

열처리 무 추출물의 이화학적 특성과 항산화 활성

이상훈 · 황인국 · 이연리 · 정은미 · 정현상 · 이희봉[†]

충북대학교 식품공학과

Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activity of Heated Radish (*Raphanus sativus* L.) Extracts

Sang Hoon Lee, In Guk Hwang, Youn Ri Lee, Eun Mi Joung,
Heon Sang Jeong, and Hee Bong Lee[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea

Abstract

This study investigated the changes of physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.). Raw radish was heated at various temperatures (110~150°C) for 2 hr. The heated radish was extracted with 70% ethanol and then fractionated with hexane, ethyl acetate, and aqueous. Total polyphenol contents, IC₅₀ value of electron donating ability (EDA), and total antioxidant activity (AEAC) increased with increasing heating temperature. The maximum total polyphenol content was 256.26±9.61 mg/100 g at 150°C (control: 27.90±1.28 mg/100 g), IC₅₀ value was 1.34±0.004 mg/mL at 150°C (control: 34.93±0.039 mg/mL), and AEAC was 53.10±1.155 mg AA eq/g at 150°C (control: 6.721±0.122 mg AA eq/g). The ethyl acetate fraction showed higher total polyphenol contents and stronger antioxidant activities than hexane and aqueous fractions. Total polyphenol content was 133.62 mg/100 g (at 140°C), IC₅₀ values of EDA and AEAC content were 0.39 mg/mL (at 150°C) and 183.72 mg AA eq/g (at 140°C), respectively.

Key words: radish (*Raphanus sativus* L.), heat treatment, physicochemical characteristics, antioxidant activity

서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 십자화과(Cruciferae)에 속하는 식물로 우리나라에서는 김치의 재료로 사용되고 있으며, 국내 생산 과채류 중 배추와 더불어 총 생산량의 60% 이상을 점하는 매우 중요한 채소류이다(1). 무의 이용에 관한 민간요법과 고전문헌에서는 내복근이라 하여 소화 촉진과 어패류 또는 면류의 중독해소에 효과가 있고, 종자는 내복자라 하여 기담, 혈담, 천식 및 늑간 신경통 등에 쓰이며, 이 외에도 이노작용, 정장작용, 진해·거담작용, 해열, 소염작용, 혈당저하, 니코틴 제거 작용, 담석증 치료 및 지혈작용 등과 같은 생리활성 효과들이 있는 것으로 알려져 있다(2). 무에는 flavonoid인 kaempferol이 함유되어 있다고 보고되고 있으며(3), 식이섬유와 항산화 vitamin, flavonoid계 색소, phenol계 및 방향족 amine 등 항산화 작용을 나타내는 물질이 다량 함유되어 있어 이들 생리활성성분에 대한 연구들이 진행되고 있다(4,5).

식품의 열처리 가공은 식품의 저장수명을 연장시키고 품질을 향상시키기 위하여 사용되어지고 있다. 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 활성물질의 손실 등의 문제점이 있지

만, 몇몇 과일류 및 채소류 등을 열처리할 경우 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다고 보고되어지고 있는데 탈지대두박에 대한 열처리는 페놀성 화합물의 추출을 촉진하며(6), 마늘을 열처리하면 착즙액의 항산화 활성이 증가되고(7), 감초를 열처리할 경우에도 항산화 활성이 증가한다고 보고하였다(8). 그 밖에도 인삼(9), 한국산 배(10), 마늘(11), 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박 등(12)의 여러 가지의 과일류 및 채소류의 열처리 시 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하여 항산화 활성이 증가한다고 보고하는 등 열처리 관련 연구들이 활발하게 진행되고 있다.

