

한국산 참나무류 화분의 항산화 활성

박영기* · 김철우 · 김재희 · 김세현 · 한상익 · 최용수¹

국립산림과학원 산림유전자원부, ¹농촌진흥청 국립농업과학원

Antioxidant Activity of Pollens from *Quercus* spp. in Korea

Park Youngki*, Kim Chul-Woo, Kim Jae-Hee, Kim Sea Hyun, Han Sang-Urk
and Choi Yong Soo¹

Department of Forest Genetic Resources, Korea Forest Research Institute, Suwon 16631, Korea

¹National Institute of Agricultural Sciences, RDA, Wanju 55365, Korea

(Received 3 November 2015; Revised 10 November 2015; Accepted 10 November 2015)

Abstract

In this study, we have analyzed the antioxidant activity and compared species differences of antioxidant activity in pollens of four *Quercus* spp. in Korea. We used pollens of four species selected Korea, *Q. acutissima*, *Q. mongolica*, *Q. serrata*, and *Q. variabilis*. In this study, we also evaluated antioxidative capacity and reducing power of pollen extracts. The antioxidant activity was measured by the DPPH (1, 1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) method and the reducing power was determined according to the potassium ferricyanide method. The contents of total phenol and vitamin C of pollen extracts from *Quercus* spp. were also investigated. Among 4 species, the pollen extracts of *Q. acutissima* had the highest antioxidant activity ($EC_{50} = 166.13 \mu\text{g/ml}$).

Key words: Antioxidan activity, *Quercus* spp., Pollen, vitamin C content, Total phenolic content

서론

최근 들어, 항산화 화합물을 천연물에서 얻고자 하는 관심이 증가되고 있다. 이러한 결과로, 수목의 열매, 줄기, 잎, 뿌리 등 여러 부위에 대한 연구가 진행되고 있다(Wang *et al.*, 1999). 항산화 물질이 풍부한 자원은 퇴행성 질병들에 대한 건강증진 효과를 가진 것으로 알려져 있다(Youdin and Joseph, 2001). 살아있는 식물체내에 존재하는 항산화 물질은 페놀성 화합물이나 비타민류와 같은 식품성 항산화 물질과 superoxide dismutase나 glutathione peroxide와 같은 항산화 효소가

있다. 이러한 항산화 물질들은 산화적인 공격으로부터 생물체를 보호한다(Li *et al.*, 2005). 또한, 식물이 생산하는 이러한 항산화 화합물은 활성산소와 같은 화학종으로부터의 공격에 대해 방어하는 역할을 한다.

활성산소는 호흡등과 같은 생리작용에 의해 세포에서 생성된 배기가스로 끊임없이 생산되고 소멸하며 정상적인 상태에서는 3~5% 정도 존재하는 물질이다. 활성산소는 생리계 내에서 세균을 살균하는 생체방어 작용을 하는 장점도 있지만 일반적으로 생체 내에서 산화를 일으켜 질병의 원인이 되는 유해한 작용을 한다(Marnett, 2000). 생리적인 기능의 저하와 같은

*Corresponding author. E-mail: woodpark@korea.kr

Table 1. Sample treatment and extraction solvent condition of 4 *Quercus* spp. pollen

Species	Treatment	Extraction solvent	Sample name
<i>Q. acutissima</i>	Raw	50% EtoH	QAR 50
		100% EtoH	QAR 100
	Ground	50% EtoH	QAG 50
		100% EtoH	QAG 100
<i>Q. mongolica</i>	Raw	50% EtoH	QMR 50
		100% EtoH	QMR 100
	Ground	50% EtoH	QMG 50
		100% EtoH	QMG 100
<i>Q. serrata</i>	Raw	50% EtoH	QSR 50
		100% EtoH	QSR 100
	Ground	50% EtoH	QSG 50
		100% EtoH	QSG 100
<i>Q. variabilis</i>	Raw	50% EtoH	QVR 50
		100% EtoH	QVR 100
	Ground	50% EtoH	QVG 50
		100% EtoH	QVG 100

요인에 의해 항산화 보호 기작이 균형을 잃으면, 노화나, 암 혹은 동맥심장병과 같은 퇴행성 또는 병리적인 과정의 결과를 유발한다.

