

연구노트

볶음 공정이 결명자의 항산화 활성에 미치는 영향

이명혜 · 조진호 · 김범근*
한국식품연구원

Effect of Roasting Conditions on the Antioxidant Activities of *Cassia tora* L.

Myung-Hye Lee, Jin-Ho Cho, and Bum-Keun Kim*
Korea Food Research Institute

Abstract The effects of roasting temperature and time on the antioxidant activities of *Cassia tora* L. were investigated. In comparison with raw seeds (7.15 mg TAE/g), roasted seeds contained a significantly higher total polyphenol content ($p<0.05$). However, seeds roasted at a higher temperature (250°C) for 10 min showed a significantly lower total polyphenol content (2.30 mg TAE/g; $p<0.05$). The electron donating abilities of *Cassia tora* L. seeds increased with an increase in roasting time; further, seeds roasted for 5 min at lower temperatures showed higher electron donating abilities (80.61% at 175°C; 80.75% at 200°C) than did seeds roasted for 5 min at higher temperatures (76.26% at 225°C; 77.35% at 250°C). Seeds roasted at lower temperatures showed adequate L values, regardless of roasting time; by contrast, seeds roasted for 10 min at higher temperatures, showed markedly lower L values. Our results indicate that roasting temperature and time must be controlled to produce high-quality *Cassia tora* L. products.

Keywords: *Cassia tora* L., roasting condition, total polyphenol, electron donating ability, L value

서론

식품 가공에 있어서 볶음공정은 식물체의 세포벽 분해와 세포 내부의 공간 증대, 세포의 구성성분인 polysaccharides, protein, lipid 간의 결합 네트워크를 붕괴시키고 polyphenolics와 갈변반응 물질 간의 상호작용을 촉진시켜 식품의 화학적 성분을 조정하며, 생리활성 성분 및 수용성 고형분의 추출을 용이하게 해준다(1). 또한, 고유한 향미와 색 등 관능적 품질요소에 영향을 미치는 것으로 보고되고 있어(2), 식품에 적용하기 위하여 유용성분의 활성 또는 추출을 극대화할 수 있는 최적화 연구가 요구된다. 볶음 처리에 있어 제품의 품질을 결정하는 요인은 볶음온도와 볶음시간이며, 이들의 제품에 미치는 영향을 규명하는 것이 새로운 소재의 제품 적용에 중요하다(3). 이러한 볶음공정과 관련하여 Yoon과 Kim(4)은 보리의 볶음 조건이 보리차의 점도 및 맛과 냄새 등 관능적 특성에 미치는 영향을 연구하였으며, Ayatse 등(5)은 옥수수의 볶음 공정 중 일반성분, 무기질, 아미노산 함량 변화에 대하여 연구한 바 있다. 또한 Yoon 등(6)은 들깨잎차의 품질 극대화를 위하여 최적 볶음 조건을 도출한 바 있다.

결명자(*Cassia semen*)는 콩과(Leguminosae)에 속하는 1년생 초본식물인 결명(*Cassia tora* L.) 또는 초결명(*Cassia obtusifolia* L.)의 성숙한 종자를 말한다. 현재 시중에 유통되고 있는 결명자는 대부분 *Cassia tora*의 씨로서, 우리나라에서는 예로부터 약재로서

뿐만 아니라 차의 형태로 흔히 이용되어 왔다(7).

결명자의 생리활성 연구결과를 살펴보면 향균(8), 살충(9), 돌연변이 억제(10), 항알레르기(11), 치주질환 원인균 억제(12)를 비롯하여 항산화(8,13), 간 보호(14), 혈압강하(15), 혈중 지질저하 효과(16), 혈당강하(17) 등의 다양한 효능들이 있는 것으로 밝혀져 있다. 이러한 생리활성과 관련된 결명자의 주성분으로는 emodin, rhein, obtusifolin, obtusin, chrysophanol, physcion 등의 anthraquinone과 naphthopyren 배당체류 등이 보고되어 있다(18).

