

가압열처리가 톱풀과 울릉미역취 어린잎의 항산화 활성에 미치는 영향

우정향¹, 신소림¹, 정헌상², 이철희^{1*}

¹충북대학교 원예과학과, ²충북대학교 식품공학과

Influence of Applied Pressure and Heat Treatment on Antioxidant Activities of Young Leaves from *Achillea alpina* and *Solidago virgaurea* subsp. *gigantea*

Jeong Hyang Woo¹, So Lim Shin¹, Heon Sang Jeong², and Cheol Hee Lee^{1*}

¹Dept. of Horticultural Sci., Chungbuk Natl. Univ., Cheongju 361-763, Korea

²Dept. of Food Sci. Technol., Chungbuk Natl. Univ., Cheongju 361-763, Korea

Abstract - Present studies were conducted to investigate the effects of autoclaving on antioxidant activities of *Achillea alpina* and *Solidago virgaurea*. At early April, young leaves of 2 species were collected, subjected to autoclaving (121°C, 1.2 atmospheric pressure, 15 minutes), freeze-dried, grinded, and extracted with 80% ethanol. The same process was repeated with unautoclaved control. Total polyphenol and flavonoid contents, scavenging activities on DPPH and ABTS radicals and ferrous ion chelating effects were analyzed. Extraction yield of autoclaved *S. virgaurea* was 39.55% and *A. alpina* 28.15%. In both species, autoclaving significantly reduced scavenging activities on DPPH and ABTS radicals. On the contrary, ferrous ion chelating effects increased after autoclaving, especially in young leaves of *A. alpina*. Autoclaving resulted in decrease of polyphenol and flavonoid contents, especially in the *A. alpina*. The present experiments demonstrated that autoclaving had negative effects on antioxidant activities of *A. alpina* and *S. virgaurea*, except in ferrous ion chelating effects. Young leaves of former species were unstable to heat treatment, resulting in big lose of antioxidant activity.

Key words - ABTS radical, DPPH radical, ferrous ion chelating, flavonoid contents, polyphenol contents

서 언

식물은 스트레스에 적응하기 위하여 polyphenol, flavonoid, alkaloid 등 다양한 천연유기화합물을 생산하는데, 이들은 활성산소종, 활성질소 등으로 인한 인체의 손상을 방지하여 질병예방 및 노화방지에 효과적인 것으로 알려져 있다(Jeong 등, 2007). 합성 항산화제인 BHT, BHA 등은 값이 싸고 효과가 우수한 장점이 있으나 발암, 간 비대증 등의 인체 유해성, 낮은 열 안정성 등으로 인하여 사용이 제한적이다(Jayaprakasha 등, 2003; Cruz 등, 2007; Park 등, 2003; Branen, 1975; Kim 등, 1998). 반면, 식물자원

은 유용 생리활성 물질을 다량 함유하고 있으며, 섭취 시 안전성이 높으므로 최근에는 다양한 식물자원으로부터 천연물 유래 항산화제가 개발되고 있다(Kelloff 등, 2000). 특히 예로부터 약용식물로 사용된 식물들은 일반 식이 과채류 보다 항산화효과가 우수하다는 다양한 연구결과를 바탕으로 하여 최근에는 민간·전통 약용식물들의 항산화효과를 분석하여 천연 항산화제품을 개발하고자 하는 연구가 왕성하게 진행되고 있다(Liu 등, 2008).

톱풀은 국화과의 다년생 초본으로 한국, 일본, 만주, 중국, 시베리아, 유럽의 산지 초원에 자생한다(Lee, 1999). 지상부는 약용하며, 항균, 해독, 해열, 소염, 진통작용이 있으며, 유효성분으로는 achillen, chamazulene, d-diacetyl matricarin, cineole 등이 알려져 있다(Ahn, 1998). 울릉

*교신저자(E-mail) : leech@chungbuk.ac.kr

미역취는 국화과 다년생 초본으로 어린잎과 줄기는 취나물의 일종으로 식용한다(Choi 등, 2008). 울릉미역취 지상부는 유기산, 유리 아미노산 및 지방산 함량이 높으며(Choi 등, 2008), 뿌리와 종자는 항산화효과가 우수한 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 2005a).