항산화제의 능력은 주로 자유라디칼에 대한 높은 반응성으로 자유라디칼의 활성을 중성화시키기 때문이다. 이러한 항산화제는 크게 superoxide dismutase 나 glutathione peroxide와 같은 항산화 효소와 페놀성 화합물(catechine, flavonols, anthocyanins 등) 그리고 비타민류(C, E, A) 등으로 나눌 수 있다(Fang *et al.*, 2002).

이러한 항산화제를 천연에서 얻으려는 여러 연구가 진행 중(Wang *et al.*, 1997)이며, 이 중에서 특히 화분의 항산화 활성에 대한 연구도 아울러 이루어지고 있다(홍 등, 2014). 화분은 여러 곳에서 이용되며 우수한 기능성 식품으로 혈관이나 소화계 노화 등 다양한 질병에 효과가 있다는 보고가 있으며 항균 및 면약증강 효과 등에 대한 연구도 진행되었다. 참나무 화분에 대한 연구는 일부 수행되기는 하였으나, 참나무 종별의 화분에 대한 연구는 아직 연구된 바가 없어 본 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 국내 자생 밀원자원의 우수성을 밝혀 이를 활용하고자 하였다. 국내에서 자생하는 대표적인 참나무류인 상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무에서 얻어진 화분에 대한 항산화 활성을 평가하였다. 항산화 활성과 관련된 기능성 성분인 총페놀

함량, 비타민C 함량을 비교하여 국내산 참나무류 화분의 기능성 이용에 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

국립산림과학원 산림유전자원부 어천시험림 참나무 품종보존원에서 채취한 상수리나무(*Quercus acutissima*), 신갈나무(*Q. mongolica*), 졸참나무(*Q. serrata*), 굴참나무(*Q. variabilis*)의 화분을 사용하였다.

추출 및 시료조제

동결 건조한 화분을 건조하여 하나는 분쇄하지 않고 사용하였으며, 다른 하나는 볼밀을 사용하여 5분간 분쇄하여 추출하였다. 미분쇄 시료와 분쇄시료를 실온에서 3일간 100% 에탄올(EtOH)과 50% 에탄올로 각각 추출한 다음 농축하여 조추출물을 조제하여 분석 실험에 사용하였다(Table 1).

DPPH radical 소거활성

항산화 활성 중의 하나인 DPPH에 의한 자유라디칼 소거능은 Park *et al.*(2006)의 방법에 의해 측정하였다.

즉, 메탄올에 녹인 시료 0.5ml를 100uM의 DPPH용액 3ml에 첨가하였다. 반응액을 완전히 섞은 후에 실온에서 10분간 반응시켰다. 남아있는 DPPH의 양을 측정하기 위해서 UV-vis spectrophotometer(852A Diode Array Spectrophotometer, Hewlett Packard)를 이용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화 활성인 자유라디칼 소거능은 다음의 식에 의해서 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Absorbance of sample at 513nm}}{\text{Absorbance of control at 513nm}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거활성

항산화 활성을 측정하는 다른 하나인 ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzo thiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt] 라디칼 소거능은 다음과 같은 방법에 의해 측정하였다. 즉, 7.4mM의 ABTS와 2.6mM potassium persulfate를 혼합하여 실온에서 24시간 동안 방치하였다. 라디칼이 형성되면 ABTS용액을 732nm에서 흡광도가 0.70가 되도록 phosphate-buffered saline(pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 농도별 추출물 50μL에 ABTS 용액 950μL를 첨가하여 암소에서 10분간 반응시킨 후 732nm에서 흡광도를 측정하였다. 소거능을 비교하기 위한 양성대조군은 ascorbic acid를 사용하였다.

환원력

환원력은 Oyaizu (1986)의 방법에 의해 측정하였다. 에탄올에 용해한 시료 2.5ml에 0.2M sodium phosphate buffer (pH 6.6) 2.5ml와 10% potassium ferricyanide 2.5ml를 첨가하였다. 혼합액을 50°C에서 20분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후에 10% trichloroacetic acid (w/v) 2.5ml를 첨가한 후 4000 rpm으로 10분간 원심분리를 하였다. 상등액 5ml에 증류수 5ml를 혼합한 후 1ml의 0.1% ferric chloride (1mg/mL)를 첨가하여 700nm에서 흡광도를 측정하였다. 반응액의 흡광도 증가하면 환원력이 증가함을 의미한다.