무의 추출물의 생리활성에 대한 연구로 Jung 등(13)이 무 에탄올 추출물에 대하여 미백, 숙취해소, 항균, 항산화 활성 등을 조사한 결과 항산화 식품과 기능성 화장품 등으로의 개발 가능성을 시사하고 있으며, Yim 등(14)은 인체 폐암 세포주(A-549)에 대한 무 에탄올 추출물의 세포독성에 대한 연구에서 항암활성을 확인하였고, Kang 등(15)은 콩나물, 미나리, 무의 용매분획 추출물들이 alcohol dehydrogenase의 활성에 대한 효과를 확인하는 등 추출물에 대한 연구가 주를 이루고 있을 뿐 무 자체를 열처리 하였을 경우 변화되는 생리활성에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

[†]Corresponding author. E-mail: leehb@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

따라서 본 연구에서는 열처리가 무의 이화학적 특성 및 항산화활성의 변화에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 온도별로 열처리한 무를 에탄올로 추출하고 그 추출물에 대한 특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 시료 무(*Raphanus sativus* L.)는 2007년 에 생산된 것으로 세척한 후 껍질을 벗기고 가식부위를 일정 크기(0.5×0.5×0.5 cm)로 절단하여 160 mL 용기에 100 g씩 담아 밀봉하여 열처리를 하였으며, 열처리 후 -20°C에 저장하면서 분석 시료로 사용하였다.

열처리 방법

열처리 장치는 10 kg/cm² 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안, 제작된 열처리장치(Jisco, Seoul, Korea)(8)를 사용하였으며, 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 열처리장치에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로써 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계하였다. 열처리온도와 시간은 선행연구(8-12)를 통하여 성분 및 항산화 활성 변화가 많이 발생하는 110, 120, 130, 140 및 150°C로 설정하였고, 열처리 시간은 2시간으로 설정하였다. 열처리하지 않은 시료를 대조군으로 하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

에탄올 추출 및 용매분획

온도별로 열처리된 무 100 g에 70% 에탄올 500 mL을 가하고 60°C 수욕상에서 2시간 동안 2회 환류추출한 후 감압여과 한 다음 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)를 이용하여 40°C에서 용매를 완전히 제거한 후 100 mL로 정용하여 에탄올 추출물을 제조하였으며, 에탄올 추출물 100 mL을 분획깔때기에 넣고 헥산(300 mL×3)과 에틸아세테이트(300 mL×3)를 순차적으로 가하여 용매 분획물을 얻었고 최종 남은 용액을 물 분획물로 하였다. 에탄올 추출물과 각각의 용매분획물은 질소농축 및 감압농축 한 다음 냉동 건조 하여 실험에 사용하였으며, 시료에 대한 백분율로 추출 수율을 계산하였다.

색도 및 갈변도

각각의 온도에서 열처리한 무 추출물의 색변화는 색차계(Minolta, CR-200, Tokyo, Japan)를 이용하여 명암도를 나타내는 L값(lightness), 적색도를 나타내는 a값(redness), 황색도를 나타내는 b값(yellowness)을 측정하였다. 갈변도는 열처리 무 추출물을 15배 희석한 후 spectrophotometer(Shimadzu, UV-1650 PC, Tokyo, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

유리당 함량

처리조건에 따른 유리당 함량은 Ryu 등(16)의 방법을 참조하여 분석하였다. 즉, 열처리된 무 에탄올 추출물을 0.45 μm syringe filter로 여과한 후 HPLC(Waters 2695, USA)로 분석하였다. 사용된 칼럼은 carbohydrate analysis column (4.6×150 mm, TSP, USA), 검출기는 RI detector(Waters 2414, USA), 이동상은 75% acetonitrile, 이동속도는 1.0 mL/min, 시료 주입량은 20 μL이었다. 표준물질은 fructose, glucose, sucrose 및 maltose(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

각각의 온도에서 열처리된 무 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(17)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 μL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 가하였다. 2% Na₂CO₃ 용액을 가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 garlic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 g 또는 mg 중의 mg garlic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성(IC₅₀)측정

각각의 온도에서 열처리된 무 추출물의 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(18)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 2×10⁻⁴ M DPPH(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 용액(99% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(Beckman Coulter, DU-650, Anaheim, CA, USA)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 ethanol만의 흡광도를 측정하여 보정해주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(%) 값을 50% 감소시키는 IC₅₀(Inhibition concentration)을 구하였다.