결명자차의 경우 볶음온도의 영향으로 결명자의 수분, 환원당, 지질함량을 감소시키는 반면, 단백질, 가용성 무질소물, 회분함량 및 부피를 증가시키고(19) anthraquinone류의 경우 볶음온도가 높아지고 볶음시간이 길어짐에 따라 점차 증가하다가 일정 온도와 시간에서 급격히 감소한다고 보고된 바 있다(20). 그러나 볶음 공정에 따른 결명자의 항산화효능에 대한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 한방에서의 약재로 사용될 뿐만 아니라 침출차로서 널리 응용되고 있는 결명자의 가공 조건 설정을 위한 기초자료를 얻고자 볶음 온도 및 시간에 따른 항산화 활성 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 결명자는 2012년 경상북도 고령에서 생산된 것을 구입하였으며, 4°C에서 보관하면서 실험을 수행하였다.

시료의 볶음

시료 각 20 g씩을 채취하여 차망에 넣고 3차원 회전 뒤틀림방식과 간접 열풍방식을 이용한 볶음기(Gene Café CBR-101A, Genesis Co., Ltd., Gunpo, Korea)로 온도(175, 200, 225 및 250°C)

*Corresponding author: Bum-Keun Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea
Tel: 82-31-780-9335
Fax: 82-31-780-9333
E-mail: bkkim@kfri.re.kr
Received July 2, 2013; revised July 22, 2013;
accepted July 22, 2013

및 시간(5 및 10 min)별로 볶음처리를 하였다. 볶음이 완료되면 즉시 시료를 볶음기에서 꺼내어 송풍기로 실온까지 냉각시킨 다음 polyethylene bag으로 밀봉포장하여 4°C에서 냉장 보관하면서 분석에 사용하였다.

분쇄 및 추출

볶음처리된 결명자를 분쇄기로 분쇄하고 체질(40 mesh)하여 분말시료를 제조하였다. 추출은 분말시료와 증류수를 일정비(1 g: 100 mL)로 혼합하여 70°C에서 3시간 추출한 후 0.45 µm syringe filter로 여과하고 4°C에서 냉장 보관하며 총 페놀함량 및 전자공여능 측정용 시료로 이용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 법(21)에 의하여 측정하였다. 추출하여 얻은 시료 0.2 mL를 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 mL로 만든 후, 여기에 0.2 mL Folin-ciocalteus phenol reagent를 첨가하여 잘 혼합한 후 3분간 실온에 방치하였다. 3분 후 Na₂CO₃ 포화 용액 0.4 mL를 가하여 혼합하고 증류수를 첨가하여 4 mL로 만든 후 실온에서 1시간 방치하여 상등액을 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 tannic acid를 이용한 표준곡선으로부터 mg% tannic acid 당량으로 환산하여 나타내었다.

전자공여능(Electron Donating Abilities; EDA) 측정

전자공여능은 Blois(22)의 방법을 이용하여 각각의 추출물에 대한 α,α-diphenyl-picryl hydrazyl (MW 394.3, DPPH)의 전자 공여 효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 추출하여 얻은 시료 1 mL에 4×10⁻⁴ M DPPH 용액(99.9% EtOH에 용해) 1 mL를 가하여 총액의 부피가 2 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 30분 방치한 후 분광광도계(V-570, Jasco Inc., Easton, MD, USA)를 사용하여 535 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자 공여 효과는 추출물의 첨가 전, 후의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{Electron Donating Ability (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

A: 추출물 첨가구의 흡광도

B: 추출물 무첨가구의 흡광도

색도 측정

색도는 색차계(CM-3500d, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L, a 및 b 값을 측정하여 비교하였다.

