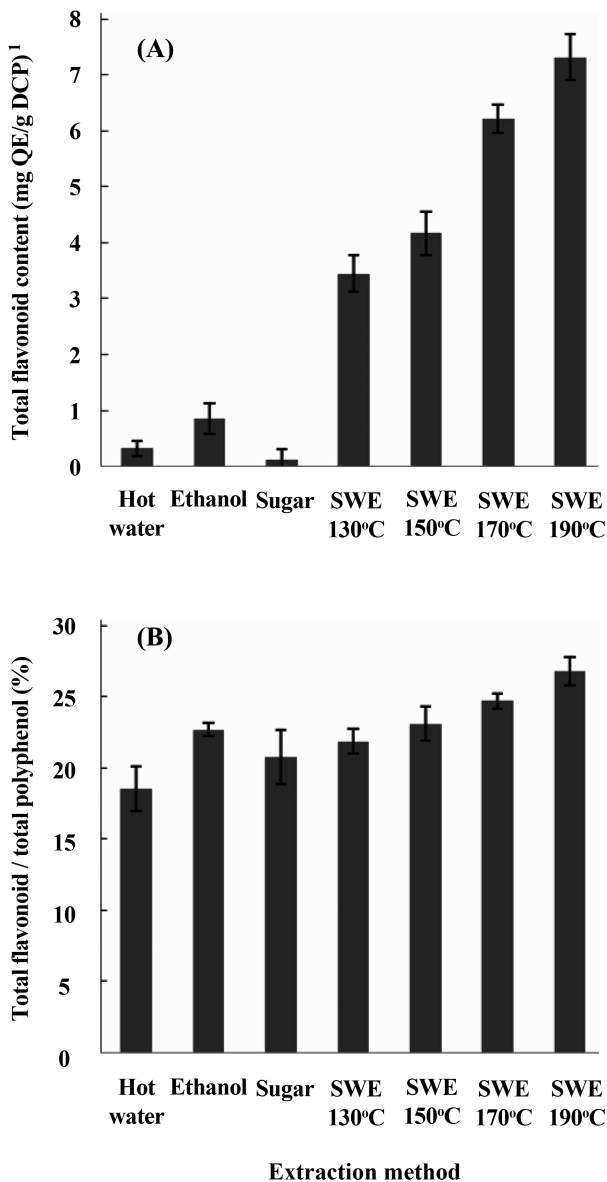


Fig. 2. Contents of total polyphenol extracted from citrus peels using different extraction methods. Each bar represents means ± standard deviation of three measurements.

<sup>1</sup>QE and DCP indicate quercetin equivalent and dried citrus peel, respectively.



**Fig. 3.** Contents of total flavonoid extracted from citrus peels using different extraction methods (A) and ratio of total flavonoid to total polyphenol content in the extracts (B). Each bar represents means $\pm$ standard deviation of three measurements. <sup>1</sup>QE and DCP indicate quercetin equivalent and dried citrus peel, respectively.

을 보인 에탄올 추출법에 비해 약 4.1% 이상의 flavonoid가 더 포함된 추출물을 생산하는 매우 효과적인 방법임을 확인시켜 주고 있다.

감귤 과피의 bioflavonoids는 약 60 여종이 분리되어 그 구조가 밝혀져 있으나 90% 이상이 hesperidin과 naringin 그리고 이들의 aglycone 형태인 naringenin과 hesperetin으로 알려져 있으며, 그외에 rutin, deosmine, nobiletin, tangeretin 등이 보고된 바 있다(Rousff et al., 1987; Chen et al., 1990; Cha et al., 2000; Chung et al., 2002). 따라

서 현재의 연구를 통해 추출된 감귤 과피 유래 flavonoid의 대부분은 hesperidin과 naringin 그리고 이들의 aglycone 형태일 것으로 예상할 수 있으며, 더욱 세밀하고 정확한 추출 대상 물질의 분석이 진행 중이다.

