

석류 엽, 꽃과 유과조직의 Heating, UV 및 Ultrasonic 처리가 항산화력에 미치는 영향

임성미¹ · 조정안² · 김월수^{1,*}

¹전남대학교 원예학과, ²전남대학교 동양배연구소

Effect of Heating, UV and Ultrasonic Treatment on Antioxidant Activities in Leaves, Flowers and Immature Fruit of Pomegranate

Seong-Mi Im¹, Jung-An Jo² and Wol-Soo Kim^{1,*}

¹Department of Horticulture, Chonnam National University

²Asian Pear Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

*Corresponding author: wskim@jnu.ac.kr

ABSTRACT

Pomegranate (*Punica granatum* L.) is used medicinally in Iran, China, and India. In Korea pomegranate has been used as a medicine and plant estrogen. Because of highly evaluated natural antioxidant, it has been considered to functional food. This research was conducted to investigate the improvement and the effects of an antioxidant activity by measuring the content of the total phenolic compound and DPPH radical scavenging activities in leaves, flowers, and young fruit of pomegranate with different treatments of heating, UV, and ultrasonic as well as to find the possibility for use as a functional food which has a high biological activity. The total phenolic compound was measured by the Folin-Denis method and the antioxidant capacity by DPPH method. As a result of analysis of total phenolic compounds of the leaves, flowers, and young fruit of the pomegranate, the young fruit has the highest content. Also, by analysis of the DPPH radical scavenging activity, the young fruit showed the higher activity compared to the leaf and the flower. In the young fruit, total phenolic compounds and DPPH radical scavenging activities were shown high when it was treated at 100°C in oven. For the leaf, to draw the high antioxidant activity in a short time, the antioxidant activity was high by treatment of high temperature, 150°C in oven, and the highest content of the total phenolic compound and DPPH radical scavenging activity were shown in the microwave treatment.

Additional key words: Pomegranate (*Punica granatum* L.), Leaves, Flowers, Immature fruit, Antioxidant capacity, Heating, UV-C, Ultrasonic

서 론

현대에는 식이요법과 건강에 대한 관심이 높아지면서 특정 음식 또는 생리 활성 성분의 음식 등 건강을 증진시키는 기능성 식품의 역할에 대한 소비자의 관심이 증가하고 있다(Hasler, 1998a). 기능성 식품에 대한 수요가 증가하면서 과일, 채소, 곡물을 이용한 차(음료)와 일부 건강 보조식품 등에 대한 개발이 진행되고 있으며, 이러한 기능성 식품이 관심을 받는 이유는 질병 완화 건강 증진 및 의료 비용 절감 등 기능성 식품의 잠재적인 기능 때문이다(Hasler, 1998b).

일반적으로 알려진 석류(*Punica granatum* L.)는 이란과 아프가니스탄에 분포하는 석류나무과(Punicaceae)에 속하는 낙엽 소교목으로, 한국에는 고려초기 중국을 통해 들어온 것으로 추정되며 과육 속엔 종자가 많고 새콤달콤한 맛이 나며 과피는 약용으로 사용되어 왔다. 국내에서는 남부지방을 중심으로 2000년 전남 고흥에서 시범사업으로 시작해 현재 재배면적 약 130.8ha(Choi 등, 2010)를 차지하고 있으며, 고흥 석류 지리적 표시 등록 제 94호로 등록되어 있다.

석류는 전통의학에서 치료의 목적으로 사용되어 왔는데, 중국 전통 의학에서는 석류가 항균, 항염증 및 지혈제로 사용되었으며(Lei 등, 2003), 이란의 전통 의학 시장에서는 일반적으로 구충제 및 해열제, 수렴제(Alper 등, 2004) 등으로 사용되었다. 석류의 종자, 주스, 과피에는 각각 다른 화학성분들이 함유되어 있어 기능성 과일로 불리며 석류의 의학적 기능에 관한 연구는 계속되고 있다.