통계분석

본 실험에서 얻어진 결과에 대해 분산분석을 실시하였고 시료 간의 유의적 차이를 검증하기 위하여 Duncan's multiple range test를 실시하였다($p < 0.05$). 통계분석에는 Window용 SAS 8.0(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

결명자의 볶음 온도 및 볶음 시간에 따른 총 폴리페놀 함량을 Table 1에 나타내었다. 볶음처리를 하지 않은 결명자의 경우 약 7.15 mg TAE/g의 총폴리페놀 함량을 나타낸 반면, 5분 동안 볶음처리하였을 때 175°C는 10.95 mg TAE/g, 200°C는 11.45 mg TAE/g, 225°C는 12.03 mg TAE/g, 250°C는 11.56 mg TAE/g로 증가하는 것을 알 수 있다 ($p < 0.05$). 10분 처리군 역시 175°C는 11.34 mg TAE/g, 200°C는 12.69 mg TAE/g, 225°C는 13.01 mg TAE/g로 온도에 따라 편차는 있으나 증가하는 추세를 보이고 있다. 이와 같은 결과는 볶음 공정에 따른 가열처리에 의해 결명자 내부조직의 파괴로 인하여 페놀성 화합물이 쉽게 추출되어 함량이 증가하는 것으로 판단된다. 이와 관련하여 치커리(23), 울무(3), 민들레(24), 감국(25) 등에 있어서 볶음온도가 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고된 바 있다. 반면 250°C에서 10분 동안 볶음처리를 한 경우 총 폴리페놀 함량이 크게 감소(2.30 mg TAE/g)하는 것을 볼 수 있는데($p < 0.05$), 이는 고온에서 지속적으로 볶음처리를 할 경우 페놀성 화합물들의 골격이 파괴되어 그 함량이 감소하는 것으로 추측되나, 이와 관련하여 추가적으로 연구가 필요할 것으로 판단된다. 한편 결명자를 고온 장시간 볶았을 경우 약리 성분인 anthraquinone 함량이 감소하였으며(20), 들깻잎을 장시간 고온에서 볶음처리할 경우 caffeic acid 및 rosmarinic acid의 함량이 감소하였다고 보고된 바 있다(6).

Table 1. Changes in total polyphenol contents of *Cassia tora* L. extracts with roasting temperature and time

Roasting time (min)	Total polyphenol contents (mg TAE/g)			
	175°C	200°C	225°C	250°C
0	7.15±0.89 ^a	7.15±0.89 ^a	7.15±0.89 ^a	7.15±0.89 ^b
5	10.95±0.36 ^b	11.45±0.39 ^b	12.03±0.31 ^b	11.56±0.46 ^c
10	11.34±0.05 ^b	12.69±0.80 ^{bc}	13.01±0.21 ^{bc}	2.30±0.47 ^a

^{a-c}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Table 2. Changes in electron donating abilities of *Cassia tora* L. extracts with roasting temperature and time

Roasting time (min)	Electron donating ability (%)			
	175°C	200°C	225°C	250°C
0	67.73±2.44 ^a	67.73±2.44 ^a	67.73±2.44 ^a	67.73±2.44 ^a
5	74.17±0.96 ^b	80.67±1.50 ^b	77.74±0.86 ^{bc}	75.63±0.78 ^b
10	80.61±1.10 ^c	80.75±1.22 ^b	76.26±0.30 ^b	77.35±0.10 ^b

^{a-c}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

Table 3. Changes in color value of *Cassia tora* L. seeds with roasting temperature and time

Roasting time (min)	Color value					
	175°C			200°C		
	L	a	b	L	a	b
0	18.20±1.00 ^a	16.10±4.57 ^b	30.83±1.36 ^b	18.20±1.00 ^a	16.10±4.57 ^b	30.83±1.36 ^a
5	22.16±2.06 ^b	7.98±0.16 ^a	25.61±0.26 ^a	24.11±2.75 ^b	8.21±2.33 ^a	33.32±1.85 ^b
10	26.11±1.80 ^c	6.41±1.05 ^a	31.57±3.48 ^b	18.00±0.67 ^a	14.93±1.12 ^b	30.50±1.01 ^a
	225°C			250°C		
	L	a	b	L	a	b
	0	18.20±1.00 ^b	16.10±4.57 ^c	30.83±1.36 ^b	18.20±1.00 ^b	16.10±4.57 ^c
5	24.56±0.94 ^b	7.00±0.22 ^b	29.17±0.52 ^b	21.12±1.37 ^b	9.24±1.15 ^b	32.97±0.71 ^b
10	0.09±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.09±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