#### 추출방법에 따른 항산화 활성의 검정

감귤 과피로부터 아임계 추출법(SWE) 및 열수, 에탄올 추출법을 통해 획득된 추출시료의 항산화 활성이 비교 검정되었다. 항산화 활성 분석의 대조군으로서 합성 항산화제인 BHT가 이용되었으며 각 추출방법에 따라 획득된 동결 건조 추출물 및 BHT의 전자공여능(electron donating ability, EDA)에 의한 항산화 활성이 Table 1과 같이 관찰되었다. 서로 다른 추출 온도에서 획득된 아임계 추출물의 경우, Table 1에서 보여지는 것과 같이 추출 온도 190°C (10분)에서 가장 높은 활성(21.57 $\pm$ 1.71%)이 관찰되었으며, 130-190°C까지 추출 온도가 20°C 간격으로 높아짐에 따라 그 활성 역시 각각 21.05 $\pm$ 0.92에서 21.57 $\pm$ 1.71%로 매우 조금씩 증가하는 경향을 나타내었으나 큰 차이는 관찰되지 않았다. 또한, 감귤 과피로부터 열수 및 에탄올 추출법을 통해 획득된 추출시료의 항산화 활성 분석 결과, 각 동결 건조 추출물에 함유된 항산화 활성은 열수 추출물(21.14 $\pm$ 1.38%) 및 에탄올 추출물(21.16 $\pm$ 1.53%)에서 거의 유사하게 측정되었으며, 이러한 결과는 최적 추출조건(190°C, 10분)에서 획득된 아임계 추출물의 항산화 활성(21.57 $\pm$ 1.71%)과도 거의 유사한 결과였다. 결과적으로 감귤 과피로부터 아임계 추출법(SWE) 및 열수, 에탄올 추출법을 통해 획득된 추출시료의 항산화 활성은 전반적으로 유사한 결과를 나타내었으며, 대조군으로 사용된 합성 항산화제인 BHT의 높은 항산화 활성(89.29 $\pm$ 2.03%)에 비해서도 전반적으로 낮은 값이 측정되었다. 이러한 결과는 감귤 과피로부터 획득된 추출물이 정제의 과정을 거치지 않은 1차 추출물로서 항산화 성분의 순도가 BHT에 비해 상대적으로 낮음에 기인한다고 판단되며, 각 추출방법에 따라 획득된 추출물의 항산화 활성은 동일 시료로부터 추출된 동일 항산화 성분이 거의 비슷한 농도로 추출물에 함유되어 있기 때문으로 판단된다. 그러나 건조된 감귤 과피 1g 당 획득된 건조 추출물의 함량이 크게 다르다는 점을 고려한다면 이들로부터 항산화 성분의 추출효율은 큰 차이를 나타내게 된다.

따라서, 각 동결 건조 추출물의 항산화 활성 평가 결과 및 각각의 추출방법에 따른 건조 감귤 과피 1g 당 획득된 추출물의 건조중량 차이 비교를 통해서 건조된 감귤 과피 1g 당 함유된 항산화 성분의 상대 수율(relative yield, %)이 계산되었다. Table 1에서 나타난 것과 같이, 건조된 감귤 과피 1g으로부터 아임계 추출법(SWE) 및 열수, 에탄올 추출법을 통해 획득된 항산화 성분의 상대 수율(relative yield, %)은 최적 추출조건(190°C, 10분)의 아임계 추출물

(4768%/g DCP)에서 가장 높게 확인되었으며, 이것은 열수 추출물(311%/g DCP) 및 에탄올 추출물(502%/g DCP)의 수율에 비해 대략 15.3배와 9.5배 이상 높은 추출효율을 나타내는 것이다.

## 요 약

본 연구에서는 감귤 과피 가공부산물로부터 기능성 polyphenol 및 flavonoid가 새로운 추출방법인 아임계 추출법을 통해 추출되었고, 열수(80°C), 에탄올, 설탕용액을 이용한 기존 추출법과의 추출효율이 비교 분석되었다. 건조된 감귤 과피로부터 총 polyphenol(27.25±1.33 mg QE/g DCP) 및 flavonoid(7.31±0.41 mg QE/g DCP)에 대한 최대 수율이 아임계 추출법(190°C, 1300 psi, 10 min)을 통해 획득되었으며, 이것은 기존 추출법 가운데 가장 높은 수율을 보인 에탄올 추출법을 통한 총 polyphenol (3.79±0.73 mg QE/g DCP) 및 flavonoid(0.86±0.27 mg QE/g DCP) 수율 대비 7.2배와 8.5배 이상 더 높은 것이었다. 추출방법에 따른 감귤 과피 추출물의 항산화 활성은 큰 차이를 나타내지 않았으나, 이러한 결과는 건조 감귤 과피 1g 당 아임계 추출법(190°C, 1300 psi, 10 min)에 의한 항산화 성분의 상대 수율(relative yield, %)이 다른 추출방법을 통해 획득된 것보다 대략 9.5배 이상 더 높다는 것을 설명하는 결과로, 아임계 추출법이 기존의 전통적 추출법에 비하여 감귤 과피의 기능성 polyphenol 및 flavonoid를 추출하는데 매우 적합한 방법임을 제시하고 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0075601).

## 참고문헌

Ahn MS, Kim HJ, Seo MS. 2007. A study on the Antioxidative and Antimicrobial activities of the Citrus *Unshju* peel Extracts. *J. Korean Food Culture*. 22: 454-461.  
 Baddock RJ. 1983. Utilization of citrus juice vesicle and peel fiber. *Food Technol*. 12: 85-87.  
 Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1198-1200.  
 Bocco A, Cuvelier ME, Richard H, Berset C. 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *J. Agric. Food Chem*. 46: 2123-2129.  
 Bok SH, Lee SH, Park YB, Bae KH, Son KH, Jeong TS, Choi MS. 1999. Plasma and hepatic cholesterol and hepatic activities of 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase and acyl CoA: cholesterol transferase are lower in rat fed citrus peel extract of a mixture of citrus bioflavonoids. *J. Nutr*. 129: 1182-1185.

