

용매와 추출조건이 계피추출액의 항산화성에 미치는 영향

김나미 · 성현순 · 김우정*

한국인삼연초연구소, *세종대학교 식품공학과

Effect of Solvents and Some Extraction Conditions on Antioxidant Activity in Cinnamon Extracts

Na-Mi Kim, Hyun-Soon Sung and Woo-Jung Kim*

Korean Ginseng and Tobacco Research Institute,

**Department of Food Science and Technology, King Sejong University*

Abstract

The dried cinnamon was extracted with 12 solvents and studied the extraction conditions of temperature, time, solvent addition ratio and number of extraction for their effects on chemical and antioxidant properties of the extracts. It was found that a relatively higher antioxidant activity expressed as hydrogen donating activity was obtained from water and 70% ethanol extraction among 12 solvents investigated. The solvents of water and 70% ethanol were further studied for effects of several extraction conditions. At the temperature range of 20~100°C and 2~10 hours of extraction, the antioxidant activity and % total phenol was significantly increased as the temperature raised up to 80°C and extraction extended to 8 hours, while the solvent ratio of more than 20 times to dried cinnamon affected little. Soluble materials and degree of browning measured absorbances at 285 and 490 nm were also increased at higher temperature. A significant decrease in antioxidant activity and other characteristics was measured in the extracts prepared from third times of extraction.

Key words: cinnamon extract, solvents, temperature, antioxidant activity, total phenol.

서 론

계피는 생강이나 겨자 등의 다른 향신료와 같이 항산화작용이 있는 것으로 알려져 있어서 木原⁽¹⁾는 식품에 대하여, Teruhisa 등⁽²⁾, Nobuji⁽³⁾, Yutaka 등⁽⁴⁾은 각종 oil에 대하여 산화방지효과가 있는 것으로 보고하였고 Han 등⁽⁵⁾은 계피추출물이 쥐간에서의 과산화지질 생성을 억제하였다고 보고하였다. 이들의 연구결과를 보면 계피 중의 항산화능을 나타내는 물질로서 메탄올추출물, 에탄올추출물, 석유에틸추출물, 석유에틸 불용성 물질 등이라 하여 서로 다른 의견을 제시하였고 아직까지 계피 중의 항산화물질을 밝혀내지는 못한 실정에 있다. 일반적으로 천연물 중에서의 항산화물질로는 tocopherol⁽⁶⁾, lignan 유도체⁽⁷⁾, phenolic 물질⁽⁸⁾, flavone 유도체⁽⁹⁾, mailard형 갈변반응 생성물⁽¹⁰⁾, 아미노산, peptide, aromatic amine 등⁽¹¹⁾이 알려져 있다. 계피 중에는 cinnamic acid, tannin 등의 phenolic 물질이 함유되어 있으며⁽¹²⁾, 계피에

용매를 첨가하여 가열 추출할 때에는 계피중의 당과 아미노산과의 갈변반응에 의한 갈색물질의 생성이 예상되어 이들에 의한 항산화작용이 기대된다.

본 연구에서는 항산화능이 높은 계피추출액을 조제하기 위한 최적추출조건을 선정하기 위하여 12가지의 용매 종류와 첨가비율, 온도, 시간 및 횟수 등의 추출조건을 달리하여 추출액을 조제한 다음 항산화성에 미치는 영향은 α, γ -diphenyl- β -picryl hydrazyl(DDPH) 시약에 의한 수소공여능으로 조사하고 이와 관련이 있을 것으로 추정되는 총 phenol물질, 갈색물질, 당류 등의 변화양상을 종합적으로 비교검토하여 최적 추출조건을 선정하였다.

재료 및 방법

재료

계피는 중국산 수입품을 시중 건재상에서 구입하여 20~30 mesh의 분말로 분쇄하여 시료로 사용하였고 추출용매인 물은 이온교환수지를 통과시킨 증류수를, 에탄올과 메탄올, 부탄올, acetone 등의 유기용매는 1급 시약을 사용하였다.