식품의 열처리는 주로 저장 수명을 연장하기 위하여 사용하는데, 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 활성물질 손실 등의 문제점이 있는 것으로 알려져 있다(Woo 등, 2007; Chung 등, 2003; Kim 등, 2004). 그러나 열처리에 의한 토마토의 lycopene 함량 및 총 항산화활성 증가(Dewanto, 2002), 표고버섯의 총 폴리페놀 함량 및 항산화활성 증가(Choi 등, 2006) 등이 보고되었으며, 120°C에서의 가압·가열처리에 의한 배추의 항균효과 증가(Yildiz와 Westhoff, 1981) 및 마늘의 항산화 효과 증가(Kwon 등, 2006) 등도 보고되어 있다. 따라서 식물의 종에 따라 열처리 식물의 생리활성에 미치는 영향이 다르므로 열처리가 식·약용식물의 생리활성에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다.

본 연구는 약용식물인 톱풀과 울릉미역취의 항산화 효과를 분석하고, 가압 열처리가 톱풀과 울릉미역취 어린잎의 항산화 활성 및 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량에 미치는 영향을 분석하여 천연 항산화 제품을 개발하기 위한 효율적인 시료 처리방법을 개발하기 위하여 시행하였다.

재료 및 방법

식물 재료

연구에 사용된 톱풀과 울릉미역취의 어린잎은 2007년 4월 초에 충북 청원군의 실험포장에서 수확하였다. 수확 직후 시료를 수세하여 동결건조기(FD8512, IIShin Lab. Co. Ltd., Korea)로 동결건조하거나, 내열 유리병에 담아 autoclave를 이용하여 121°C, 1.2기압에서 15분 동안 가압·열처리한 후 동결건조하였다. 건조시료는 분쇄기(FM-681C, Hanil Electric., Korea)로 분쇄하였으며, 분쇄한 건조시료와 80% 에탄올을 둥근바닥플라스크에 넣어 혼합한 후, 냉각관이 부착된 환류추출장치(Chang Shin Co., Korea)의 water bath 온도를 60°C로 조절하여 6시간 동안 환류냉각추출 하였다. 추출물은 여과지(Advantec No. 2, Toyo Roshi Kaisha Ltd., Japan) 2장을 사용하여 감압여과하였으며, 여과 후 남은 잔사는 건조시료와 같은 방법으로 추출하여 총 3회 반복 추출하였다. 최종 추출물은 아래의 식에 의하여 추출수율

을 구하였으며, 질소 충전하여 -70°C(SW-UF-200, Samwon Engineering Co., Korea)에 보관하면서 실험에 사용하였다.

$$\text{Extraction yield}(\%) = (A \times B / C) \times 100$$

A: 가용성 고형분 농도(mg·mL⁻¹), B: 총 추출량(mL), C: 동결건조 시료 량(mg)

DPPH radical 소거활성

추출물 0.2 mL와 0.15 mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl; D9132, Sigma, USA) 용액 0.8 mL을 혼합하여 실온 압상 상태에서 30분 동안 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois, 1958). 전자공여능(EDA)은 시료 첨가구와 시료 대신 용매를 첨가한 대조군의 흡광도 차이를 아래의 식에 의하여 백분율(%)로 구하였으며, 단순회귀분석을 통하여 시료 무첨가구의 EDA를 50% 감소시키는 데 필요한 시료의 농도(mg·mL⁻¹)를 RC₅₀값으로 나타냈다. (+)control로는 BHT(2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol; B1378, Sigma, Germany)와 ascorbic acid(A5960, Sigma, China)를 사용하였다.

$$\text{Electron donating activity(EDA, \%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A: 시료 첨가구의 흡광도

B: 대조군의 흡광도

ABTS radical 소거활성

7.4 mM의 ABTS(2,2'-azino-bis[3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid]diammonium salt; A9941, Sigma, USA)와 2.6 mM potassium persulfate를 혼합하여 실온 압소에서 24시간 동안 방치하여 radical을 형성시켰다. ABTS 용액은 실험 직전에 732 nm에서 흡광도가 0.700 ± 0.030 (mean ± SE)이 되도록 phosphate-buffered saline(pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 농도별 추출물 50 µL에 ABTS 용액 950 µL를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re 등, 1999). ABTS radical 소거능(RC₅₀)은 DPPH radical 소거능을 계산할 때와 같은 방법으로 구하였으며, 대조군의 흡광도를 50% 감소시키는 데 필요한 가용성 고형분의 농도(mg·mL⁻¹)로 나타냈다. Radical 소거능을 비교하기 위한 양성 대조군은 BHT와 ascorbic acid를 사용하였다.