Cha JY, Kim HJ, Kim SG, Lee YJ, Jo YS. 2000. Effects of Citrus Flavonoids on the lipid peroxidation Contents. *J. Korea Post-Harvest Sci. Technol*. 7: 211-217.  
 Cha JY, Kim SY, Jeong SJ, Cho YS. 1999. Effects of hesperidin and naringenin on lipid concentration in orotic acid treated mice. *J. Korean Life Sci*. 9: 389-394.  
 Chen YT, Zheng RL, Jia ZL, Ju Y. 1990. Flavonoides as superoxide scavengers and antioxidants. *Free Radical Boilmed*. 9: 19-21.  
 Chung SK, Kim SH, Choi YH, Song EY, Kim SH. 2002. Status of Citrus fruit production and view of utilization in Cheju. *Food Ind. Nutr*. 5: 42-52.  
 Eun JB, Jung YM, Woo GJ. 1996. Identification and Determination of Dietary Fibers and Flavonoids in Pulp and Peel of Korean Tangerine. *J. Korean Food Sci. Technol*. 28: 371-377.  
 Francis AR, Shetty TK, Bhatta Charya RK. 1989. Nodulating effect of plant flavonoids on the mutagenicity of N-methyl-N-nitro-N-nitrosoguanidine. *Carcinogenesis* 10: 1953-1955.  
 Gutfinger T. 1981. Polyphenols in olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc*. 58: 966-968.  
 Han SK, Lee KJ, Kim JD, Lee YW, Row KH. 2004. Extraction of isoflavones from Korean soybean by sub/supercritical water. *Korean Chem*. 42: 669-672.  
 Hyon JS, Kang SM, Han SW, Kang MC, Oh MC, Oh CK, Kim DW, Jeon YJ, Kim SH. 2009. Flavonoid component changes and antioxidant activities of fermented citrus grandis osbeck Peel. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. 38: 1310-1316.  
 Kamiya S, Esaki S. 1971. Recent advances in the chemistry of the citrus flavonoids. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*. 18: 38-48.  
 Kawaguchi K, Mizuno T, Aida K, Uchino K. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci. Biotechnol. Biochem*. 61: 102-104.  
 Kim YD, Kim YJ, Oh SW, Kang YJ, Lee YC. 1999. Antimicrobial activity of solvent extracts from *Citrus sudachi* juice and peel. *J. Korean Food Sci. Technol*. 31: 1613-1618.  
 Lee HY, Seog HM, Nam YJ, Chung DH. 1987. Physico-chemical properties of Korean Mandarin (*Citrus reticula*) orange juice. *J. Korean Food Sci. Technol*. 19: 338-345.  
 Manthey JA, Grohmann K. 2001. Phenolics in citrus peel byproducts. Concentrations of hydroxycinnamates and polymethoxylated flavones in citrus peel molasses. *J. Agric. Food Chem*. 49: 3268-3273  
 Monforte MT, Trovato A, Kirjavaninen S, Forestieri AM, Galati EML, Curto RB. 1995. Biological effects of hesperidin, a citrus flavonoid hypolipidemic activity on experimental hypercholesterolemia in rat. *Farmacol*. 50: 595-599.  
 Moreno MIN, Isla AR, Sampietro Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J. Ethnopharmacol*. 71: 109-114.  
 Moresi M, Clementi F, Rossi J, Medici R, Vinti L. 1987. Production of biomass from untreated orange peel by *Fusarium avenaceum*. *Appl. Microbial. Biotechnol*. 27: 37-45.  
 Parichat B, Artiwan S. 2009. Enhanced recovery of phenolic compounds from bitter melon (*Momordica charantia*) by subcritical water extraction. *Sep. Purif. Technol*. 66: 125-129.  
 Ra YJ, Lee YW, Kim JD, Row KH. 2001. Supercritical fluid extraction of catechin compounds from green tea. *Korean J.*

- Biotechnol. Bioeng. 16: 327-331.
- Rhyu MR, Kim EY, Bae IY, Park YK. 2002. Content of naringin, hesperidin and neohesperidin in premature Korean citrus fruits. J. Korean Food Sci. Technol. 34: 132-135.
- Rousff RL, Martin SF, Youtsey CO. 1987. Quantitative survey of narirutin, naringin, hesperidin and neohesperidin in citrus. J. Agric. Food Chem. 35: 1027-1030.
- Song EY, Choi YH, Kang KH, Koh JS. 1998. Free sugar, organic acid, hesperidin, naringin and inorganic elements changes of Cheju citrus fruits according to harvest date. J. Korean Food Sci. Technol. 30: 306-312.