Corresponding author: Na-Mi Kim, Korean Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejon, 305-345, Korea

용매별 계피추출액의 조제 및 용매선정

각종 유기용매를 계피원료 건물중량(10g)의 20배량 첨가하여 상온에서 24시간 진탕 추출한 후 8,000×g로 20분간 원심분리한 상등액을 해당용매로 일정부피(200 ml)가 되도록 정용하고 이를 시료로 사용하여 수소공여능을 비교조사한 다음 최적 용매를 2종 선정하였다.

추출조건별 계피추출액의 조제

선정된 2종의 추출용매를 사용하여 추출온도는 20~100°C, 추출시간은 2~10시간, 추출용매의 첨가비율은 계피원료중량의 5~60배, 추출횟수는 1~5회로 구분하여 항온수조에서 냉각관을 부착하고 추출한 다음 5~10°C에서 8,000×g로 20분간 원심분리하여 여과하고 상등액을 일정부피가 되도록 정용하여 추출조건을 조사하기 위한 시료로 사용하였다.

고형분 수율

추출액 일정량을 취하여 105°C 건조법으로 수분을 측정하여 고형분 함량을 계산하고 추출액 조제에 사용된 원료량(건물량)에 대한 백분율로서 고형분 수율을 나타내었다.

항산화 활성도

처리구별 추출액을 계피원료 1g당 60배량의 용매로 희석하여 일정하게 한 다음 항산화활성도는 Blois의 방법⁽¹³⁾에 따라 추출액 1 ml에 DPPH용액 5 ml를 가하여 진탕한 다음 2분간 방치한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 DPPH 용액에 대한 흡광도 값과의 차이에 100을 곱한 값으로 표시하였다.

총 phenol 물질과 유리당

총 phenol 물질은 최의 방법⁽¹⁴⁾에 따라 추출액 2 ml에 2% Na₂CO₃용액 2 ml를 가하여 혼합한 후 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 ml를 가하여 상온에서 30분간 방치한 다음 750 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 유리당 함량은 최⁽¹⁵⁾의 방법에 따라 Lichrosorb NH₂ column에 아세트 니트릴/물(84 : 16, v/v)의 이동상을 통과시켜 RI detector를 사용한 HPLC로 분리 정량하였다. 측정된 성분함량은 추출액 조제에 사용된 원료 건물량 100g에 대한 %로 표시하였고 원료의 수분함량은 4.75%이었다.

285 nm에서의 흡광도와 갈색도

항산화성 물질로 알려진 단백질, aromatic amine, phenol 및 갈변전구물질 등의 용출 정도를 285 nm에서의 흡광도로 측정하였고⁽¹²⁾ 갈색도는 490 nm에서의 흡광도로⁽¹⁶⁾ 나타내었으며 모든 측정치는 3반복을 하여 평균값으로 하였다.

결과 및 고찰

각종용매 추출물의 특성

계피추출시 추출액의 항산화능이 높은 용매의 선정을 위하여 물, 에탄올 등 12가지의 용매가 계피추출액의 고형분수율, 항산화활성도, 갈색도 및 총 phenol 함량에 미치는 영향을 비교한 결과는 Table 1과 같다. 항산화활성도는 에탄올, 메탄올, 물 등의 극성용매 추출액에서 90% 이상의 값을 보여주었고 에탄올과 메탄올의 경우 단일용매일 때 보다는 물과 희석한 70% 용매에서 약간 더 높은 수치를 보였으며 석유에텔, 헥산 등의 비극성