가압열처리가 톱풀과 울릉미역취 어린잎의 항산화 활성에 미치는 영향

Ferrous ion chelating 효과

추출물 1 mL, 80% 에탄올 0.8 mL, 2 mM FeCl₂·4H₂O (iron(II) chloride tetrahydrate; 220299, Sigma, USA) 용액 0.1 mL, 5 mM ferrozine [3-(2-Pyridyl)-5,6-diphenyl-1,2,4-triazine-4',4''-disulfonic acid; P5338, Sigma, USA] 용액 0.1mL를 첨가하여 혼합한 다음 실온에서 10분간 반응시켰으며, 562 nm에서 흡광도를 측정하였다(Yen 등, 2002). 추출물의 chelating 효과는 아래의 수식에 따라 산출한 후, 단순회귀분석을 이용하여 ferrous ion을 50% chelating 시키는데 필요한 시료의 농도(RC₅₀)를 구하였다. 각 시료의 chelating 효과를 비교하기 위하여 0.05mg·ml⁻¹ 농도의 EDTA (ethylenediaminetetraacetic acid; E5134, Sigma, USA)를 양성 대조군으로 사용하였다.

$$\text{Chelating activity(\%)} = (1 - A / B) \times 100$$

A: 시료 첨가군의 흡광도, B: 용매 첨가군의 흡광도

총 폴리페놀 함량

추출물 0.1 mL, 2% Na₂CO₃ 2 mL를 혼합하고 3분 후에 1N Folin & Ciocalteu's phenol reagent(F9252, Sigma, USA)를 0.1 mL 첨가하여 실온에서 30분 동안 반응 시켰으며, UV/Visible Spectrophotometer(Ultrospec 4000, Pharmacia Biotech.)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다(Velioglu 등, 1998). Tannic acid(T0200, Sigma, China)를 표준물질로 하여 작성한 검량선을 이용하여 건조시료 g당 총 폴리페놀 함량(mg·g⁻¹)을 tannic acid 기준으로 환산하여 나타냈다.

총 플라보노이드 함량

추출물 0.2 mL, diethylene glycol(H26456, Sigma, USA) 2 mL, 1 N NaOH 0.2 mL을 첨가하여 37°C의 항온 수조(VS-190CS, Vision Sci., Korea)에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(NFRI, 1990). Naringin(N1376, Sigma, USA)을 표준물질로 하여 작성한 검량선을 이용하여 건조시료 g당 총 플라보노이드 함량(mg·g⁻¹)을 naringin 기준으로 환산하여 나타냈다.

통계처리

모든 실험은 3반복을 1회로 하여 3회 이상 반복 실험하였다. 통계처리는 SAS version 9.1(SAS institute Inc., Cary,

NC, USA)를 이용하여 평균과 표준오차를 구하였다.

결과 및 고찰

추출 효율

동결건조하거나 가압·열처리 후 동결건조한 톱풀과 울릉미역취 어린잎의 추출수율은 28.15~39.55%로 나타났으며, 톱풀 보다는 울릉미역취의 추출 효율이 높았다(Table 1). 톱풀의 어린잎은 가압·열처리를 통하여 추출 수율이 1.22배 낮아졌으나, 울릉미역취 어린잎의 추출 수율은 가압·열처리에 의하여 큰 변화가 없었다. 따라서 식물종에 따라 가압·열처리가 추출 수율에 미치는 영향은 각기 다른 것으로 생각되었다.

시료의 가압·열처리가 radical 소거능에 미치는 영향

Ascorbic acid, tocopherol, polyhydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류 등의 항산화물질과 반응한 DPPH가 환원되어 탈색되는 원리를 이용한 DPPH[·] 소거법(Cha 등, 2009; Choi 등, 2003)은 실험방법이 간단하고 항산화활성과 연관이 높은 장점이 있다(Blois, 1958; Jung 등, 2004; Cha 등, 1999a). Potassium persulfate와 반응하여 형성된 청록색의 ABTS cation radical이 추출용액의 항산화 물질에 의하여 소거되어 탈색되는 원리를 이용한 ABTS^{·+} 소거법(Li 등, 2007)은 극성과 비극성 항산화 물질의 소거 활성을 모두 측정할 수 있으므로 추출물의 항산화 활성 측정에 자주 사용된다(Re 등, 1999). DPPH radical과 ABTS radical 모두 체내 산화 원인 물질인데 DPPH radical은 free radical, ABTS radical은 cation radical으로 기질의 특징이 서로 다르며, 추출물의 항산화 물질의 특성에 따라 결합정도가 다를 수 있으므로(Shin 등, 2008), 추출물의

Table 1. Extraction yield from young leaves

Scientific name	Korean name	Treatment	Extraction yield (%)
<i>Achillea alpina</i>	톱풀	FD ^z	34.35 ± 0.06
		FDAH ^y	28.15 ± 0.25
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>gigantea</i>	울릉미역취	FD	39.15 ± 0.16
		FDAH	39.55 ± 0.21

^zFreeze-dried.