석류는 주스, 과피 등 가공 및 약용으로 많이 사용되고, 석류 잎과 유과 또한 기능성 식품으로서의 활용가치가 높다고 생각된다. 중국에서는 녹차 외에 석류 잎을 포함한 제품들이 소비되고 있으며, 석류 잎의 영양과 항산화 특성은 이차 대사 산물의 유익한 소스로서 최근 관심이 증가하고 있다. 석류 잎 추출물에서는 free radical scavenging activity 및 생체 외 항산화 효과(Adhami 등, 2006)뿐 만 아니라, 석류 주스, 씨 오일, 과피에서 강력한 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되어 있다(Lansky 등, 2007).

식물은 산화적 손상으로부터 자신을 보호하기 위해 항산화 물질을 생산한다고 알려져 있다. 치커리의 열처리 온도와 시간에 따라 페놀성 화합물과 항산화 활성이 높아진다고 보고(Hong 등, 1988) 되었고, 열처리가 토마토의 항산화 활성을 증가시킨다는 연구(Dewanto 등, 2002) 결과가 알려져 있다.

현재까지 국내에서 석류의 항산화 효과에 관한 연구는 비교적 많으나 석류 잎과 유과의 연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 석류의 활용성과 천연 항산화제로서의 기능성 식품 효용가치 개발로 석류의 신초와 유과 조직을 채취하여 열처리 방법을 달리 한 후 항산화력 및 총 페놀화합물을 비교하여 생리활성이 높은 기능성 식품으로서의 이용 가능성을 알아보고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 석류 잎, 꽃 및 유과의 Heating, UV 및 Ultrasonic처리

채취한 잎 샘플은 세척 후 4시간 음건한 상태에서 Heating, UV처리하였다.

실험 처리는 음건(Dried in shade, SD) 7일, 열풍건조(Hot air drying, HD)는 열풍건조기(YL13-S13, YUIL, KOREA) 70℃에서 3시간, Heating 및 UV처리하였다. Oven (100℃), Oven (150℃), Microwaving, Roasting 및 UV 처리를 5, 10, 15, 20 및 60분씩 처리하였고, 전처리 잎 샘플은 실온에서 열을 식힌 후 70℃의 열풍건조기에서 3시간 건조하였다. Oven 처리는 100℃, 150℃ 예열 후 처리하였다. UV 조사는 자외선 출력 13.4W, 자외선 파장 253.7nm의 UV-C lamp (GERMICIDAL LAMP G30T8 30W, SANKYO DENKI, JAPAN)의 약 20cm 아래 램프의 양쪽 라인 사이에 샘플을 위치시킨 후 점등하였다. 또, 열풍건조 70℃에서 3시간 전처리 후 Ultrasonic 60℃를 10, 20, 30 및 60분간 처리하였다. 채취한 꽃 샘플을 세척 후 4시간 음건 후, 실험 처리는 음건(11일), 열풍건조(70℃, 11시간) 및 UV 조사하였다. UV 조사는 잎과 같은 방법으로 설치 후

10, 30 및 60분간 점등 하여 처리 한 후 70℃의 열풍건조기에서 11시간 건조하였다.

채취한 유과는 세척 후 네 등분하여 절단한 상태에서 Heating 및 UV처리하였다. 실험 처리는 음건(30일), 열풍건조(70℃, 14시간)와 Oven(100℃), Steaming 및 UV 처리를 시간 별로 5, 10, 15, 20 및 60분씩 처리하였고, 전처리 유과 샘플은 실온에서 열을 식힌 후 70℃의 열풍건조기에서 14시간 건조하였다.

2. 시료 추출 제조

Heating, UV 및 Ultrasonic 처리한 각 샘플은 분쇄하여 32 mesh의 체로 거른 뒤 석류 잎, 꽃 및 유과 각 샘플의 분말은 처리마다 분말 0.2g에 80% 메탄올 15mL를 가한 후 회전식 진탕기(HB-203L, Hanbaekscience, KOREA)에 2시간 Shaking 한 후 Whatman NO. 1 여과지를 이용한 감압 여과로 시료를 추출했다.