총 페놀 함량

총페놀 함량은 Cheung *et al.*(2003)의 방법에 의해 측

정하였다. 즉, 추출물 용액 1ml에 Folin and Ciocalteu's phenol reagent (1ml, Sigma)를 첨가하였다. 3분이 지난 후에 포화 Na₂CO₃ 1ml를 첨가하고 다시 증류수를 사용하여 혼합물의 총량이 10ml가 되게 하였다. 암실에서 90분간 반응시킨 후 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 검량선은 서로 다른 농도(0.01~0.1mM)의 gallic acid(Sigma)를 표준품으로 사용하여 구하였다.

비타민C 함량

비타민C 함량은 Jagot and Dani(1982)에 의해 연구된 방법을 사용하였다. 즉, 건조된 시료 0.5g을 증류수로 추출한 후, 여과하였다. 이중 0.2ml를 취하여 10%(w/v) trichloroacetic acid (TCA) 0.8ml를 4°C에서 첨가하였다. 5분간 3,000 rpm으로 원심분리한 후, 0.5ml 상등액에 증류수를 첨가하여 총량이 2ml가 되게 하였다. 그 후 10%(v/v) Folin phenol reagent 0.2ml를 혼합물에 첨가하여 10분간 반응시킨 후 760nm에서 흡광도를 측정하여 비타민C의 함량을 계산하였다. 검량선은 서로 다른 농도의 ascorbic acid(Sigma)를 표준품으로 사용하여 구하였다.

결과 및 고찰

화분 추출물의 항산화 활성

Table 2에서는 각각의 참나무류에서 채취한 화분 추출물의 항산화 활성을 나타낸 것이다. 항산화 활성은 자유라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 그리고 환원력을 측정하였다.

자유 라디칼은 산화에 의해 형성된 화학적 물질로서 항산화제는 이러한 자유라디칼을 소거하는 능력을 가지고 있다. DPPH는 517nm에서 흡광도를 보이는 보라색의 화합물로 항산화 활성의 측정에 사용된다 (Blois, 1958). 각 농도별, 추출용매별 그리고 처리조건별에 따른 4종의 참나무류 화분의 자유라디칼 소거능을 측정하여 항산화 활성을 비교하였다. 일반적으로 50% 에탄올 추출물의 활성보다는 100% 에탄올의 활성이 높았으며, 분쇄하여 추출한 것 보다는 분쇄하지

Table 2. Antioxidant activity of pollen extract with different concentration of 4 *Quercus* spp.