Table 1. Properties of cinnamon extracts prepared with various solvents

Solvents	Solid ¹⁾ yield(%)	Antioxidant ²⁾ activity(%)	Total ³⁾ phenol(%)	Absorbance	
				285 nm	490 nm
Distilled water	5.04	92.3	1.10	0.17	0.25
70% ethanol	9.60	96.5	1.24	0.38	0.58
70% methanol	8.80	93.2	1.04	0.35	0.53
Methanol	6.48	91.5	0.84	0.26	0.33
Ethanol	7.88	96.0	1.00	0.39	0.56
Butanol	1.84	59.2	0.28	0.03	0.08
Ethyl acetate	1.24	—	0.11	0.12	0.02
Acetone	2.72	89.0	0.50	0.70	0.09
Chloroform	1.04	—	—	—	0.04
Ethyl ether	1.20	46.1	0.16	0.16	0.02
Pertroleum ether	0.88	—	0.10	0.10	0.01
Hexane	1.14	—	0.15	0.10	—

¹⁾Solid yield (%) was expressed as 100×gr of solid in extracts/gr of raw material (dry weight) used in extracts preparation

²⁾Antioxidant activity (%) was expressed as 100× difference of absorbance between reactant of extracts and control with DPPH sol'n

³⁾Total phenol (%) was expressed as 100×gr of total phenol in extracts/gr of raw material (dry weight) used in extracts preparation

Table 2. Degree of browning and free sugar contents of cinnamon H₂O and 70% ethanol extracts prepared by various extraction temperature

Extraction temp. (°C)	H ₂ O			70% Ethanol		
	Absorbance ¹⁾	Free sugar(%)		Absorbance	Free sugar(%)	
	490 nm	Glucose	Fructose	490 nm	Glucose	Fructose
20	0.13	0.20	0.17	0.57	0.18	0.16
40	0.16	0.20	0.19	0.64	0.17	0.16
60	0.24	0.21	0.22	0.78	0.18	0.17
80	0.25	0.21	0.24	0.84	0.17	0.17
100	0.34	0.17	0.16	0.98	0.17	0.17

¹⁾Degree of browning, Extraction time; 4 hours, Solvent ratio; 20 ml/gr of raw cinnamon

용매 추출액에서는 활성을 보이지 않았다.

총 페놀성분 함량은 70% 에탄올 추출액이 1.24%로 가장 높았고 그 다음 물, 70% 메탄올, 에탄올, 메탄올, 아세톤의 순이었으며 비극성 용매 추출액에서는 함량이 낮아 항산화활성도와 유사한 경향을 나타내었다. 490 nm에서의 갈색도는 70% 에탄올, 에탄올, 70% 메탄올, 메탄올, 물의 순으로 낮아졌는데 갈변물질 뿐 아니라 계피자체의 색소물질이 물보다 유기용매에 더 많이 용출되어 흡광도에 영향을 미친 것으로 생각되며 부탄올, 아세톤, 에틸, 헥산 등의 용매추출액에서는 흡광도가 거의 없어 계피에 존재하는 적갈색 색소물질의 용매별 용해특성을 알 수 있었다. 각종 용매추출액의 고형분수율은 70% 에탄올구가 에탄올추출구보다 높았고, 물추출액에서는 많이 낮아져서 계피중의 가용성물질은 수용성인 것보다 지용성인 것이 훨씬 많은 것을 알 수 있었다.

항산화성 물질인 phenol, aromatic amine, 단백질 등의 흡수가 일어나는 285 nm에서의 흡광도는⁽¹²⁾ acetone 추출구에서 0.70으로 가장 높은 값을 나타내었고 항산화활성도가 높은 70% 에탄올 등의 추출액에서 높은 값을 나타내어서 285 nm에서의 흡광물질이 항산화활성에 영향을 미치는 것으로, 생각이 되나 물과 메탄올 추출구의 경우에는 285 nm에서의 흡광도가 비교적 낮은데도 항산화활성도가 높은 것으로 나타나서 계피 중에는 285 nm에서의 흡광물질 이외에도 다른 항산화물질이 존재하는 것으로 보이며 이의 규명에 관한 연구가 진행되어야 하겠다.