^{a-c}Means in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

전자공여능

결명자의 볶음 온도 및 볶음 시간에 따른 전자공여능 값을 Table 2에 나타내었다. 볶음처리를 하지 않은 결명자(약 67.73%)에 비하여 볶음 처리를 한 경우 온도 및 시간에 따라 각각 다른 경향을 나타내었다. 즉, 175°C와 200°C를 비교하였을 때 볶음온도가 175°C일 경우 시간이 5분(74.17%)에서 10분(80.61%)으로 늘어남에 따라 계속적으로 증가하는 반면 ($p < 0.05$), 200°C에서는 5분(약 80.67%)에서 크게 증가하고($p < 0.05$), 10분(약 80.75%)에 와서는 크게 증가하지 않는 것을 알 수 있다. 이와 같이 볶음 온도 및 시간이 증가할수록 항산화 활성이 증가하는 것은 대표적인 항산화 성분인 페놀성 화합물이 볶음 처리에 의해 증가하는 것에 기인하는 것으로 추측되며, 이는 Table 1의 결과와도 일치하는 것을 보여준다. 한편, 225°C와 250°C에서는 5분 동안 볶음 처리를 하였을 때 각각 77.74% 및 75.63%를 나타내어 200°C의 것보다 낮게 나타났으며, 10분 처리군의 경우는 76.26% 및 77.35%를 나타내어 증가폭이 거의 없거나 오히려 감소하는 것을 알 수 있었다. 이처럼 고온에서 볶음처리를 오래할 경우 항산화 활성이 감소하는 것은 앞에서 설명된 바와 같이 볶음처리를 과하게 할수록 항산화 활성을 나타내는 중요한 물질인 페놀성 화합물의 함량이 감소하는 결과와도 유사하다고 판단된다. 볶음온도와 시간에 따른 전자공여능의 증가와 감소는 microwave 처리로 인한 발열로 왕겨와 미강에 존재하는 항산화 물질의 파괴 가능성과 더불어 극복할 수 있는 갈변 화합물이 생성되어 복합적인 항산화력에 영향을 미친 결과(26)와 같은 경향으로 사료되나, 이와 관련된 보완적인 연구가 필요하다고 판단된다.

색도

결명자의 볶음시간과 볶음 온도에 따른 색도 변화는 Table 3과 같다. 볶음처리를 하지 않은 결명자의 L 값은 18.20이었으며, 5분간 볶음처리를 한 경우 175°C에서는 22.16, 200°C에서는 24.11, 225°C에서는 24.56, 250°C에서는 21.12로 유의적으로 증가하였는데($p < 0.05$), 이에 대해 볶음 처리를 함에 따라 표면의 암갈색 색소 및 지질의 분해 등으로 인해 증가한다고 보고되어 있다(20). 한편 10분간 볶음처리를 한 경우 175°C에서는 26.11로 그 값이 증가하는 것을 나타내었으나, 200°C에서는 18.00으로 값이 오히려 감소하였으며, 225°C(0.09) 및 250°C(0.09)에서는 감소폭이 더 큰 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이처럼 고온(225°C 및 250°C)에서 L 값이 크게 감소한 것은 과도한 볶음처리에 의해 탄화과정이 발생한 것을 의미한다. 그럼에도 불구하고 항산화 활성이 크게 떨