Pollen	Extract (%)	Concentration (ug/ml)	DPPH radical scavenging (%)	ABTS radical scavenging (%)	Reducing power (700nm Abs.)
<i>Q. acutissima</i>	Raw	1000	82.21 ± 8.79	96.28 ± 2.05	1.32 ± 0.13
		500	49.38 ± 19.14	77.52 ± 10.44	0.75 ± 0.06
		250	29.54 ± 4.86	53.08 ± 9.64	0.41 ± 0.10
		100	16.79 ± 5.00	40.6 ± 3.04	0.33 ± 0.15
	EtOH 100	1000	92.09 ± 4.24	95.66 ± 1.02	2.31 ± 0.14
		500	92.20 ± 3.52	97.19 ± 1.71	1.52 ± 0.13
		250	77.03 ± 12.29	85.09 ± 1.89	0.73 ± 0.08
		100	42.86 ± 13.02	49.96 ± 5.03	0.35 ± 0.08
	Ground	1000	58.68 ± 11.67	92.80 ± 3.18	1.23 ± 0.07
		500	25.45 ± 4.64	73.33 ± 4.93	0.71 ± 0.01
		250	19.65 ± 4.74	58.29 ± 7.27	0.45 ± 0.07
		100	13.66 ± 3.07	38.34 ± 1.8	0.23 ± 0.03
EtOH 50	1000	92.62 ± 2.73	96.1 ± 0.95	1.98 ± 0.15	
	500	82.82 ± 8.99	87.64 ± 9.91	1.29 ± 0.10	
	250	52.96 ± 10.30	68.37 ± 3.10	0.55 ± 0.01	
	100	27.16 ± 8.35	52.64 ± 13.72	0.28 ± 0.05	
<i>Q. mongolica</i>	Raw	1000	89.06 ± 5.45	97.26 ± 0.23	1.17 ± 0.05
		500	47.12 ± 14.55	89.58 ± 1.15	0.70 ± 0.06
		250	31.31 ± 8.81	58.08 ± 3.40	0.37 ± 0.06
		100	17.85 ± 6.82	25.92 ± 3.74	0.29 ± 0.12
	EtOH 100	1000	90.93 ± 1.74	97.38 ± 0.48	1.95 ± 0.20
		500	90.95 ± 4.56	98.22 ± 1.24	1.21 ± 0.24
		250	70.03 ± 17.83	74.97 ± 17.71	0.53 ± 0.04
		100	39.85 ± 21.13	64.36 ± 11.03	0.34 ± 0.07
	Ground	1000	63.81 ± 24.97	90.62 ± 12.3	0.92 ± 0.06
		500	36.59 ± 19.01	69.41 ± 17.98	0.54 ± 0.05
		250	20.28 ± 4.23	49.18 ± 9.38	0.30 ± 0.02
		100	16.08 ± 4.93	24.06 ± 6.17	0.19 ± 0.03
EtOH 50	1000	93.4 ± 2.03	97.45 ± 0.49	2.24 ± 0.18	
	500	92.29 ± 4.15	97.74 ± 1.40	1.48 ± 0.19	
	250	77.78 ± 2.21	75.04 ± 6.61	0.65 ± 0.03	
	100	45.71 ± 6.70	42.03 ± 5.10	0.34 ± 0.05	
<i>Q. serrata</i>	Raw	1000	83.64 ± 8.54	99.38 ± 0.29	1.54 ± 0.04
		500	47.27 ± 18.04	86.19 ± 2.14	0.86 ± 0.01
		250	24.20 ± 9.42	47.30 ± 8.83	0.43 ± 0.01
		100	19.65 ± 12.64	31.91 ± 1.26	0.3 ± 0.13
	EtOH 100	1000	89.19 ± 2.38	99.32 ± 0.45	2.24 ± 0.22
		500	90.01 ± 2.54	98.95 ± 1.09	1.66 ± 0.58
		250	74.64 ± 9.48	82.31 ± 14.98	0.90 ± 0.37
		100	34.51 ± 18.20	64.38 ± 15.61	0.51 ± 0.15
	Ground	1000	90.5 ± 4.08	98.71 ± 1.29	1.3 ± 0.02
		500	58.58 ± 13.51	92.47 ± 10.32	0.77 ± 0.01
		250	29.07 ± 9.74	68.29 ± 12.14	0.41 ± 0.06
		100	18.92 ± 8.08	43.12 ± 3.71	0.22 ± 0.06
EtOH 50	1000	91.49 ± 40	99.51 ± 0.18	2.22 ± 0.20	
	500	87.4 ± 5.57	99.51 ± 0.23	1.27 ± 0.30	
	250	53.69 ± 13.44	71.19 ± 2.15	0.62 ± 0.08	
	100	21.35 ± 3.04	44.34 ± 3.81	0.35 ± 0.06	

Table 2. Continued

Pollen	Extract (%)	Concentration (ug/ml)	DPPH radical scavenging (%)	ABTS radical scavenging (%)	Reducing power (700nm Abs.)	
<i>Q. variabilis</i>	Raw	1000	68.97 ± 14.97	94.48 ± 2.48	1.21 ± 0.07	
		EtOH 50	500	39.31 ± 15.92	76.57 ± 3.03	0.7 ± 0.08
			250	19.87 ± 5.59	42.19 ± 1.05	0.35 ± 0.03
			100	11.28 ± 5.49	46.14 ± 2.04	0.25 ± 0.11
		EtOH 100	1000	94.28 ± 1.38	97.77 ± 1.15	1.95 ± 0.27
			500	79.87 ± 9.25	92.22 ± 5.29	1.08 ± 0.19
	250		42.95 ± 4.97	62.22 ± 9.5	0.43 ± 0.04	
	Ground	1000	64.03 ± 17.86	98.73 ± 0.02	1.61 ± 0.45	
		EtOH 50	500	30.58 ± 15.59	87.53 ± 1.02	0.91 ± 0.28
			250	19.43 ± 10.72	66.65 ± 1.29	0.48 ± 0.13
			100	11.9 ± 10.60	31.06 ± 8.81	0.25 ± 0.09
		EtOH 100	1000	94.79 ± 1.81	97.77 ± 1.21	1.79 ± 0.43
500			65.57 ± 13.70	88.85 ± 7.95	1.03 ± 0.28	
250	46.38 ± 14.77		57.39 ± 16.41	0.48 ± 0.14		
		100	13.93 ± 7.57	48.31 ± 22.8	0.27 ± 0.02	

Table 3. EC₅₀ values of pollen extract of 4 *Quercus* spp.