^yFreeze-dried after heat treatment at 121°C for 15min.

Table 2. Radical scavenging activities of extracts obtained from young leaves

Scientific name	Korean name	Treatment	DPPH· RC ₅₀ (mg·mL ⁻¹) ^z	ABTS·+ RC ₅₀ (mg·mL ⁻¹) ^y
BHT			0.121 ± 0.003	0.217 ± 0.004
Ascorbic acid			0.026 ± 0.000	0.199 ± 0.009
<i>Achillea alpina</i>	톱풀	FD ^x	0.284 ± 0.002	0.355 ± 0.019
		FDAH ^w	1.790 ± 0.031	1.059 ± 0.102
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>gigantea</i>	울릉미역취	FD	0.333 ± 0.004	0.407 ± 0.004
		FDAH	1.002 ± 0.035	0.828 ± 0.022

^zConcentration required for 50% reduction of DPPH· at 30 min after starting the reaction.

^yConcentration required for 50% reduction of ABTS·+ at 10 min after starting the reaction.

^xFreeze-dried.

^wFreeze-dried after heat treatment at 121 °C for 15 min.

항산화활성을 측정할 경우에는 두 종류의 radical 소거능을 모두 측정하여 분석할 필요가 있다.

수확 직후 동결건조하거나 가압·열처리 후 동결건조한 톱풀과 울릉미역취의 DPPH와 ABTS radical 소거능을 측정한 결과, 톱풀과 울릉미역취 어린잎 모두 가압·열처리에 의하여 radical 소거능이 낮아졌다(Table 2). 수확 직후 동결건조하여 추출한 톱풀과 울릉미역취 어린잎 추출물의 DPPH radical 소거능은 가압·열처리 후 동결건조했을 때보다 각각 6.30, 3.01배 높았으며, ABTS radical 소거능은 2.98, 2.03배 높게 나타났다. 톱풀의 어린잎은 울릉미역취의 어린잎보다 가압·열처리에 의한 소거활성 변화가 크게 나타났다. 연구의 결과, 두 종 모두 DPPH radical 소거능이 ABTS radical 소거능보다 가압·열처리에 의한 영향이 뚜렷하게 나타났다.

무(Lee 등, 2009), 토마토, 수박, 사과, 매론, 참외 및 바나나(Kim 등, 2008)를 0~150 °C에서 열처리하여 DPPH radical 소거능 및 ABTS 소거능을 분석한 결과, 열처리에 의하여 DPPH와 ABTS radical 소거능이 모두 증가되었으나, 본 연구에서 톱풀과 울릉미역취의 어린잎은 121 °C 열처리에 의하여 radical 소거능이 모두 현저히 저하되었는데, 이는 식물 종과 부위에 따라 생리활성물질의 종류 및 결합 정도에 차이가 있기 때문으로 생각되었다. 한편 사과에 0~150 °C의 열처리를 한 결과, 110, 120, 130 °C의 열처리를 한 시료는 열처리하지 않은 시료보다 ABTS radical 소거능이 낮았으나, 150 °C의 열처리시 ABTS radical 소거능이 크게 증가하였다(Kim 등, 2008). 따라서 톱풀과 울

릉미역취도 121 °C 보다 높은 온도조건에서는 항산화효과가 오히려 증가될 수 있으므로, 향후 다양한 온도조건에서 열처리한 시료의 항산화효과를 분석할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

시료의 가압·열처리가 ferrous ion chelating에 미치는 영향

체내에 존재하는 철이나 구리분자 등은 radical의 Haber-Weiss반응(Haber와 Weiss, 1932), Fenton 반응(Thomas 등, 1993), O₂-에 의한 Fe³⁺의 Fe²⁺로의 전환 등에 의하여 체내에 H₂O₂와 OH의 활성산소기를 생성하여 최종적으로 O₂⁻, H₂O₂, RO·, ROO· 등의 2차 radical을 생성하는데, 이런 2차 radical은 인체의 산화를 촉진시켜(Fridovich, 1986), 노화(Minotti와 Ausst, 1987)와 발암(Addis, 1986) 등 인체 질병을 유발한다.