어지지 않은 것(Table 2)은 볶음처리로 인한 발열로 결명자에 존재하는 항산화 물질의 파괴 가능성과 더불어 이를 극복할 수 있는 갈변 화합물이 생성되어 복합적으로 항산화력에 영향을 미치어 서로 상쇄하는 효과를 발휘한 것으로 추측되는데, 이와 관련하여 쌀(26)과 커피(27)에 있어서도 비슷한 결과가 보고된 바 있다. 일반적으로 식품을 볶음 처리할 경우 마이알 반응과 카라멜 반응이 일어나서 갈색 색소와 독특한 향미물질이 형성되며 식품의 기호성, 영양가 및 안전성에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다. 한편 시중에서 유통되고 있는 결명자차 제품의 L 값을 조사해본 결과 A사 제품의 경우 10.7, B사 제품의 경우 13.8을 나타내어 고온에서 볶음처리를 할 경우 그 품질 유지를 위하여 온도 및 시간 관리가 반드시 필요하다고 판단된다.

요 약

본 연구에서는 결명자의 볶음 온도 및 볶음 시간에 따른 색도 변화를 살펴보고, 이들의 물 추출물에 대한 총 폴리페놀 함량, 전자공여능을 측정하였다. 결명자의 볶음 온도는 175, 200, 225 및 250°C로 하였으며 볶음시간은 각각의 온도에서 5분 및 10분 동안 수행하였다. 총 폴리페놀 함량의 경우 250°C를 제외하고는 모든 볶음 온도에서 시간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으나, 250°C의 경우 10분 동안 볶음처리를 할 경우 그 함량이 크게 감소하였다. 항산화능 측정 결과 200°C 이하의 온도에서 볶음처리를 할 경우 볶음시간에 따라 그 활성이 증가되거나 유지되는 것을 볼 수 있었으나, 225°C 및 250°C의 경우 5분간 볶음처리하였을 때 그 값이 오히려 200°C의 것보다 낮게 나타났으며, 시간에 따라 증가폭이 적거나 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 색도 측정 결과 175°C 및 200°C에서는 볶음시간에 관계없이 높은 값을 나타내었으나, 225°C 및 250°C에서는 10분간 볶음처리할 경우 탄화되어버리는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 볶음 온도와 시간이 결명자차 혹은 결명자 가공제품의 제조에 있어서 그 품질을 결정하는 중요한 요인인 것을 확인하였으며, 이들이 제품에 미치는 영향을 규명하는 것이 새로운 소재에 대한 적용뿐만 아니라 품질의 고급화를 위하여 반드시 필요한 연구라고 판단된다.