총 항산화력 측정

각각의 온도에서 열처리된 무 추출물의 총 항산화력은 ABTS^{•+} cation decolorization assay 방법(17)에 의하여 측정하였다. 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS^{•+} 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 물 흡광계수(ε = 3.6×10⁴ M⁻¹ cm⁻¹)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS^{•+} 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의

변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid를 동량 첨가하였다. 총 항산화력은 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{AEAC (mg AA eq)} = \frac{\Delta A}{\Delta A_{\text{Aaa}}} \times C_{\text{Aaa}}$$

AEAC: Ascorbic acid equivalent antioxidant capacity

ΔA : 추출물을 넣었을 때의 OD 변화

ΔA_{Aaa} : AA std. soln.이 추출물 대신 동량 들어갔을 때의 OD 변화

C_{Aaa} : AA std. soln.의 농도(mg/mL)

통계처리

통계분석은 SPSS Ver 12.0 package program을 이용하여 각 측정 군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

색도 및 갈변도

열처리 온도에 따른 무 에탄올 추출물의 색도 및 갈변도 변화는 Table 1과 같다. 색도 중 명도를 나타내는 L값은 열처리 온도가 증가함에 따라 대조구(무처리)의 98.65에서 계속 감소하여 150°C에서는 57.48로 낮아졌다. 적색도를 나타내는 a값은 낮은 열처리 온도에서는 큰 변화가 없었지만 (0.34~1.31) 140°C에서 9.22 그리고 150°C에서는 14.83으로 급격하게 증가하였다. 황색도를 나타내는 b값은 대조구와 110°C에서는 각각 1.54 및 3.96으로 큰 변화가 없었지만 120°C에서는 26.37로 급격하게 증가한 후 150°C까지는 유사한 값을 유지하였다. 갈변도의 변화는 110°C까지는 0.150 정도로 큰 변화가 없었지만 120°C 처리 이후부터 지속적으로 증가하여 150°C에서 1.436을 나타내었다. 전체적으로 열처리 온도에 따른 무 에탄올 추출물의 색은 낮은 온도에서는 옅은 갈색을 나타내다가 140°C 처리부터는 검은색을 나타내었다. Lee 등(19)은 열처리 온도와 시간에 따른 고려홍삼의 수용성 갈변물질에 대한 연구에서 색도의 경우 L값과 b값은

Table 1. Changes of browning index and color on the ethanol extracts of heated radish with different heating temperatures

	Browning index (at 420 nm)	Color		
		L-value	a-value	b-value
Raw material	0.118±0.005 ^{a1)}	98.65±0.41 ^a	2.39±0.03 ^a	1.54±0.02 ^a
110°C	0.150±0.002 ^a	97.61±0.16 ^b	1.25±0.02 ^b	3.96±0.02 ^b
120°C	0.468±0.004 ^b	90.55±0.10 ^c	0.34±0.03 ^c	26.37±0.09 ^c
130°C	0.705±0.014 ^c	81.73±0.32 ^d	1.31±0.02 ^b	28.55±0.08 ^d
140°C	1.022±0.046 ^d	64.58±0.15 ^e	9.22±0.04 ^d	29.67±0.05 ^e
150°C	1.436±0.009 ^e	57.48±0.11 ^f	14.83±0.10 ^e	25.99±0.02 ^f

¹⁾Different letters in the same items indicate a significant difference (p<0.05).