가압·열처리가 톱풀과 울릉미역취 어린잎의 Fe²⁺ chelating에 미치는 효과를 분석한 결과, 두 종 모두 가압·열처리에 의하여 Fe²⁺ chelating 효과가 증가되었으며, 톱풀의 어린잎이 울릉미역취 보다 가압·열처리에 의한 chelating 효과 변화가 크게 나타났다(Table 3). 톱풀의 어린잎은 가압·열처리 후 추출했을 때 Fe²⁺ chelating 효과가 1.47배 증가되었으며, 울릉미역취 어린잎은 가압·열처리에 의하여 Fe²⁺ chelating 효과가 1.09배 증가되었다. 톱풀 어린잎은 울릉미역취 어린잎 보다 Fe²⁺ chelating 효과가 1.83배 높았다. 그러나 두 종 모두 chelating agent로 사용되는 합성 아미노산인 EDTA 보다는 chelating 효과가 극히 낮았다.

Table 3. Ferrous ion chelate effect of extracts obtained from young leaves

Scientific name	Korean name	Treatment	Fe ²⁺ chelate effect RC ₅₀ (mg·mL ⁻¹) ^z
EDTA			0.030 ± 0.003
<i>Achillea alpina</i>	톱풀	FD ^y	2.338 ± 0.244
		FDAH ^x	1.591 ± 0.177
<i>Solidago virgaurea</i> subsp. <i>gigantea</i>	울릉미역취	FD	3.178 ± 0.280
		FDAH	2.917 ± 0.149

^zConcentration required for 50% reduction of ferrous at 10 min after starting the reaction.

^yFreeze-dried.

^xFreeze-dried after heat treatment at 121°C for 15 min.

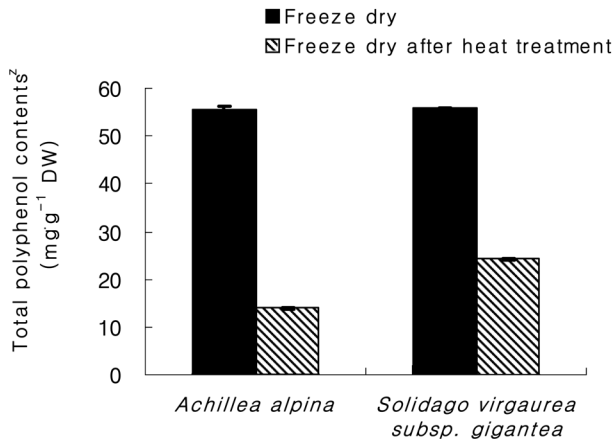


Fig. 1. Contents of total polyphenol in extract obtained from young leaves.

^zBased on tannic acid as standard. (DW=dry weight)

시료의 가압·열처리에 의한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 변화

페놀성 화합물은 연쇄반응 중 alkyl radical 또는 alkyl-peroxy radical에 수소를 공여함으로써 radical을 제거하여 체내 산화를 억제시키는데(Labuza, 1971), 플라보노이드계 물질은 항산화, 항염, 항알러지, 항미생물 효과, 순환기 질병 예방, 면역증강, 모세혈관 강화(Cha 등, 1999b; Kawaguchi 등, 1997), 폴리페놀계 물질은 항산화, 항암, 항알러지(Lee 등, 2005b) 등 다양한 생리활성 효과를 보인다.

톱풀과 울릉미역취 어린잎을 수확 직후 동결건조하거나, 가압·열처리하여 동결건조한 후 환류냉각추출하여 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드의 함량을 분석한 결과, 두 종 모두 가압·열처리에 의하여 총 폴리페놀 및 총 플라보노이

■ Freeze dry
▨ Freeze dry after heat treatment

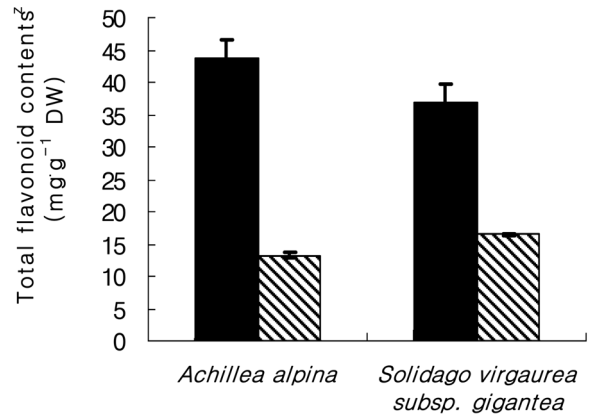


Fig. 2. Contents of total flavonoid in extract obtained from young leaves.