추출온도와 시간의 영향

Table 1의 결과에서 항산화능이 높은 것으로 나타난 에탄올, 메탄올, 물중 식품으로 사용할 수 있는 물과 70% 에탄올을 선정하여 원료중량의 20배량을 첨가하고 20~100°C의 온도에서 4시간 추출한 계피추출액의 특성은 Table 2 및 Fig. 1과 같다. 물 추출의 경우 항산화활성도와 285 nm에서의 흡광도 및 총 phenol 함량은 온도가 높아짐에 따라 증가하다가 80°C 이상의 고온에서는 감소하였다. Maillard형 갈변기질인 당류로서 glucose와 fructose만 검출되었으며 이들 함량은 100°C의 고온추

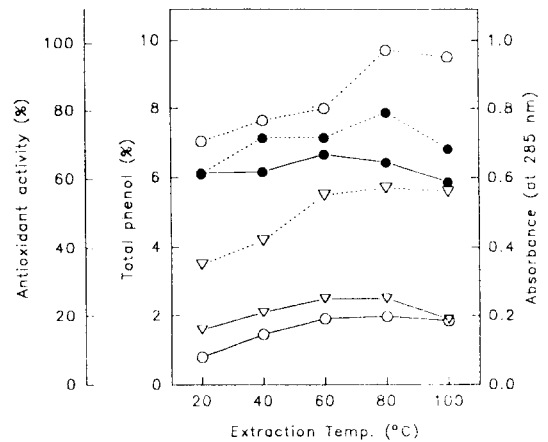


Fig. 1. Effect of temperature on antioxidant activity, total phenol contents and absorbance of cinnamon extracts prepared with H₂O (solid line) and 70% ethanol (dotted line)

●-●; Antioxidant activity, ○-○; Total phenol, ▽-▽; Absorbance, Extraction time; 4 hours

출시 약간 감소한 반면 490 nm에서의 갈색도는 온도증가에 따라 현저한 증가를 보여 갈색도의 증가는 비효소적 갈색화 반응보다 계피에 함유된 적갈색 색소물질이 추출온도가 높아질수록 더 많이 용출되어 나온 것으로 짐작된다. 도 등⁽¹⁷⁾과 함 등⁽¹⁸⁾은 인삼의 갈변에 관한 연구에서 항산화활성도와 갈색도가 같은 경향으로 증가한다고 하였는데 본 실험의 결과와는 일치하지 않았다.

70% 에탄올 추출액의 경우에도 항산화활성도는 80°C까지는 증가하다가 100°C에서 낮아졌고, 총 phenol 함량, 285 nm에서의 흡광도 변화도 이와 유사하였으며 물추출에 비하여 70% 에탄올 추출액의 항산화활성도는 크게 높지 않은 반면 phenol 함량은 5배 이상 높았다. 갈색도는 온도증가에 따라 계속 증가하였고 물추출액에 비하여 현저히 높아 계피의 색소물질이 물보다는 70% 에탄올에 더 많이 용출된 것으로 생각된다. 유리당 함량은 glucose와 fructose 모두 온도 상승에 따른 변화를 나

Table 3. Degree of browning and free sugar contents of cinnamon H₂O and 70% ethanol extracts prepared by various extraction time

Extraction time (hrs.)	H ₂ O			70% Ethanol		
	Absorbance ¹⁾	Free sugar(%)		Absorbance	Free sugar(%)	
	490 nm	Glucose	Fructose	490 nm	Glucose	Fructose
2	0.16	0.16	0.18	0.12	0.12	0.11
4	0.18	0.18	0.20	0.15	0.15	0.15
6	0.20	0.20	0.23	0.17	0.17	0.15
8	0.21	0.21	0.24	0.18	0.18	0.19
10	0.22	0.22	0.22	0.19	0.19	0.19