감소하고, a값은 다소 증가하는 경향을 보이며, 갈변도도 열처리 온도와 시간이 증가할수록 증가한다고 보고하였으며, Hong 등(20)의 연구에서도 고려인삼을 90 및 95°C에서 증숙 횟수를 달리하였을 경우에도 갈변도가 증가한다는 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

유리당 함량

열처리조건에 따른 무 에탄올 추출물의 유리당 함량을 분석한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 glucose 및 fructose 2개의 당이 검출되었다. Ryu 등(16)이 6가지 무 품종별 당 함량을 측정한 결과 sucrose, glucose 및 fructose가 검출되었다고 보고한 것과는 다소 차이가 있었으나, glucose가 fructose보다 많은 함량을 보인 결과는 유사하게 나타났으며, 이는 실험에 사용한 무의 품종 및 부위에 따른 차이로 생각된다. 본 연구에서 대조구의 glucose 함량은 0.434%이었으며, 열처리에 온도에 따른 glucose 함량 0.338~0.405% 범위로 열처리 온도가 증가함에 따라 약간의 감소를 보였다. 또한 대조구의 fructose 함량은 0.399%이었지만 열처리 온도가 증가함에 따라 0.179~0.360% 범위로 많은 감소를 보였다. 모든 열처리 온도에서 glucose와 fructose의 함량은 대조구보다는 감소하였으며, fructose 함량의 감소가 glucose보다 크게 나타났다. 이는 열처리 온도와 시간이 증가함에 따라 유리당 함량이 감소하며, glucose보다 fructose의 변화량이 크게 나타난다고 보고한 Hwang 등(10)의 연구결과와 일치하는 현상이었다. 열처리 시 유리당 함량의 감소는 glucose와 fructose가 Maillard 반응 및 caramelization 반응과 같은 비효소적 갈변반응에 관여하여 함량이 감소하는 것으로 생각되는데 glucose 및 fructose와 같은 carbonyl기를 가진 환원당류는 아미노화합물과 열처리에 의해 Maillard 반응기질로 작용하고(21), 고농도의 당 용액을 고온에서 가열할 때 일어나는 caramelization 반응기질로 작용하며, glucose보다 fructose가 반응성이 높은 것으로 알려져 있기 때문인 것으로 판단된다(22).

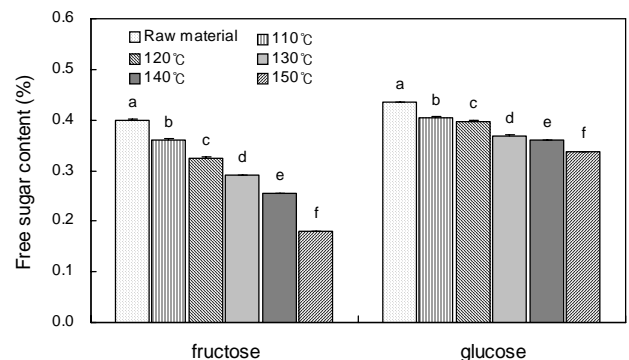


Fig. 1. Changes of fructose and glucose contents on the ethanol extracts of heated radish with different heating temperatures. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference (p<0.05).

추출수율 및 총 폴리페놀 함량

열처리 온도에 따른 무 에탄올 추출물과 용매분획물의 추출수율을 구한 결과는 Table 2와 같다. 에탄올 추출물의 추출수율은 대조구의 4.883%에서 열처리 온도가 증가함에 따라 130°C까지는 5.709%까지 증가하였으나 140 및 150°C에서는 각각 5.584와 5.186%까지 감소하였다. 용매분획물의 추출수율은 헥산과 물 추출물은 온도 증가에 따라 큰 변화가 없었지만 에틸아세테이트 분획물의 경우 무처리의 0.086%에서 온도가 증가함에 따라 계속 증가하여 150°C에서는 0.554%로 높은 추출율을 나타내었다.

무 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 열처리 온도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 대조구의 경우 27.90 mg/100 g이었지만 열처리 온도가 증가함에 따라 41.48~256.26 mg/100 g 범위로 증가하였다. Kwon 등(11)의 연구에 의하면 열처리 마늘의 총 폴리페놀 함량은 대조구에서는 252 mg/100 g이었지만 열처리조건에 따라 222~1,816 mg/100 g 범위로 약 7배 정도 증가하였다고 보고하였으며, 몇 가지 과채류에 대하여 열처리 시 열처리 온도가 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고한 연구(12)와 유사하게 나타났다. 총 폴리페놀성 화합물은 가열온도와 처리시간이 증가할수록 함께 증가하는 경향을 나타내어 항산화 활성도 증가하는 것으로 보고되어 있으며, 이는 결합형 페놀성분이 가열처리에 의해 유리형으로 전환되어 용출이 용이해지거

나 고분자 페놀화합물이 저분자 페놀화합물로 분해되어 총 페놀성 화합물의 함량이 증가하기 때문인 것으로 보고되어 지고 있다(23-26).