^zBased on Naringin as standard. (DW=dry weight)

드의 함량이 감소되었다(Fig. 1, Fig. 2). 수확직후 동결건조한 톱풀 어린잎 건조시료 1g의 총 폴리페놀함량은 55.52 mg·g⁻¹이었으나 가압·열처리 후 동결건조했을 때에는 13.93 mg·g⁻¹으로 3.96배 감소하였으며, 총 플라보노이드 함량은 43.66 mg·g⁻¹에서 13.22 mg·g⁻¹으로 3.30배 감소하였다. 수확 직후 동결건조한 울릉미역취 어린잎 건조시료 1g의 총 폴리페놀 함량은 55.82 mg·g⁻¹이었으나, 가압·열처리한 시료에서는 24.25 mg·g⁻¹으로 2.30배 감소하였다. 톱풀 어린잎은 울릉미역취보다 가압·열처리에 의한 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량의 감소 폭이 컸는데, 가압·열처리에 의한 페놀계 물질 함량 감소로 인하여 radical 소거능이 크게 저하된 것으로 생각되었다.

일반적으로 열처리는 결합성 페놀화합물을 유리형으로 전환시켜 용출을 용이하게 하거나 고분자 페놀화합물을 저분자로 분해시켜 시료에서 추출되는 페놀성 물질의 함량을 증가시키는 것으로 알려져 있으나(Choi 등, 2006; Turkmen 등, 2005), 식물 종에 따라 열처리가 생리활성에 미치는 영향은 각기 다른 것으로 보고되어있다. 무(Lee 등, 2009), 감초(Woo 등, 2007), 과채류(Kim 등, 2008) 등은 열처리에 의하여 페놀성 물질 함량 및 항산화 효과가 증가되었으나, 메밀가루는 가열했을 때 총 플라보노이드 함량 및 항산화 활성이 오히려 감소되었다(Zhong 등, 2003).

한편 Francisco와 Resurreccion(2009)가 수집지역이 다른 땅콩껍질을 가열처리한 결과 가열온도와 가열시간에 따라 열처리에 의한 페놀성물질 함량이 각기 달라졌다. 따

라서 식물 종에 따라 열처리가 생리활성에 미치는 영향이 다르며, 같은 온도 재배조건에 따라 열처리가 생리활성에 미치는 영향이 다르게 나타날 수 있으므로 열처리를 통하여 식물의 생리활성을 증가시키고자 할 때에는 열처리에 의하여 생리활성이 증가되는 식물 종을 선발하고, 각 식물에 적합한 적정 열처리 조건을 구명하는 것이 중요한 것으로 생각된다.

적 요

본 연구는 식용 및 약용으로 사용되는 울릉미역취와 톱풀 어린잎의 항산화활성 및 생리활성에 미치는 가압열처리의 영향을 알아보기 위하여 시행하였다. 4월 초순에 충북 청원군 노지에서 어린잎을 채취한 직후 가압열처리(121℃, 1.2기압, 15분) 또는 무처리하여 동결건조한 후 분쇄하여 80% 에탄올 용매로 환류냉각추출한 추출물의 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량, DPPH와 ABTS radical 소거능 및 ferrou ion chelating 정도를 측정 하였다. 톱풀과 울릉미역취의 추출수율은 가압열처리한 울릉미역취에서 가장 높았고(39.55%), 가압열처리한 톱풀 어린잎에서 가장 낮았다(28.15%). 톱풀과 울릉미역취 어린잎은 가압열처리 후 DPPH radical 소거활성이 현저히 감소하여, 각각 1.506 mg·mL⁻¹, 0.669 mg·mL⁻¹씩 RC₅₀값이 증가하였다. ABTS radical 소거활성 또한 각각 0.704 mg·mL⁻¹, 0.421 mg·mL⁻¹씩 RC₅₀값이 증가하였다. 반면 ferrous ion chelate 효과는 가압열처리에 의하여 향상되었으며, 톱풀의 어린잎에서 큰 폭으로 상승하였다. 또한 가압열처리는 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량을 감소시켰는데, 특히 톱풀 어린잎에서 감소폭이 컸다. 따라서 본 실험에서는 가압열처리는 울릉미역취와 톱풀 어린잎의 Ferrous ion chelate 효과를 향상시킬 수 있지만, DPPH 및 ABTS radical 소거능과 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 함량을 감소시키는 것으로 나타났다. 또한, 톱풀의 어린잎은 울릉미역취에 비하여 열안정성이 낮아 열처리에 의한 활성의 변화가 큰 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업 및 산업자원부 한국산업기술평가원 지원의 지역협력연구센터인 충북대학교 생물건강산업개발연구센터의 연구비 지원에 의