3. 총 페놀화합물 함량 측정

석류 잎, 꽃 및 유과의 총 페놀화합물 함량은 Folin-Denis법을 이용하여 Folin-ciocalteu 시약이 페놀화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발현되는 원리를 이용하여 분석하였다. 3차 증류수 1mL에 각각의 추출물 0.2mL에 가한 후 Folin-ciocalteu 시약 0.5mL을 혼합하여 실온에 6분간 정치한 다음 7% Na₂CO₃ 용액 1mL와 3차 증류수 4mL을 혼합 후 실온에 1시간 정치하였다. UV-VIS Spectrophotometer(UV-2550, SHIMADZU, JAPAN)을 이용하여 760nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 (+)-Catechin acid를 사용하여 석류 잎, 꽃 및 유과의 폴리페놀 화합물 함량(mg/g)을 구하였다.

4. 항산화력 측정

항산화력은 DPPH법을 이용하여 라디칼 소거능을 측정했다(Brand-Williams 등, 1995). DPPH는 짙은 자주색을 나타내고, 자체가 질소 중심의 radical로서, radical 전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재하며, 메탄올에 용해된 DPPH는

517nm에서 최대 흡광도를 보이며, 시료의 환원력에 의해 시료 첨가와 함께 흡광도가 감소된다.

2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl 0.118g을 100% MeOH 1000mL에 용해 한 후, 각 시료 0.1mL을 5mL DPPH 용액에 첨가해 교반 후, 실온에서 15분간 반응시켰다. 반응용액은 UV-VIS Spectrophotometer(UV-2550, SHIMADZU, JAPAN)로 517nm에서 흡광도를 측정하여 radical scavenging activity를 계산하였다. Free radical scavenging activity 계산식은 다음과 같다(Park 등, 2007).

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

A : 시료 첨가 흡광도(%), B : 시료 무첨가 흡광도(%)

결과 및 고찰

석류의 기능성 식품으로서의 활용방안을 모색하고자 잎, 꽃 및 유과의 총 페놀 화합물 함량과 항산화 활성을 비교하였다. 음건한 석류 잎, 꽃, 유과의 총 페놀화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 총 페놀화합물을 비교한 결과 석류 잎은 39.9mg/g으로 가장 낮은 함량을 나타내었고, 석류꽃은 43.9mg/g을 나타내었으며 석류 유과에서 가장 높은 62.3mg/g의 함량을 보였다. DPPH 라디칼 소거 활성 측정 결과도 유과가 93.9%, 꽃 86.5%, 잎 80.3%으로 총 페놀화합물 함량과 마찬가지로 석류 잎과 꽃 보다 유과가 높은 활성을 나타내었는데 이는 석류 과피가 꽃(Shams 등, 2011), 종자 추출물과 주스(Orak 등, 2012)보다 항산화력이 높다는 연구 결과와 같이 유과에 과피가 포함되어 있어 높은 항산화 활성을 나타낸 것으로 보여 진다. 잎이나 꽃이 유과 보다는 항산화력이 낮지만 이 두 가지에도 항산화 물질이 풍부하므로 유과, 잎, 꽃의 기능성 식품 활용화 방안에 맞추어 항산화력을 높일 수 있도록 Heating, UV 및 Microwave 등을 이용한 처리 외에 다른 처리를 이용해 항산화력을 높이는 연구가 더 필요하다고 본다.

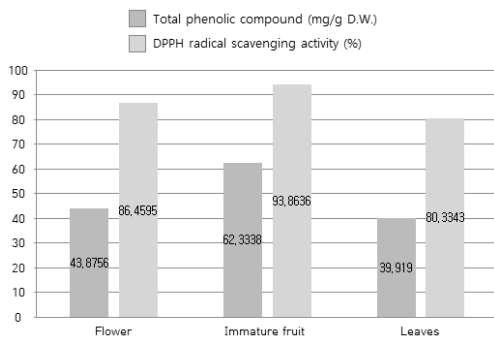


Fig. 1. Total phenolic compound and antioxidant capacity in leaves, flowers and immature fruit of pomegranate in dried in the shade. - Vertical bars represent mean's standard deviation(n = 3).