¹⁾Degree of browning, Extraction temperature; 80°C, Solvent ratio; 20 ml/gr of raw cinnamon

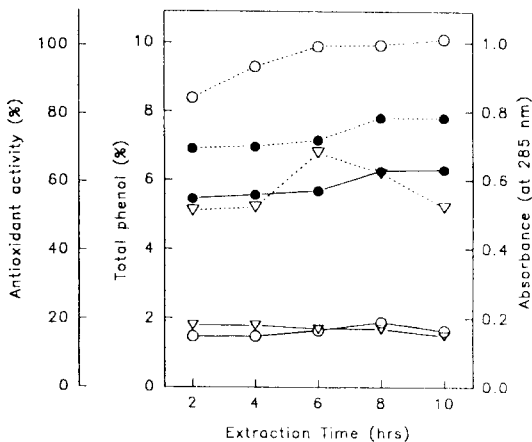


Fig. 2. Effect of extraction time on antioxidant activity, total phenol contents and absorbance of cinnamon extracts prepared with H₂O (solid line) and 70% ethanol (dotted line)

●-●; Antioxidant activity, ○-○; Total phenol, ▽-▽; Absorbance, Extraction temperature; 80°C

타내지 않았다. 따라서 계피의 추출온도를 항산화활성도가 높고 총 phenol 함량이 많았던 80°C로 고정하고 용매를 원료무게의 20배량을 첨가하여 2시간에서 10시간까지 추출하였을 때 얻어진 계피추출액의 특성은 Table 3 및 Fig. 2와 같다. 물추출의 경우 항산화활성도는 추출시간의 증가에 따라 2시간의 55%에서 8시간까지는 약간씩 증가하여 63% 정도가 된 뒤 거의 일정 수준이 유지되었고, 총 phenol 함량은 8시간 추출까지는 증가하다가 10시간에서는 오히려 감소하였다. 총 phenol의 감소는 탄닌 등의 polyphenol물질이 장시간의 열처리에 불용화되어 추출액 중으로의 이행이 감소된 것으로 생각된다. 285 nm에서의 흡광도는 시간경과에 따라 약간씩 감소하는 결과를 보여 285 nm에서 측정되는 물질들이 장시간의 열처리에 불안정한 것으로 나타났다. 유리당 함량은 가열과정중 변하여 glucose와 fructose가 0.16~0.18%에서 0.22%로 증가하였으며 490 nm에서의 흡광도

는 계속 증가하여 가열에 의한 비효소적 갈변반응이 진행되거나 계피중의 색소물질이 지속적으로 안정하게 용출되는 것으로 여겨진다. 시간 경과에 따라서 갈색도보다는 항산화활성도의 증가폭이 낮은 것은 마이알형 갈변반응물 추출액의 결과⁽¹⁸⁾와 유사하였으며, 갈색도의 지속적인 증가는 치자의 색소가 1시간 추출로 대부분 용출되었다고 한 유 등⁽¹⁹⁾의 결과와 달리 계피의 색소물질은 용출속도가 비교적 느린 것을 알 수 있었다.

70% 에탄올 추출액의 경우에도 물추출액의 경우와 같이 추출시간이 경과하면서 항산화활성도와 총 phenol 함량이 증가하였으며 항산화활성도는 8시간 이후, 총 phenol은 6시간 이후부터 그 증가경향이 완만하여졌다. 또 추출액중 항산화활성도와 총 phenol 함량이 물추출액보다 현저히 높아 항산화활성도는 27%, 총 phenol 함량은 4배 이상의 높은 값을 보여주었다. 285 nm에서의 흡광도는 6시간까지 증가하다가 다시 감소하여 285 nm에서 측정되는 물질들은 갈변반응에 의해 소모되지만 초기 알콜용액에서의 용출량이 영향을 주었다고 생각된다. 갈색도와 유리당함량은 추출시간에 따라 지속적으로 증가하였다.