용매분획물의 경우 에탄올 추출물과 마찬가지로 열처리 온도가 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가하였으며, 에틸아세테이트 분획물에서 가장 높은 함량을 보였다(Fig. 2). 헥산과 물 분획물에서는 각각 7.73~34.42 mg/100 g과 7.18~28.89 mg/100 g의 범위로 나타났으며, 에틸아세테이트 분획물에서는 140°C까지는 41.61~133.62 mg/100 g의 범위로 증가하다가 150°C에서는 128.65 mg/100 g으로 약간 감소하였다. 총 폴리페놀 함량이 에틸아세테이트 분획물에서 높은 함량을 보인 것은 복분자 와인으로부터 저분자 페놀성 항산화 화합물을 단리 및 동정한 Kim 등(27)의 연구와 초석잠의 줄기(28) 및 호이초의 지상부(29)에 대한 항산화 효과 연구에서 에틸아세테이트 분획물에서 페놀성 화합물의 높은 함량을 보인 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 자유 라디칼을 이용하여 열처리 온도별 에탄올 추출물의 전자공여능(EDA %)의 IC₅₀값의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 대조구의 IC₅₀값은 34.93 mg/mL으로 낮은 항산화 활성을 보였지만 열처리 온도가 증가함에 따라 13.08 mg/mL에서 최저 1.34 mg/mL의 분포로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 전자공여능의 IC₅₀값 측정 결과 총 폴리페놀 함량이 높게 나타난 처리구에서 낮은 IC₅₀값을 보였으며, 이들의 상관관계 분석 결과(Table 3) 음의 상관관계($p < 0.01$)를 나타내었다.

용매분획물의 경우 열처리 온도가 증가할수록 IC₅₀값이 감소하였으며, 에틸아세테이트 분획물에서 가장 낮은 IC₅₀값을 보였다(Fig. 3). 헥산과 물 분획물에서는 각각 0.80~6.51 mg/mL과 2.05~24.67 mg/mL의 범위로 나타났으며, 에틸아세테이트 분획물에서 0.39~1.06 mg/mL의 범위로 열

Table 2. Yields of heated radish ethanol extracts and various solvent fractions with different heat temperatures

	Ethanol extract (%)	Solvent fraction (%)			Total
		Hexane	Ethyl acetate	Water	
Raw material	4.883	0.060	0.086	4.569	4.715
110°C	5.076	0.032	0.085	4.838	4.955
120°C	5.403	0.038	0.106	4.986	5.129
130°C	5.709	0.048	0.160	5.140	5.347
140°C	5.584	0.057	0.310	4.871	5.238
150°C	5.186	0.071	0.554	4.329	4.955

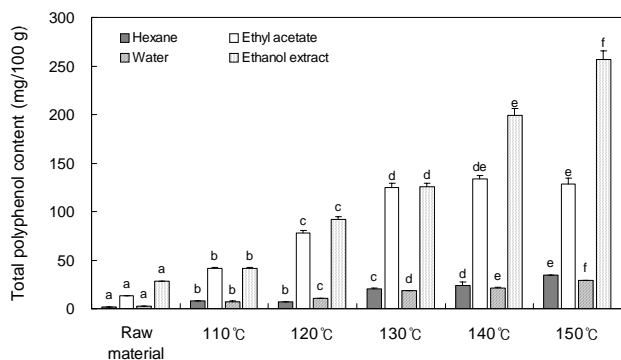


Fig. 2. Total polyphenol contents of heated radish ethanol extracts and various solvent fractions with different heat temperatures. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p < 0.05$).