Pollen	Extract (%)	Ic ₅₀ (ug/ml)		
		DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging	
<i>Q. acutissima</i>	Raw	EtOH 50	539.29	238.89
		EtOH 100	166.13	128.12
	Ground	EtOH 50	1,110.83	184.56
		EtOH 100	258.46	184.68
<i>Q. mongolica</i>	Raw	EtOH 50	509.41	240.96
		EtOH 100	189.93	95.50
	Ground	EtOH 50	995.02	341.86
		EtOH 100	172.75	178.5
<i>Q. serrata</i>	Raw	EtOH 50	548.03	237.89
		EtOH 100	189.35	85.88
	Ground	EtOH 50	471.4	168.42
		EtOH 100	257.87	168.19
<i>Q. variabilis</i>	Raw	EtOH 50	887.52	214.59
		EtOH 100	337.78	202.83
	Ground	EtOH 50	1004.00	145.73
		EtOH 100	399.77	179.48

않은 시료의 추출물 항산화 활성이 더 높은 경향을 나타내었다. 즉, 상수리나무 화분 추출물의 자유라디칼 소거능의 경우 미분쇄 50% 에탄올 추출물 500ug/ml의 항산화 활성은 49.38%인 반면, 100% 에탄올 추출물은 92.20%으로 우수하였다. 신갈나무는 47.12%와 90.95%였고, 졸참나무 화분의 경우는 47.27%와 90.01%였고, 갈참나무 화분의 자유라디칼 소거능은 39.31%와 79.87%로 4수종 모두 비슷한 경향을 보였

다.

ABTS 라디칼 소거능 활성은 AAPH 혹은 과황화칼륨과 같은 산화유도체에 의해서 ABTS 라디칼 양이온이 형성되어 청록색을 띠며, 항산화 물질의 첨가에 의해 라디칼이 소거되면서 탈색되는 정도를 나타내는 것이다. 이러한 방법은 지용성과 수용성 물질의 총 항산화력을 측정하는데 많이 사용된다(서 등, 2012). ABTS 라디칼 소거능 활성역시 자유라디칼 소거능활

Table 4. Total phenolic content and vitamin C content of pollen extract of four *Quercus* spp.

Pollen		Extract (%)	Total phenolic content (ug/mg)	Vitamin C (mg/g)
<i>Q. acutissima</i>	Raw	EtOH 50	81.51 ± 15.05	34.99 ± 8.03
		EtOH 100	90.95 ± 9.49	3.68 ± 0.59
	Ground	EtOH 50	88.40 ± 9.76	28.34 ± 4.09
		EtOH 100	81.60 ± 3.00	4.02 ± 0.54
<i>Q. mongolica</i>	Raw	EtOH 50	91.77 ± 29.37	16.38 ± 2.98
		EtOH 100	86.96 ± 3.04	3.46 ± 0.41
	Ground	EtOH 50	86.80 ± 20.20	17.63 ± 3.50
		EtOH 100	90.21 ± 7.36	2.32 ± 0.20
<i>Q. serrata</i>	Raw	EtOH 50	89.12 ± 5.92	14.08 ± 2.48
		EtOH 100	125.10 ± 19.28	3.07 ± 0.47
	Ground	EtOH 50	80.92 ± 4.44	18.13 ± 3.49
		EtOH 100	96.76 ± 4.87	4.41 ± 0.93
<i>Q. variabilis</i>	Raw	EtOH 50%	75.00 ± 2.97	16.98 ± 9.04
		EtOH 100	81.56 ± 4.92	3.22 ± 0.39
	Ground	EtOH 50	68.48 ± 7.46	21.89 ± 4.77
		EtOH 100	88.68 ± 16.29	6.75 ± 3.94

성과 비슷한 경향을 보였다. 측정결과, 1,000ug/ml의 농도에서는 모두 90% 이상으로 모두 우수한 결과를 보였으며 100ug/ml 농도의 경우, 상수리나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물의 활성이 64.38%로 가장 우수하였다.