용매 첨가량과 추출횟수의 함량

용매의 첨가에 따른 추출액의 특성변화를 조사하기 위하여 추출온도를 80°C, 추출시간을 4시간으로 고정하고, 용매첨가량을 계피원료 중량의 5~60배량으로 구분 첨가하여 조제한 계피추출액의 특성은 Table 4 및 Fig. 3과 같다. 물추출액의 경우 항산화활성도는 용매량 20배 첨가구까지는 증가하다가 그 이상의 용매 첨가는 거의 일정한 값을 보여 계피의 항산화력물질은 20배량의 물 첨가로 충분히 용출됨을 알 수 있었다. 총 phenol 함량은 용매 5~10배량 첨가구에서는 아주 낮은 값을 나타내다가 20배 이상에서 완만히 증가하여 이들 물질이 물에 대한 용해도가 낮은 것을 알 수 있었다. 285 nm에서의 흡광도 변화도 총 phenol 함량과 같이 적은량의 용매 첨가시에는 매우 낮았고 용매량이 증가할수록 높아져 285 nm에서 측정되는 물질들이 물에 잘 녹지 않는 것을 짐작할 수 있었다. 갈색도와 유리당 함량은 20배 이상

Table 4. Degree of browning and free sugar contents of cinnamon H₂O and 70% ethanol extracts prepared by various solvent ratio

Solvent ratio ¹⁾	H ₂ O			70% Ethanol		
	Absorbance ¹⁾	Free sugar(%)		Absorbance	Free sugar(%)	
	490 nm	Glucose	Fructose	490 nm	Glucose	Fructose
5	0.20	0.11	0.14	0.48	0.10	0.10
10	0.21	0.18	0.20	0.64	0.14	0.15
20	0.25	0.20	0.23	0.82	0.18	0.19
40	0.26	0.22	0.22	0.87	0.20	0.19
60	0.26	0.23	0.22	0.83	0.21	0.20

¹⁾ml of solvent added per gr of raw cinnamon, ²⁾Degree of browning, Extraction temperature; 80°C, Extraction time; 4 hours

Table 5. Degree of browning and free sugar contents in cinnamon extracts prepared with H₂O and 70% ethanol as affected by number of extraction

No. of extraction	H ₂ O			70% Ethanol		
	Absorbance ¹⁾	Free sugar(%)		Absorbance	Free sugar(%)	
	490 nm	Glucose	Fructose	490 nm	Glucose	Fructose
1	0.22	0.19	0.20	0.57	0.16	0.15
2	0.07	0.05	0.05	0.11	0.04	0.04
3	0.02	—	—	0.06	—	—
4	0.01	—	—	0.04	—	—
5	—	—	—	0.03	—	—

¹⁾Degree of browning, Extraction temperature; 80°C m, Extraction time; 1 hour, Solvent ratio; 20 ml/gr of raw cinnamon

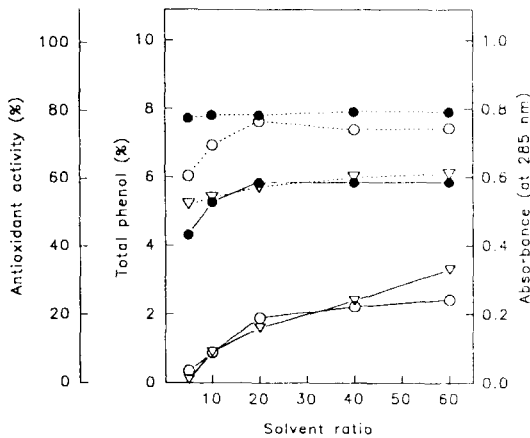


Fig. 3. Effect of solvent ratio to dried cinnamon on antioxidant activity, total phenol contents and absorbance of cinnamon extracts prepared with H₂O (solid line) and 70% ethanol (dotted line)