하여 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

인용문헌

Addis, P.B. 1986. Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chem. Toxicol.* 24:1021-1030.

Ahn, D.K. 1998. Illustrated book of Korean medical herbs. Gyohaksa, Seoul. (in Korean)

Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26:1199-1204.

Branen, A.L. 1975. Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS* 52:59-63.

Cha, J.Y., H.J. Kim, C.H. Chung, and Y.S. Cho. 1999a. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 1310-1315. (in Korean)

Cha, J.Y., H.Y. Ahn, K.E. Eom, B.K. Park, B.S. Jun, and Y.S. Cho. 2009. Antioxidative Activity of *Aralia elata* Shoot and Leaf Extracts. *J. Life Sci.* 19:652-658. (in Korean)

Cha, J.Y., S.Y. Kim, S.J. Jeong, and Y.S. Cho. 1999b. Effects of hesperetin and naringenin on lipid concentration in oratic acid treated mice. *Kor. J. Life Sci.* 9:389-394. (in Korean)

Choi, C.H., E.S. Song, J.S. Kim and M.H. Kang. 2003. Antioxidative activities of *Castanea crenata* Flos. methanol extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:1216-1220. (in Korean)

Choi, M.G., H.S. Chung, and K.D. Moon. 2008. Chemical components of *Solidago virgaurea* spp. *gigantea*, *Aster glehni* var. *hondoensis* and *Aruncus dioicus* var. *kamtschaticus* grown on Ulleung Island, Korea. *Kor. J. Food Preserv.* 15:576-581. (in Korean)

Choi, Y., S.M. Lee, J. Chun, H.B. Lee, and J. Lee. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake(*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-387. (in Korean)

Chung, K.S., J.Y. Kim, and Y.M. Kim. 2003. Comparison of antibacterial activities of garlic juice and heat-treated garlic juice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:540-543. (in Korean)

Cruz, J.M., E. Conde, H. Dominguez, and J.C. Parajo. 2007. Thermal stability of antioxidants obtained from wood and industrial wastes. *Food Chem.* 100:1059-1064.