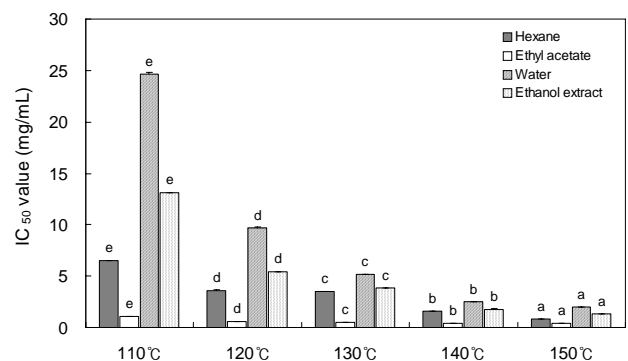


Fig. 3. IC₅₀ value of heated radish ethanol extracts and various solvent fractions with different heat temperatures. IC₅₀ value of raw materials; hexane, ethyl acetate and water are 10.50 ± 0.117 , 1.88 ± 0.003 and 109.30 ± 0.276 mg/mL, respectively. IC₅₀ value of positive controls; α -tocopherol and BHA (butylated hydroxyanisole) are 0.061 ± 0.001 and 0.038 ± 0.001 mg/mL, respectively. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p < 0.05$).

Table 3. Correlation coefficients among browning index, polyphenol content, IC₅₀ value and total antioxidant activity (AEAC) on the ethanol extracts of heated radish

Factor	Browning index	Polyphenol content	IC ₅₀ value	AEAC
Browning index	1.000	0.995**	-0.728**	0.967**
Polyphenol content	—	1.000	-0.738**	0.980**
IC ₅₀ value	—	—	1.000	-0.652**
AEAC	—	—	—	1.000

**p<0.01.

처리 온도가 증가할수록 감소하였다. 열처리 온도가 증가할수록 에탄올 추출물과 용매분획물의 항산화활성이 증가하였으나, 천연항산화제인 α -tocopherol(0.061±0.001 mg/mL)과 합성항산화제인 BHA(0.038±0.001 mg/mL)보다는 항산화활성이 낮게 나타났다. 총 폴리페놀 함량이 높은 처리구에서 항산화활성이 높게 나타난 것은 항산화 효과를 나타내는 대표적인 물질인 페놀성 화합물이 열처리 온도에 따라 증가하게 되고, 페놀성 화합물의 증가로 인하여 열처리한 무의 에탄올 추출물과 용매분획물의 항산화 효과가 증가되었을 것으로 생각된다(30). 또한 열처리 시 항산화활성을 가진 Maillard 반응의 부산물의 형성에 의해 항산화 효과가 증가되었을 것으로 생각된다(31-33).

총 항산화력

ABTS⁺ cation decolorization assay 방법에 의한 무 에탄올 추출물의 AEAC(ascorbic acid equivalent antioxidant capacity) 값의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 대조구와 110°C 처리구에서의 AEAC 값은 각각 6.72 mg AA eq/g 및 7.76 mg AA eq/g으로 유의적인 차이를 보이지 않았지만(p>0.05), 120°C 처리구부터는 열처리 온도가 증가함에 따라 14.27~53.10 mg AA eq/g 범위에서 유의적으로 증가하였다(p<0.05). 열처리 무 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량, IC₅₀ 값과 총 항산화력에 대한 상관분석 결과(Table 3) 총 폴리페놀 함량과는 양의 상관관계(p<0.01), IC₅₀값과는 음의 상관관계(p<0.01)를 나타내었다.

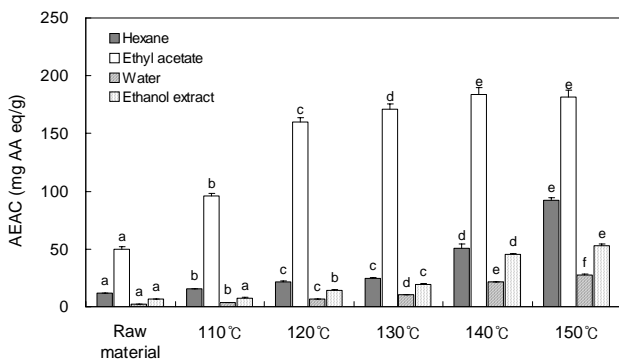


Fig. 4. Total antioxidant activities (AEAC) of heated radish ethanol extracts and various solvent extracts with different heat temperatures. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference (p<0.05).