석류 유과의 음건(SD), 열풍건조(HD)와 Oven (100℃), Steaming 및 UV를 5, 10, 15, 20, 60분간 처리한 후 총 페놀화합물 함량 변화를 Table 1에 나타내었다. 석류 유과의 Oven(100℃)처리에 의한 총 페놀화합물 함량 변화는 5분 처리 이후에는 점차 감소하여 20분 처리구에서 가장 낮은 함량을 나타내었고 60분 처리구에서 다시 증가하는 경향을 나타내었다. Steaming과 UV처리 결과는 5분 처리 이후 점차 감소하는 경향은 Oven(100℃)와

같았지만, 60분 처리구에서 증가하지 않고 계속 감소하였다. 최근 Choi 등(2010)의 연구에서도 UV처리에 의한 폴리페놀의 감소와 유의차가 나타나지 않은 점을 볼 수 있었다. 처리 결과 Oven (100℃), Steaming 및 열풍건조가 음건보다 총 페놀화합물 함량이 높았으며, UV처리구는 가장 낮은 함량을 나타내었다. 이는 배의 과피와 과육의 UV처리 결과에서도 많은 증가효과가 나타나지 않았으며 다른 열처리에 비해 유의차가 없거나 낮은 페놀화합물 함량을 나타내었다는 Han(2012)의 연구 결과와 유사하였다. UV처리가 다른 열처리에 비해 낮은 페놀화합물 함량으로 증가에 큰 도움에 되지 않는 것 보여진 것을 보아 UV처리가 골고루 영향을 미치지 않았거나 속까지 깊게 영향을 미치지 않은 것으로 판단되고 향후 처리 시에는 골고루 영향을 받을 수 있도록 샘플을 설치하고, 램프와 샘플 사이의 거리를 좁히거나 파장이 다른 UV-A나 UV-B 등을 사용하여 영향을 미칠 수 있도록 하여 총 페놀 화합물 함량과 항산화력을 증진시킬 수 있는 연구가 이루어져야 할 것으로 본다. 처리에 따라서는 Oven(100℃)와 Steaming 처리에서 유의차가 나타나지 않았지만 그 중에서도 Oven(100℃)의 5분과 60분 처리구, Steaming 5분 처리구에서 가장 높은 페놀화합물을 나타내었으며,

Table 1. Effect of heating, steaming and UV treatment on total phenolic compound and in immature fruit of pomegranate.

Treatment ^z	Total phenolic compound (mg/g D.W.)		
	100℃/ Oven	Steaming	UV
SD	62.3±2.1 b ^y	62.3±2.1 b	62.3±2.1 a
HD	64.0±0.2 ab	64.0±0.2 b	64.0±0.2 a
5 min	69.0±0.5 a	69.4±0.9 a	62.7±0.4 a
10 min	66.5±1.1 a	65.1±1.0 a	59.1±1.0 b
15 min	67.0±0.6 a	64.4±0.8 b	62.7±0.6 a
20 min	59.8±1.1 h	65.3±1.0 b	62.1±1.0 a
60 min	68.9±1.0 a	63.3±0.8 b	59.2±0.4 b

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

Oven(100℃)의 20분 처리구와 UV처리에서 10분과 60분 처리구에서 가장 낮은 총 페놀화합물 함량을 나타내었다.

석류 유과의 음건, 열풍건조, Oven(100℃), Steaming 및 UV처리를 5, 10, 15, 20 및 60분간 처리하여 DPPH 라디칼 소거 활성을 측정하였다 (Table 2). 항산화력이 높을수록 항산화 활성 및 활성산소와 같은 자유 라디칼의 소거작용 증진으로 인해 내 노화를 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Aoshima 등, 2004). DPPH 라디칼 소거 활성을 측정한 결과 Oven(100℃)가 가장 높은 항산화 활성을 나타내고 열풍건조, Steaming, UV처리 순으로 나타났으며, 음건이 가장 낮은 항산화력을 나타내었다. 시간에 따른 결과로는 총 페놀화합물 함량과 항산화 활성 결과 모두 5분 처리 시에 가장 좋은 효과를 낼 수 있는 것으로 나타났다. 또한 석류 유과의 총 페놀화합물 함량과 항산화 활성측정의 처리와 시간에 따라 교호작용이 통계적으로 유의하게 조사 되었다. 이는 처리 시간에 따라 집단간의 차이가 있다는 것으로 나타났다. 이번 연구에 있어서는 유과를 통째로 분쇄하여 사용하였는데 추후의 연구에 있어서는 유과를 부분별로 처리 하여 내피, 외피, 씨 등 성숙과와 비교 실험

험이 추가로 진행 된다면 기능성식품 활용화와 항산화력 증진에 더 좋을 것이라고 본다.