●-●; Antioxidant Activity, ○-○; Total phenol, ▽-▽; Absorbance, Solvent ratio; ml of solvent added per gr of raw cinnamon, Extraction temperature; 80°C, Extraction time; 4 hours

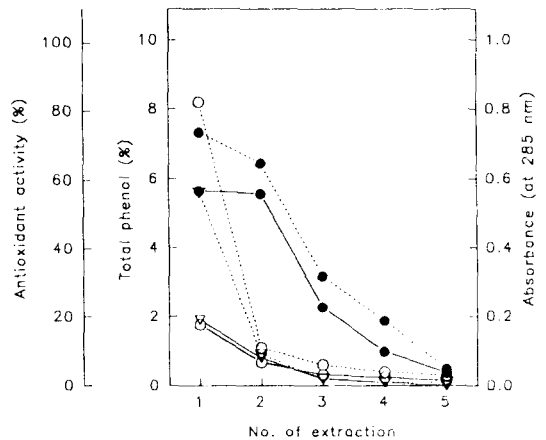


Fig. 4. Antioxidant activity, total phenol contents and absorbance of cinnamon extracts prepared with H₂O (solid line) and 70% ethanol (dotted line) as affected by number of extraction

●-●; Antioxidant activity, ○-○; Total phenol, ▽-▽; Absorbance, Extraction temperature; 80°C, Extraction time; 1 hour

문 헌

침가구에서 비슷한 수치를 나타내었다. 치자의 경우⁽¹⁹⁾ 용매 500배까지 색소 용출량이 증가하여 계피중의 색소물질과는 용해성이 다른 것을 알 수 있었다.

70% 에탄올 추출의 경우에는 항산화활성과 285 nm에서의 흡광도가 용매침가량에 무관하게 거의 비슷한 값을 나타내었고 총 phenol 함량은 물추출액보다 훨씬 높아서 이들 성분이 70% 에탄올에 잘 녹는 것으로 생각된다. 갈색도와 유리당 함량은 20배량 첨가시까지 지속적으로 증가하다가 그 이상의 용매 첨가에 의해서는 거의 변화가 없었다.

추출횟수가 어떤 영향을 주는지 알아보기 위하여 추출온도를 80°C, 추출용매량은 물 20배, 70% 에탄올은 10배로하고 1시간 간격으로 1~5회까지 추출하여 얻은 각각의 계피추출액 특성은 Table 5 및 Fig. 4와 같다. 물추출액과 70% 에탄올 추출액 모두 항산화활성도는 1회와 2회에서 비슷한 정도를 나타내어 항산화능을 나타내는 물질들이 2회까지 지속적으로 추출되어 나오는 것을 볼 수 있었다. 285 nm에서의 흡광도는 물추출의 경우에 1회에 63.3%, 2회에 26.7%가 용출되었고 70% 에탄올의 경우에 1회에 81.0%, 2회에 14.3%가 용출되었으며 총 phenol 함량도 물추출시에 1회에 55.7%, 2회에 26.7%, 70% 에탄올 추출시에 1회에 77.4%, 2회에 10.4%가 용출되어 이들 성분은 70% 에탄올 추출시에 더 빨리 용출되는 것을 알 수 있었다. 유리당은 물추출시에 다소 빨리 용출되었으며 갈색도는 물추출과 70% 에탄올추출 모두 1회 추출시 현저하게 높아 갈색물질이 1회의 추출로 대부분 용출되는 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 계피추출액의 항산화능을 기준으로 할 때 계피추출용매는 70% 에탄올이 가장 효과적이었으며, 추출조건은 원료계피에 20배량을 첨가하고 80°C에서 8시간 추출함이 적절하였다. 또한 추출을 1시간씩 여러회 추출할 경우는 3회가 경제적임을 알 수 있었다.