환원력은 항산화 활성과 밀접한 관련이 있는 것으로 알려져 있다(Siddhuraju *et al.*, 2002). 그러므로 환원력은 항산화 활성에 대한 중요한 인자로 작용한다(Meir *et al.*, 1995). 본 연구에서는 4 수종 참나무류 화분의 용매처리별 농도별에 따른 추출물의 환원력을 potassium ferricyanide 법을 사용하여 측정하였다(Table 2). 환원력의 측정결과 상수리나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물 1,000ug/ml의 환원력이 2.31로 다른 것보다 우수함을 알 수 있었다.

Table 3에서는 4수종 참나무 화분의 용매별 처리별에 따른 자유라디칼 소거능 활성과 ATBS 라디칼 소거능 활성이 50%되는 농도인 EC₅₀ 값을 계산하였다. 결과에서 보는 바와 같이, 자유라디칼 소거능 활성의 경우 상수리나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물이 166.13ug/ml로 가장 낮아 활성이 가장 우수하였고, 그 다음은 신갈나무 분쇄 100% 에탄올(166.13ug/ml) 순이었다.

화분 추출물의 총페놀 함량과 비타민C 함량

페놀성 화합물의 주요한 역할은 자유 라디칼을 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되었다(Moller *et al.*, 1999; Madsen *et al.*, 1996). 따라서 이러한 페놀성 화합물인 플라보노이드나 페놀산 그리고 안토시아닌 등의 총량인 총페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거능으로 나타내는 항산화 활성에서는 중요한 인자로 작용한다. 일반적으로 항산화 활성이 증가함에 따라 총페놀 함량도 증가한다. 또한, 비타민C(아스코르브산)는 대표적인 수용성 비타민으로 식품에 함유되어 있는 다른 영양소와 비교하여 대표성을 나타내므로 영양의 지표로도 종종 사용된다. 비타민C는 또한 강력한 항산화제이며 이것은 또한 생존을 위해서도 필요한 성분이다(Padayatty *et al.*, 2003).

Table 4에서는 한국산 참나무류 4종의 화분에 대한 총페놀 함량과 비타민C 함량을 나타내었다. 참나무류 화분의 조건별 추출물의 총페놀 함량은 64.48ug/mg에서 125.10ug/mg 범위에 있었다. 이 중에서 졸참나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물(QSR-100)의 총페놀 함량이 125.10ug/mg로 가장 높았다. 이러한 결과는 참나무 화분의 총페놀 함량에 관한 다른 연구와 비교하여 상대적으로 높은 값(32.5ug/mg)을 나타내었

다(김 등, 2005).

참나무류 화분의 조건별 추출물의 비타민C의 함량은 2.32mg/g에서 34.99mg/g 범위에 있었다. 본 결과에 의하면 50% 에탄올 추출물의 비타민C 함량이 100% 에탄올 추출물보다 월등하게 우수하였다. 이는 비타민C가 100% 에탄올보다는 50% 에탄올에서 더 많이 추출되기 때문이다. 한편, 분쇄와 미분쇄간에는 비타민C 함량에는 거의 차이가 없었다. 연구 결과, 참나무류 화분 중에서는 상수리나무 화분의 비타민C 함량(34.99mg/g)이 가장 높았다.

적 요

국내산 참나무류(상수리나무, 신갈나무, 졸참나무, 굴참나무) 화분의 기능성을 탐색하기 위해서 항산화 활성(자유라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능, 환원력)을 측정하였다. 아울러 항산화 작용을 가지고 있는 기능성 성분인 총페놀 함량, 비타민C 함량 역시 측정하였다. 각 농도별, 추출용매별 그리고 처리조건별에 따른 4종의 참나무류 화분의 자유라디칼 소거능을 측정한 결과, 일반적으로 50% 에탄올 추출물의 활성보다는 100% 에탄올의 활성이 높았으며, 분쇄하여 추출한 것 보다는 분쇄하지 않은 시료의 추출물 항산화 활성이 더 높은 경향을 나타내었다. 즉, 상수리나무 화분 추출물의 자유라디칼 소거능의 경우 미분쇄 50% 에탄올 추출물 500ug/ml의 항산화 활성은 49.38%인 반면, 100% 에탄올 추출물은 92.20%으로 우수하였다.