석류 유과의 총 페놀화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성의 관련성을 비교한 결과 0.723의 높은 상관관계를 나타내었다.

석류꽃은 암꽃을 제외하고 수꽃만으로 실험하였다. 음건, 열풍건조와 UV 조사 10, 30 및 60분간 처리하여 총 페놀화합물 함량을 분석한 결과를 Table 3에 나타내었다. 분석 결과 처리간에 음건이나 열풍처리 보다 UV처리가 높은 함량을 나타내었지만 큰 유의차는 나타나지 않았으며 10분 처리 시에 가장 높은 함량을 나타내었다가 감소 후 60분 처리에서 다시 증가 하는 추세를 나타내었다. 석류꽃의 DPPH 라디칼 소거 활성도 측정 결과도 총 페놀 화합물 함량과 마찬가지로 큰 차이가 나타나지 않았다(Table 3). 페놀함량과 비슷한 감소와 증가 추세를 나타내었으며, 60분 처리구가 가장 높은 항산화 활성을 나타내었지만 잎이나 유과에 비해 UV처리에 의한 총 항산화력의 증가가 더 적게 나타났다. 이번 실험의 UV처리는 모두 항산화력의 큰 증가를 나타내지 않았는데 UV처리만이 아니라 석류 꽃을 이용한 기능성 식품으로의 발전 가능성을 알아보기 위해 꽃 모양을 상하지 않는

Table 2. Effect of heating, steaming and UV treatment on antioxidant capacity in immature fruit of pomegranate.

Treatment ^z	DPPH radical scavenging activity (%)		
	100℃/ Oven	Steaming	UV
SD	93.9±0.1 b ^y	93.9±0.1 d	93.9±0.1 a
HD	94.6±0.1 b	94.6±0.1 b	94.6±0.1 a
5 min	95.0±0.1 a	94.9±0.1 a	94.7±0.2 a
10 min	95.0±0.2 a	94.6±0.1 b	94.4±0.2 a
15 min	95.0±0.1 a	94.6±0.0 b	94.6±0.1 a
20 min	94.6±0.0 b	94.7±0.1 b	94.6±0.2 a
60 min	95.0±0.1 a	94.2±0.1 c	93.9±0.1 a

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

Table 3. Effect of UV treatment on total phenolic compound and antioxidant capacity in flowers of pomegranate.

Treatment ^z	Total phenolic compound (mg/g D.W.)	DPPH radical scavenging activity (%)
SD	43.9±0.6 ab ^y	86.5±0.5 bc ^y
HD	44.8±1.6 ab	87.2±1.4 abc
UV 10 min	45.6±0.6 a	87.9±0.4 ab
UV 30 min	43.2±0.5 b	86.2±0.8 c
UV 60 min	45.3±0.9 a	88.3±0.6 a

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

범위에서의 다른 처리방법을 찾아보는 것이 필요하겠다. 꽃으로 많이 이용되고 있는 꽃차의 경우를 살펴보고 처리 방법 등을 다르게 해보는 것이 필요하겠다. UV처리한 석류꽃의 총 페놀 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성의 관련성을 비교한 결과 0.847의 높은 상관관계를 나타내었으며, 상관 계수가 0.01 수준에서 유의하였다.

석류 잎의 음건, 열풍건조의 총 페놀화합물 함량과 Oven(100℃), Oven(150℃), Microwave, Roasting 및 UV처리를 5, 10, 15, 20 및 60분간

처리하여 총 페놀화합물 함량 변화를 나타내었다 (Table 4). 석류 잎에 대한 총 페놀화합물의 처리와 시간에 따른 교호작용이 통계적으로 유의하게 조사되었다. Oven(100℃)와 Oven(150℃)의 총 페놀화합물 함량을 비교해 본 결과 짧은 시간 안에 높은 페놀 화합물 함량을 나타내려면 높은 온도의 150℃에서 5분간 처리 하는 것이 유리하고, 100℃의 경우는 60분 까지 오랜 시간 처리할수록 더 높은 함량을 나타내었다. 전체 처리 비교에서는 Microwave 처리가 가장 높은 페놀화합물 함량을

Table 4. Effect of heating, microwave, roasting and UV treatment on total phenolic compound in leaves of pomegranate.