용매분획물의 AEAC 값의 변화는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 동일한 처리구에서 에틸아세테이트 분획물이 가장 높았으며, 그 다음으로 헥산, 물 분획물 순이었다. 헥산 분획물의 AEAC 값은 대조구의 11.63 mg AA eq/g에서 열처리 온도가 증가함에 따라 15.34~91.89 mg AA eq/g 범위로 증가하였으며, 물 분획물은 대조구의 1.97 mg AA eq/g에서 열처리 온도에 따라 3.38~27.83 mg AA eq/g 범위로 증가하였으나, 가장 높은 AEAC 값을 보인 에틸아세테이트 분획물의 경우 대조구의 50.17 mg AA eq/g에서 열처리 온도의 증가에 따라 증가하여 150°C에서는 181.75 mg AA eq/g을 나타내었다. 열처리한 감초추출물의 항산화활성을 측정된 Woo 등(8)의 연구에 따르면 열처리 시 모든 처리구에서 대조구보다 AEAC 값이 증가하는 경향을 보였으며, 에탄올 추출물보다 에틸아세테이트 추출물의 AEAC 값이 높게 나타난 연구결과와 유사하게 나타났으며, 이는 총 항산화력에 영향을 미치는 성분들이 에틸아세테이트에 잘 용출되기 때문으로 생각된다.

요 약

열처리에 따른 무의 성분 및 항산화활성 변화를 살펴보기 위하여 무를 110, 120, 130, 140 및 150°C에서 2시간 열처리하고 70% 에탄올로 추출한 다음 용매분획을 실시하고 각각에 대한 색도, 갈변도, 유리당, 총 폴리페놀 및 항산화활성 변화를 살펴보았다. 열처리 무 에탄올 추출물의 색도는 열처리 온도가 증가함에 따라 L값은 감소하였으며, 황색도를 나타내는 b값은 증가하였다. 갈변도는 열처리 온도가 증가함에 따라 증가하였고, fructose와 glucose 모두 열처리온도가 증가함에 따라 감소하였다. 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 150°C 처리에서 256.26±9.61 mg/100 g으로 가장 높았으며(대조구: 27.90±1.28 mg/100 g), DPPH법에 의한 항산화활성의 IC₅₀값은 150°C에서 1.34±0.004 mg/mL로 가장 낮았고(대조구: 34.93±0.039 mg/mL), ABTS에 의한 총 항산화력의 AEAC 값도 150°C에서 53.10±1.155 mg AA eq/g으로 가장 높았다(대조구: 6.721±0.122 mg AA eq/g). 용매분획물의 각 처리온도구간에서 총 폴리페놀 함량은 140°C 에틸아세테이트 분획물에서 133.62±3.197 mg/100 g으로 가장 높았다. DPPH법에 의한 항산화활성의 IC₅₀값도 150°C 에틸아세테이트 분획물에서 0.39±0.001 mg/mL로 가장 낮았고 ABTS에 의한 총 항산화력의 AEAC 값은 140°C 에틸아세테이트 분획물에서 183.72±5.929 mg AA eq/g으로 가장 높았다.