References

1. Saklar S, Ungan S, Katnas S. Microstructural changes in hazel-

- nuts during roasting. *Food Res. Int.* 36: 19-23 (2003)
2. Park MH, Kim KC, Kim JS. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J. Ginseng Sci.* 17: 228-231 (1993)
 3. Park JH, Han JS, Choi HK. Effect on quality of pan-fired green tea by 1st pan firing time. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 7: 101-106 (1999)
 4. Yoon SK, Kim WJ. Effects of roasting conditions on quality and yields of barley tea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 575-582 (1989)
 5. Ayatse JO, Eka OU, Ifon ET. Chemical evaluation of the effect of roasting on the nutritive value of maize (*Zea mays*, Linn.). *Food Chem.* 12: 135-147 (1983)
 6. Yoon UJ, Yang SY, Lee HS, Hong CO, Lee KW. Optimal roasting conditions for maximizing the quality of tea leached from high functional *Perilla frutescens* leaves. *Korean J. Food Sci. Technol.* 44: 34-40 (2012)
 7. Hong KH, Choi WH, Ahn J, Jung CH, Ha TY. Physicochemical properties of ethanol extracts and dietary fiber from *Cassia tora* L. seed. *Korean J. Food Nutr.* 25: 612-619 (2012)
 8. Choi JS, Lee HJ, Kang SS. Alatermin, cassiaside and rubrofusarin gentiobioside, radical scavenging principles from the seeds of *Cassia tora* on 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical. *Arch. Pharm. Res.* 17: 462-466 (1994)
 9. Yang YC, Lim MY, Lee HS. Emodin isolated from cassia obtusifolia (Leguminosae) seed shows larvicidal activity against three mosquito species. *J. Agr. Food Chem.* 51: 7629-7631 (2003)
 10. Ahn BY. Desmutagenic effect of water extract from *Cassia tora* L. on the mutagenicity of *N*-methyl-*N*-nitro-*N'*-nitrosoguanidine in *E. coli* PQ37. *J. Fd. Hyg. Safety* 24: 46-49 (2009)
 11. Singh B, Nadkarni JR, Vishwakarma RA, Bharate SB, Nivsarkar M, Anandjiwala S. The hydroalcoholic extract of *Cassia alata* (Linn.) leaves and its major compound rhein exhibits antiallergic activity via mast cell stabilization and lipoxygenase inhibition. *J. Ethnopharmacol.* 141: 469-473 (2012)
 12. Lee ES, Ahn TY, Yoon JJ, Kook JK, Lee BR, Kim DK. Restraint effect on leaf-extract from *Camellia sinensis* and seed-extract from *Cassia tora* against periodontopathogens. *J. Korean Acad. Dent. Health* 27: 569-579 (2003)
 13. Im SH, Choi SH, Lee HS, Park MJ. Antioxidative activity of some natural products which have been orientally used as ophthalmic drugs. *J. Korean Oph. Opt. Soc.* 10: 365-373 (2005)
 14. Byun E, Jeong GS, An RB, Li B, Lee DS, Ko EK, Yoon KH, Kim YC. Hepatoprotective compounds of Cassiae Semen on taurine-induced cytotoxicity in Hep G2 cells. *Kor. J. Pharmacogn.* 38: 400-402 (2007)
 15. Koo A, Wang JC, Li KM. Extraction of hypotensive principles from seeds of *Cassia tora*. *Am. J. Chinese Med.* 4: 245-248 (1976)
 16. Patil UK, Saraf S, Dixit VK. Hypolipidemic activity of seeds of *Cassia tora* Linn. *J. Ethnopharmacol.* 90: 249-252 (2004)
 17. Lim SJ, Han HK. Hypoglycemic effect of fractions of *Cassia tora* extract in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Soc. Food Sci.* 13: 23-29 (1997)
 18. Choi JS, Jung JH, Lee HJ, Lee JH, Kang SS. A naphthalene glycoside from *Cassia tora*. *Phytochemistry* 40: 997-999 (1995)
 19. Kim JM, Kim HT, Hwang SM. Instant tea preparation from *Cassia tora* seeds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 241-247 (1990)
 20. Kim JK, Kim GY. Changes of the physicochemical characteristics of *Cassia tora* L. by roasting conditions. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 6: 317-323 (1996)
 21. Folin O, Denis W. A colorimetric method for determination of phenols (and phenol derivatives) in urine. *J. Biol. Chem.* 22: 305-308 (1915)
 22. Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200 (1958)
 23. Hong MJ, Lee GD, Kim HK, Kwon JH. Changes in functional and sensory properties of *Chicory* roots induced by roasting processes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 413-418 (1998)
 24. Ismail A, Marjan ZM, Foong CW. Total antioxidant activity and phenolic content in selected vegetables. *Food Chem.* 87: 581-586 (2004)
 25. Kang MJ, Shin SR, Kim KS. Antioxidative and free radical scavenging activity of water extract from dandelion (*Taraxacum officinale*). *Korean J. Food Preserv.* 9: 253-259 (2002)
 26. Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Ha JU, Lee SC. Effect of microwave treatment on the antioxidant activity of rice processed by-products. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1026-1032 (2001)
 27. Nicoli MC, Anese M, Manzocco L, Lericri CR. Antioxidant properties of coffee brews in relation to the roasting degree. *LWT-Food Sci. Technol.* 30: 292-297 (1997)