Treatment ^z	Total phenolic compound (mg/g D.W.)				
	100℃/ Oven	150℃/ Oven	Microwave	Roasting	UV
SD	39.9±1.1 c ^y	39.9±1.1 b	39.9±1.1 c	39.9±1.1 c	39.9±1.1 b
HD	40.1±0.3 c	40.1±0.3 b	40.1±0.3 c	40.1±0.3 c	40.1±0.3 b
5 min	39.8±0.6 c	43.8±0.2 a	42.0±0.8 b	39.4±0.6 c	40.4±0.8 b
10 min	42.5±0.2 b	40.8±0.1 b	43.2±1.0 b	41.1±0.7 b	41.4±0.5 b
15 min	43.7±0.4 a	42.3±1.3 a	44.7±1.3 a	44.0±0.5 a	42.6±0.9 a
20 min	41.4±0.5 bc	40.8±0.1 b	40.8±0.5 c	41.2±0.2 b	41.4±1.2 b
60 min	44.1±0.5 a	41.5±0.8 b	42.2±0.6 b	42.6±0.4 b	40.3±0.5 b

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

나타내었고 그 중 15분 처리구가 가장 높은 함량을 나타내었다. 이는 시금치를 전자레인지에 데쳤을 때 일반 데침보다 높은 페놀 화합물 함량(Hong 등, 2005)을 나타내었다는 결과와 유사한 결과를 나타내었다. Oven, Microwave, Roasting 및 UV 처리 중 가장 낮은 함량을 나타낸 처리는 유과와 마찬가지로 UV처리에서 가장 낮은 함량을 나타내었다. 또한 UV처리를 제외하고는 20분에 감소한 후 다시 증가 추세를 나타내었는데 이는 유과의 Oven(100℃)에서도 나타난 결과로 이는 오랜 시간 고온에 노출 되면서 갈변 물질의 생성으로 인한 항산화력의 증가(Kawashima 등, 1997)와 관련이 있는 것으로 보여진다. 이에 대하여는 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다. 석류 잎의 음건과 열풍건조의 DPPH 라디칼 소거 활성과 Oven(100℃), Oven(150℃), Microwave, Roasting 및 UV 처리를 5, 10, 15, 20 및 60분간 처리하여 항산화 활성 변화를 측정하여 Table 5에 나타내었다.

석류 잎의 항산화 활성에 있어서 Oven(150℃)의 DPPH 라디칼 소거 활성은 처리 시간간에 유의차가 나타나지 않았으며, Oven(100℃)는 처리 60분에 가장 높은 활성을 나타내었다. Oven(150℃)와 Microwave 처리에서 총 페놀화합물 함량과 마찬가지로 UV처리가 가장 낮은 항산화 활성을

나타내었다. 전체 처리 시간에 따른 항산화 활성 비교 결과 15분 처리시에 가장 높은 활성을 나타내어 결과적으로 Microwave를 15분 처리했을 때 석류 잎의 항산화 활성을 높이는데 가장 좋은 방법으로 보여진다. 또한 Oven처리는 높은 온도에서 짧게 처리 하여도 항산화 활성의 감소가 나타나지 않으니 짧은 시간 처리 시에는 Oven(150℃)와 같이 높은 온도 처리를 하는 것이 좋을 것이라 사료된다. 석류 잎의 총 페놀 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성의 관련성을 비교한 결과 높은 상관관계를 나타내었다.

석류 잎을 70℃ 열풍건조기에서 전처리한 후 Ultrasonic 60℃에서 10, 20, 30, 60분간 처리하여 총 페놀화합물 함량을 분석한 결과 30분 처리구에서 가장 높은 페놀화합물 함량을 나타내었고, 음건 처리 시 가장 낮은 함량을 나타내었다. DPPH 라디칼 소거 활성 변화를 측정한 결과 30분 처리구에서 가장 높은 활성을 나타내었지만 처리간에 유의차는 나타나지 않았다(Table 6). 이러한 결과는 석류꽃을 Ultrasonic처리 시 항산화력의 손실이 적으며 일정 시간 내에 항산화력에 영향을 미치지 않는다는 연구 결과(Fu 등, 2014)처럼 Ultrasonic 처리가 석류 잎 에서도 음건과 열풍건조 보다는 높은 활성을 나타내었지만, Ultrasonic처리 시간

Table 5. Effect of heating, microwave, roasting and UV treatment on antioxidant capacity in leaves of pomegranate.