감사의 글

이 논문은 2008년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

문헌

1. Park YK. 1995. Source and processing technology of vegetable juices and the trend of study. *Bull Food Technol* 8: 59-68.
2. Jung DH. 1998. *Biochemical activity of food*. Seonjinmunwhasa, Seoul. p 72-74.
3. Ryu BH. 1999. Antioxidative activity of flavonoids toward modification of human low density lipoprotein. *Korean J Food Nutr* 12: 320-327.
4. Son JY, Son HS, Cho WD. 1998. Antioxidant effect of onion skin extract. *Korean J Soc Food Sci* 14: 16-20.
5. Kang JA, Kang JS. 1997. Effect of garlic and onion on plasma and liver cholesterol and triacylglycerol and platelet aggregation in rats fed basal cholesterol supplemented diets. *Korean J Nutr* 30: 132-138.
6. Rim AR, Jung ES, Kim SY, Lee SC. 2005. Effect of far-infrared irradiation and heat treatment on the antioxidant activity of extracts from defatted soybean meal. *Korean J Soc Appl Biol Chem* 48: 400-403.
7. Lee YR, Lee YK, Hwang IK, Woo KS, Han CS, Jeong HS. 2008. Evaluation of heated processing temperature and time on functional properties of garlic juice. *J Food Sci Nutr* 13: 327-333.
8. Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. 2006. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts. *Korean J Food Sci Technol* 38: 355-360.
9. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
10. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nskai) juice with heat treatment condition. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
11. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
12. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
13. Jung MS, Lee GS, Chae HJ. 2004. *In vivo* biological activity assay of ethanol extract of radish. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 67-71.
14. Yim HB, Lee GS, Chae HJ. 2004. Cytotoxicity of ethanol extract of *Raphanus sativus* on a human lung cancer cell line. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 287-290.
15. Kang BK, Jung ST, Kim SJ. 2002. Effects of vegetable extracts by solvent separation on alcohol dehydrogenase activity from *Saccaromyces cerevisiae*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 244-248.
16. Ryu KD, Chung DH, Kim JK. 2000. Comparison of radish cultivars for physicochemical properties and *Kakdugi* preparation. *Korean J Food Sci Technol* 32: 681-690.
17. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
18. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
19. Lee JW, Lee SK, Do JH, Shim KH. 1998. Characteristics of the water soluble browning reaction of Korean red ginseng as affected by heating treatment. *J Ginseng Res* 22: 193-199.
20. Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. 2007. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C.A. Meyer during repeated steaming process. *J Ginseng Res* 31: 222-229.
21. Park CK, Jeon BS, Kim SC, Chang JK, Lee JT, Yang JW, Shim KH. 2003. Changes of chemical compositions in chicory roots by different roasting processes. *Korean J Med Crop Sci* 11: 179-185.
22. Lee GC, Ahn SC. 2001. Inhibition effects of caramelization products from sugar solutions subjected to different temperature on polyphenol oxidase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1041-1046.
23. Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee IS, Kwon JH, Lee GD. 2005. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Nutr* 34: 1572-1578.
24. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
25. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of *Shiitake* mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
26. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effects of cooking methods total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.
27. Kim SJ, Lee HJ, Park KH, Rhee CO, Lim IJ, Chung HJ, Moon JH. 2008. Isolation and identification of low molecular phenolic antioxidants from ethylacetate layer of Korean black raspberry wine. *Korean J Food Sci Technol* 40: 129-134.
28. Baek HS, Na YS, Ryu BH, Song SK. 2003. Antioxidant activities of *Stachys sieboldii* MIQ. stalks. *Korean J Biotechnol Bioeng* 18: 266-271.
29. Sohn HY, Ryo HY, Jang YJ, Jang HS, Park YM, Kim SY. 2008. Evaluation of antimicrobial, antithrombin, and antioxidant activity of aerial part of *Saxifraga stolonifera*. *Korean J Microbiol Biotechnol* 36: 195-200.
30. Myung JE, Hwang IK. 2008. Functional components and antioxidative activities of soybean extracts. *Korean Soybean Digest* 25: 23-29.
31. Kim SD, Do JH, Oh HI. 1981. Antioxidant activity of *Panax ginseng* browning products. *J Korean Agric Chem Soc* 24: 161-166.
32. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR. 2000. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Technol* 11: 340-346.
33. Nicoli MC, Anese M, Parpinel M. 1999. Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends Food Sci Technol* 10: 94-100.

(2009년 1월 30일 접수; 2009년 2월 27일 채택)