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.
- Francisco, M.L.L.D. and A.V.A. Resurreccion. 2009. Total phenolics and antioxidant capacity of heat-treated peanut skins. *J. Food Comp. Anal.* 22:16-24.
- Fridovich, I. 1986. Biological effect of the superoxide radical. *Arch. Biochem. Biophys.* 247:1-11.
- Haber, F. and J. Weiss. 1932. Über die Katalyse des Hydroperoxydes. *Naturwissenschaften* 20:948-950. (in German)
- Jayaprakasha, G.K., T. Selvi and K.K. Sakariah. 2003. Antibacterial and antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Res. Int.* 36:117-122.
- Jeong, J.A., S.H. Kwon, and C.H. Lee. 2007. Screening for antioxidative activities of extracts from aerial and underground parts of some edible and medicinal ferns. *Kor. J. Plant Res.* 20:185-192. (in Korean)
- Jung, S.J., J.H. Lee, H.N. Song, N.S. Seong, S.E. Lee, and N.I. Baek. 2004. Screening for antioxidant activity of medicinal plant extracts. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 47:135-140. (in Korean)
- Kawaguchi, K., T. Mizuno, K. Aida, and K. Uchino. 1997. Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and pseudomonas. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 61:102-104.
- Kelloff, G.J., J.A. Crowell, V.E. Steele, R.A. Lubet, W.A. Malone, C.W. Boone, L. Kopelovich, E.T. Hawk, R. Lieberman, J.A. Lawrence, I. Ali, J.L. Viner, and C.C. Sigman. 2000. Progress in cancer chemoprevention: development of diet-derived chemopreventive agents. *J. Nutr.* 130:467S-471S.
- Kim, D.Y., K.M. Kim, C.K. Hur., E.S. Kim, I.K. Cho, and K.J. Kim. 2004. Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. *Kor. J. Food Pres.* 11:400-404. (in Korean)
- Kim, H.Y., K.S. Woo, I.G. Hwang, Y.R. Lee, and H.S. Jeong. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 40:166-170. (in Korean)
- Kim, S.M., Y.S. Cho, E.J. Kim, M.J. Bae, J.P. Han, S.H. Lee, and S.K. Sung. 1998. Effect of water extracts of *Salvia miltorhiza* Bge., *Prunus persica* Stokes, *Angelica gigas* Nakai and *Pinus strobus* on lipid oxidation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 27:339-405. (in Korean)
- Kwon, O.C., K.S. Woo, T.M. Kim, D.J. Kim, J.T. Hong, and H.S. Jeong. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 38:331-336. (in Korean)
- Labuza, T.P. 1971. Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Crit. Rev. Food Technol.* 2:335-405.
- Lee, C.B. 1999. Illustrated flora of Korea. Hyangmoonsa. Seoul. (in Korean)
- Lee, S.H., I.G. Hwang, Y.R. Lee, E.M. Joung, H.S. Jeong, and H.B. Lee. 2009. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 38:490-495. (in Korean)
- Lee, S.O., H.J. Lee, M.H. Yu, H.G. Im., and I.S. Lee. 2005a. Total polyphenol contents and actioxidant activities of meta-nol extracts from vegetables produced in Ullung Island. *Kor. J. Food Sci. Thechnol.* 37:233-240. (in Korean)
- Lee, Y.A., H.Y. Kim, and E.J. Cho. 2005b. Comparaison of methanol extracts from vegetables on antioxidative effect under *In Vitro* and cell system. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 34:1151-1156. (in Korean)
- Li, H., Y.M. Choi, J.S. Lee, J.S. Park, K.S. Yeon and C.S. Han. 2007. Drying and antioxidant characteristics of the shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom in a conveyer-type far-infrared dryer. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 36:250-254.
- Liu, H., N. Qiu, H. Ding, and R. Yao. 2008. Polyphenols contents and antioxidant capacity of 68 Chinese harbals suitable for medical or food uses. *Food Res. Internat.* 41:363-370.
- Minotti, G. and S.D. Ausst. 1987. The requirement for iron(III) in the initiation of lipid peroxidation by iron (II) and hydrogen peroxide. *J. Biol. Chem.* 262:1098-1104.
- NFRI. 1990. Manuals of quality characteristic analysis for food quality evaluation (2). National Food Research Institute, Skuba.
- Park, K.B., G.H. Han, and B.Y. Kim. 2003. Utilization of the natural antioxidants for the anti-peroxidation of almond cracker. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 32:131-136. (in Korean)
- Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, and C. Rice-Evans. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med.* 26:1231-1237.
- Shin, J.H., S.J. Lee, J.K. Seo, E.W. Cheon, and N.J. Sung. 2008. Antioxidant activity of hot-water extract from Yuza (*Citrus junos* Sieb ex Tanaka) Peel. *J. Life Sci.* 18:1745-1751. (in Korean)
- Thomas, C., G.F. Vile, and C.C. Winterbourn. 1993. The hydrolysis product of ICRF-187 promotes iron-catalysed hydroxyl radical production via the Fenton reaction. *Biochem. Pharmacol.* 45:1967-1972.
- Turkmen, N., F. Sari, and Y.S. Velioglu. 2005. The effects of cooking methods total phenolic and antioxidant activity of

- selected green vegetables. Food Chem. 93:713-718.
- Velioglu, Y.S., G. Mazza, L. Cao, and B.D. Oomah. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. J. Agric. Food Chem. 46:4113-4117.
- Woo, K.S., I.G. Hwang, Y.H. Noh, and H.S. Jeong. 2007. Antioxidant activity of heated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts in Korea. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 36:689-695. (in Korean)
- Yen, G.C., P.D. Duhb, and H.L. Tsaia. 2002. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. Food Chem. 79:307-313.
- Yildiz, F. and D. Westhoff. 1981. Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. J. Food Sci. 46:962-963.
- Zhong, G., R.T. Roledo, and Z. Chen. 2003. Effects of heat treatment on flavonoids content and antioxidant capacity of buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaert) flour ethanolic extracts. Agri. Sci. China. 2:1035-1040. (in Chinese)

(접수일 2009.12.2; 수락일 2010.3.31)