Treatment ^z	DPPH radical scavenging activity (%)				
	100℃/ Oven	150℃/ Oven	Microwave	Roasting	UV
SD	80.3±1.2 c ^y	80.3±1.2 b	80.3±1.2 c	80.3±1.2 b	80.3±1.2 a
HD	80.5±1.4 c	80.5±1.4 b	80.5±1.4 c	80.5±1.4 b	80.5±1.4 a
5 min	80.4±1.7 c	86.4±0.3 a	84.1±1.7 b	81.2±1.7 b	81.3±0.9 a
10 min	84.2±0.8 b	86.3±0.6 a	86.3±0.4 b	81.7±1.2 b	80.9±0.6 a
15 min	84.7±1.0 b	87.1±1.8 a	89.5±0.5 a	86.0±0.0 a	83.3±0.6 a
20 min	84.8±0.5 b	87.0±1.0 a	85.7±0.5 b	85.4±0.5 a	82.0±0.1 a
60 min	86.9±1.0 a	86.0±0.4 a	86.2±0.8 b	86.9±0.0 a	80.8±0.6 a

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

Table 6. Effect of air heating in oven (70°C, 3 hrs) + ultrasonic treatment on total phenolic compounds and antioxidant capacity in leaves of pomegranate.

Treatment ^z	Total phenolic compound (mg/g D.W.)	DPPH radical scavenging activity (%)
SD	39.9±1.1 a ^y	80.3±1.2 b ^y
HD	40.1±0.3 a	80.5±1.4 b
10 min	40.5±0.5 a	82.5±1.0 a
20 min	41.5±0.3 a	81.4±0.7 ab
30 min	42.2±1.1 a	83.2±1.0 a
60 min	41.7±1.1 a	83.0±0.8 a

^zSD : dried in the shade, HD : hot air drying.

^yMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Values are mean ± standard deviation, n = 3.

간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 꽃과 잎에서 보여지듯이 Ultrasonic 처리가 총 페놀화합물 함량과 항산화 활성의 증가추세를 보여주지 않은 것에 추후의 연구에서 이를 보완 할 수 있는 방법이 필요 하다. 초음파의 세기와 온도에 따른 자극을 비교하여 항산화력의 증감을 비교 해보는 것이 필요 하겠다. 열풍처리+Ultrasonic처리한 석류 잎의 총 페놀 화합물 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성의 관련성을 비교한 결과 0.586의 상관관계를 나타내었다.

적 요

석류 잎, 꽃 및 유과의 기능성 향상 식품 활용을 위해 Heating, UV 및 Ultrasonic처리에 따른 총 페놀화합물과 항산화력 증진을 비교하고, 기능성 식품으로서의 활용 가능성을 알아보고자 본 실험을 수행하였다. 석류 잎, 꽃 및 유과를 비교하였을 때 유과에서 총 페놀화합물 함량과 항산화력이 가장 높다는 결과가 나타났는데 이는 기능성 식품에 이용 시 개별 가공뿐 아니라 잎, 꽃 및 유과를 함께 사용하여 가공한다면 더 좋을 것이라 사료된다. Microwave처리와 Oven처리에 대한 증진 효과가 높게 나왔는데 Ultrasonic나 UV처리에서 항산화력의 높은 증진 효과를 보지 못해 항산화력을