환원력의 측정결과 상수리나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물 1,000ug/ml의 환원력이 2.31로 다른 것보다 우수함을 알 수 있었다. 참나무류 화분의 용매별 처리별에 따른 자유라디칼 소거능 활성과 ATBS 라디칼 소거능 활성이 50%되는 농도인 EC₅₀ 값을 계산한 결과, 자유라디칼 소거능 활성의 경우 상수리나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물이 166.13ug/ml로 가장 낮아 활성이 가장 우수하였다. 졸참나무 미분쇄 100% 에탄올 추출물(QSR-100)의 총페놀 함량이 125.10ug/mg로 가장 높았으며, 비타민C의 함량은 상수리나무 화분

의 비타민C 함량이 34.99mg/g로 가장 높았다.

인 용 문 헌

- 김석중, 윤광섭, 박희성. 2005. 송화분, 참나무 및 백합화분 추출물의 항산화 효능. 한국식품과학회지 37: 833-837.
- 서지은, 김건희. 2012. 민들레 추출물의 항산화 활성 및 H₂O₂로 산화적 스트레스를 유도한 조골세포의 활성과 분해에 미치는 영향. 한국식품조리과학회지 28: 311-318.
- 홍인표, 우순옥, 한상미, 여주홍, 조미란, 주완택, 심하식, 최용수, 김혜경, 이명렬, 이만영. 2014. 도토리화분과 다래화분의 형태 및 항산화 활성. 한국양봉학회지 29: 137-142.
- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radicals. Nature. 181: 1199-1200.
- Cheung, L. M., P. C. K. Cheung and V. E. C. Ooi. 2003. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. Food Chem. 81: 249-255.
- Fang, Y. Z., S. Yang and G. Wu. 2002. Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition. 18: 872-879.
- Jagota, S. K. and H. M. Dani. 1982. A new colorimetric technique for the estimation of vitamin C using Folin phenol reagent. Analytical Biochemistry. 127: 178-182.
- Li, J. S. D. and X. Ding. 2005. Comparison of antioxidant capacities of extracts from five cultivars of Chinese jujube. Process Biochemistry. 40: 3607-3613.
- Madsen, H. L., B. R. Nielsen, G. Bertelsen and L. H. Skibsted. 1996. Screen of antioxidative activity of spices. A comparison between assays based on ESR spin trapping and electrochemical measurement of oxygen consumption. Food Chem. 57: 331-337.
- Marnett, L. 2000. Oxiradicals and DNA damage. Carcinogenesis. 21: 361-370.
- Moller, J. K. S., H. L. Madsen, T. Altonen and L. H. Skibsted. 1996. Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water extractable antioxidants. Food Chem. 64: 215-219.
- Oyaizu, M. 1986. Studies on products of browning reaction: antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. of Nutr. 44: 307-315.
- Padayatty, S. J., A. Katz, Y. Wang, P. Eck, O. Kwon, J. H. Lee, S. Chen, C. Corpe, A. Dutta, S. K. Dutta and M. Levine. 2003. Vitamin C as an antioxidant: evaluation of its role in disease prevention. J. Am. College Nutr. 22: 18-35.
- Park, Y. K., H. J. Lee, W. Y. Lee, J. K. Ahn and B. H. Hwang. 2006. Study on the relationship between the structure and antioxidant activities of chalcones. J. Korean Wood Sci. Technol. 34: 88-94.
- Shiddhuraju, P., P. S. Mohan and K. Becker. 2002. Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula*

L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chem.* 79: 61-67.

Wang, H., G. H. Cao and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3362-3367.

Wang, H., M. G. Nair, G. M. Strasburg, Y. C. Chang, A. M.

Booren and J. I. Gray. 1999. Antioxidant and anti-inflammatory activities of anthocyanidins and their aglycon, cyanidin from tart cherries. *J. Nat. Prod.* 62: 294-296.

Youdin, K. A. and J. A. Joseph. 2001. A possible emerging role of phytochemicals in improving age-related neurological dysfunctions: a multiplicity of effects. *Free Radical Biology and Medicine.* 30: 583-594.