요 약

용매의 종류와 추출온도, 시간, 용매첨가량, 추출횟수 등의 추출조건이 계피추출액의 이화학적 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 수소공여능으로 나타난 항산화활성도는 12가지 용매중 물과 70% 에탄올 추출액에서 높게 나타나 물과 70% 에탄올을 다음의 추출조건을 조사하기 위한 적정용매로 선정하였다. 추출온도를 20~100°C로, 추출시간을 2~10시간으로 하여 추출액을 조제했을 때 항산화활성도와 총 phenol 함량은 80°C와 8시간 추출액에서 높게 나타났고 285 nm와 490 nm에서의 흡광도는 온도가 높을수록 증가하였다. 용매 첨가비에 있어서는 계피중량의 20배 이상 첨가시에 큰 변화가 없었으며 추출횟수는 3회 이상의 추출액에서 항산화활성도 및 기타 특성이 현저히 감소하였다.

1. 木原芳次郎: 시판분말향신료의 식품의 산화방지효과에 대하여. 日本食品工業學會誌, 9, 26(1962)
2. Teruhisa H., Mami, Y., Tetsushi W., Mayumi O. and Shozo F.: Measurement of antioxidant activity in spices by an oxygen electrode method. 食衛誌, 27, 615 (1986)
3. Nobuji N.: Antioxidative compounds of spices. 香料, 143, 11(1984)
4. Yutaka S., Yukichi K. and Tomonori S.: The antioxidant effects of petroleum ether soluble and insoluble fractions from spices. 營養と食糧, 29, 505(1976)
5. Han, B.Y., Han, Y.N. and Park, M.H.: Chemical and biochemical studies on antioxidant components of ginseng. In *Advances in Chinese Medicinal Materials Research*, 1, World Scientific Publ. Co., Shingapore, p.485 (1985)
6. Kajimoto G., Yoshida M. and Shibahra A.: A role of tocopherol on the heat stability of vegetable oils. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkashi*, 38, 301(1985)
7. Fukuda, Y. and Nagata, M.: Chemical aspects of the antioxidative activity of roasted sesame seed oil and the effect of using the oil for frying. *Agric. Biol. Chem.*, 50, 857(1986)
8. 위재준: Isolation and identification of constituents from antioxidant and hematopoietic fractions of panax ginseng C.A. Mayer. 서울대학교 박사학위논문(1989)
9. Hudson, B. and Lewis, J.: Polyhydroxy flavonoid antioxidants for edible oil phospholipid as synergist. *Food Chem.*, 10, 111(1983).
10. 김상달, 도재호, 오훈일: Antioxidant activity of panax ginseng browning products. 한국농화학회지, 24, 161 (1981)
11. 문갑순, 최홍식: Antioxidative characteristics of soybean sauce in lipid oxidation process. *J. Food Sci. Technol.* 19, 537(1987)
12. 우원식: 천연물화학연구법. 초판, 민음사, 서울(1984)
13. Blois, M.: Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199(1958)
14. 최규홍: 저자 Methanol 추출물의 항산화효과, 경북대학교 석사학위 논문(1988)
15. Choi, J.H.: High performance liquid chromatographic determination of free sugars in ginseng and its products. *J. Food Sci. Technol.* 13, 175(1981)
16. 최강주: 수삼추출물 및 Glucose 또는 Argine 첨가 추출물의 특성과 항산화작용에 대하여. 고려대학교 석사학위논문(1980)
17. 도재호, 김경희, 장진규, 양재원, 이광승: 백삼 물추출물의 갈변반응중 갈색도 및 성분의 변화. 한국식품과학회지, 21, 480(1989)
18. 함축인, 김동훈: 여러 진행단계에서 추출된 마이알형 갈변반응액 추출물의 항산화 효과에 대하여. 한국식품과학회지, 5, 84(1973)
19. 유주현, 홍운명, 유승갑, 김유상: 치자로부터 치자색 색소의 추출에 관한 연구. 한국식품과학회지, 6, 1(1974)