높일 수 있는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 음건의 경우 성분 파괴가 가장 적다는 연구 결과가 있지만 시간이 오래 걸린다는 단점과 열처리보다 낮은 항산화력으로 인해 짧은 시간 안에 높은 항산화력을 얻을 수 있는 처리를 이용하는 것이 효율 적이라고 본다. 열처리로 인한 비용과 음건 시 걸리는 시간 등을 고려하여 효율적인 방안을 모색하는 것이 필요하겠다. 열처리에 의한 총 폴리페놀 함량의 변화는 구성 페놀산의 열 반응성에 따라 달라지며, 열처리는 식품의 페놀 물질에 영향을 일으킬 수 있는 것처럼 식품의 종류, 열처리 방법 및 시간 등에 따라서 항산화력의 반응은 다르게 나타나므로 식물에 맞는 적절한 처리 방법을 찾아내는 연구가 필요하다. 따라서 본 실험에서 확인된 결과를 바탕으로 다양한 열처리와 온도 및 시간에 대한 연구를 추가적으로 진행 한다면 항산화력을 높일 수 있을 것으로 생각되며, 효율적으로 기능성 식품에 이용할 수 있는 방안을 마련 할 것으로 본다.

참고문헌

1. Adhami, V.M., and H. Mukhtar. 2006. Polyphenols from green tea and pomegranate for prevention of prostate cancer. Free Radic. Res.

- 40: 1095-1104.
2. Alper, N., and J. Acar. 2004. Removal of phenolic compounds in pomegranate juices using ultrafiltration and laccase-ultrafiltration combinations. *Nahrung/Food*. 48: 184-187.
3. Aoshima, H., H. Tsunoue, H. Koda and Y. Kiso. 2004. Aging of whisky increases 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging activity. *J. Agric. Food Chem.* 52: 5240-5244.
4. Brand-Williams, W., M.E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Technology* 28: 25-30.
5. Choi G.H., S.C. Kwon, and K.H. Lee. 2010. Changes in antioxidant and nitrite scavenging activities of *Angelica keiskei* and *Brassica loeracea* var. *Acephala* vegetable juices treated with UV irradiation during storage. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1187-1193.
6. Dewanto V, X. Wu, K.K. Adom, and R.H. Liu 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3010-3014.
7. Fu, Q., L. Zhang, N. Cheng, M. Jia, and Y. Zhang. 2014. Extraction optimization of oleanolic and ursolic acids from pomegranate (*Punica granatum* L.) flowers. *Food and Bioprocess Technology*. 92: 321-327.
8. Han S. K. 2012. Effect of physical pre-treatments on the changes of phenolic compound contents in fruitlet of 'Nittaka' pear for processing. MS Thesis. Chonnam National University. Gwangju.
9. Hasler, C. M. 1998a. A new look at an ancient concept. *Chem. Industry* 2: 84-89.
10. Hasler C. M. 1998b. Functional foods: their role in disease prevention and health promotion. *Food Technology* 52: 63-70.
11. Hong, J.J. and T.H. Ahn. 2005. Changes in phytochemical compounds and hazardous factors of spinach by blanching methods. *Kor. J. Food SCI.* 37: 268-273.
12. Hong M.J., G.D. Lee, H.K. Kim, and J.H. Kwon. 1988. Changes in functional and sensory properties of chicory roots induced by roasting processes. *Kor. J. Food SCI.* 30: 413-418.
13. Kawashima K., H. Itoh, I. Chibata. 1997. Antioxidant activity of browning products prepared from low molecular carbonyl compounds and amino acids. *J. Agric. Food Chem.* 25: 202-206.
14. Lansky E.P. and R.A. Newman. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *J. Ethnopharmacol.* 109: 177-206.
15. Lei F., D.M. Xing, and L. Xiang. 2003. Pharmacokinetic study of ellagic acid in rat after oral administration of pomegranate leaf extract. *J. Chromatogr.* 796: 189-194.
16. Orak H.H., H. Yagar and S.S. Isbilir. 2012. Comparison of antioxidant activities of juice, peel and seed of pomegranate and inter-relationships with total phenolic, tannin, anthocyanin and flavonoid contents. *Food Science and Biotech.* 21: 373-387.
17. Park, J.W., Y.J. Lee, and S. Yoon. 2007. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. *Kor. J. Food Culture* 22: 353-358.
18. Shams A.M., R.M.R. Oveisi, N. Sadeghi, B. Jannat, A. M. Ranjbar, N. Gholam, and T. Moridi. 2011. Comparative antioxidant activity and total flavonoid content of persian pomegranate cultivars. *Iranian J. Pharmaceutical Research* 10: 519-524.

