

추출방법이 육계피 추출물의 향기 성분과 항산화 활성에 미치는 영향

차재운 · 김종태¹ · 조용진^{1*}

동아대학교 식품영양학과, ¹한국식품연구원 가공공정연구단

Effect of Extraction Methods on Flavoring Compounds and Antioxidant Activity of Extracts from Cinnamon (*Cinnamomum cassia* Blume)

Jaeyoon Cha, Chong-Tai Kim¹, and Yong-Jin Cho^{1*}

Department of Food Science and Nutrition, Dong-A University

¹Research Group of Process Engineering, Korea Food Research Institute

Abstract

The interest in and development of healthy foods and nutraceuticals have increased because of the trend for a health-oriented society. Cinnamon is used as a food ingredient as well as a herbal medicine because of its functional properties. In this study, flavoring compounds and antioxidative activities of cinnamon extracts were investigated with different extraction solvents and extraction methods. The contents of flavoring compounds such as coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde, and cinnamyl alcohol were investigated. The contents of coumarin, cinnamic acid, and cinnamylaldehyde in 70% ethanol extract were higher than those in hot water and subcritical water extracts. The contents of coumarin, cinnamic acid, and cinnamaldehyde in subcritical water extract were higher than those in hot water extract, whereas the content of cinnamyl alcohol was lower. DPPH scavenging activity increased with increasing concentration of the extracts, and the 70% ethanol extract showed the highest antioxidant activity. The ascorbic acid content of the 70% ethanol extract was largest in the antioxidative activity measurement by FRAP analysis. The ascorbic acid contents of the hot water and subcritical water extracts were similar.

Key words: cinnamon, extracts, extraction methods, flavoring compounds, antioxidant activity

서 론

최근 우리나라에서는 평균수명의 연장, 초고령사회의 진입, 생활수준의 향상 등에 따라 삶의 질에 대한 의식이 높아지면서 웰빙이나 로하스(LOHAS, lifestyles of health and sustainability) 등과 같은 건강 지향적 사회 트렌드가 형성되었다. 이와 더불어 식생활의 서구화에 따른 생활습관병의 증가로 건강기능식품에 대한 관심과 그 수요가 늘어나고 있는 것이 현실이며, 이에 따라 국내 건강기능식품 개발 또한 2004년 건강기능식품에 관한 법률의 시행 이후 꾸준히 증가하고 있다.

계피는 녹나무과(Lauraceae)에 속하는 상록교목인 생달나무(*Cinnamomum japonicum* SIEB)의 껍질을 그대로 또는 외피를 제거하여 건조시킨 약초로서(Lin et al., 2016),

체질이 허약하고 기혈이 허한 사람을 위한 한방약재로 사용되고 있으며, 위장병을 비롯한 여러 질병을 개선하는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2006; Qin et al., 2010; Cao & Anderson, 2011). 또한 잎이나 껍질에서 얻은 계피의 가루, 박편 또는 추출물은 향신료로서 식품에 첨가되거나 산화 방지제 및 방부제와 같은 기능적 특성으로 식품에 첨가될 수 있다(Lv et al., 2012; Settharaksa et al., 2012; Van Haute et al., 2016). 인도 및 스리랑카산 계피는 향긋하면서 달고 자극적인 맛이 강하여 향신료로 많이 사용되고 있고, 중국산은 한방 약재로 더 많이 사용되고 있다(Lewis et al., 1977). 계피의 성분으로 cinnamic aldehyde, cinnamic acid, flavonoid, tannin 등이 연구된 바 있다(Kya & Calista, 1969; Hiromu et al., 1974; Wijesekera et al., 1975; Inokuchi et al., 1984).

식품산업에서 압력을 수반하는 고압 또는 아임계 추출은 상전이(phase transition)를 수반함으로써 물질전달속도를 증가시켜 세포 침투율 뿐만 아니라, 2차 대사물질의 확산을 증가시키기 때문에 천연 원료로부터 플라보노이드 등과 같은 유용성분의 추출에 활용할 수 있다(Plaza et al., 2010; He et al., 2012). 전통적인 유기물의 추출방법에서 추출 속

*Corresponding author: Yong-Jin Cho, Research Group of Process Engineering, Korea Food Research Institute, Wanju-gun, Jeollabuk-do 55365, Korea

Tel: +82-63-219-9136; Fax:+82-63-219-9257

E-mail: yjcho@kfri.re.kr

Received August 14, 2018; revised September 10, 2018; accepted September 13, 2018

도가 낮고, 추출 시간이 길며, 유독한 유기물이 남는 등의 문제를 해결하기 위한 대체 기술로서 아임계 추출방법의 적용에 대한 관심이 증가하고 있다(Khuwijitjaru et al., 2012). 생리활성 소재를 추출하기 위한 아임계 추출공정에서 최적 추출조건은 대상 원료에 따라서 많은 차이를 보인다. 적포도 껍질로부터 안토시아닌을 생산하는 아임계 추출온도는 100-110°C가 적절하다고 하였으며(Corrals et al., 2008), 아마인(flaxseed)으로부터 페놀화합물인 lignan을 추출하는 아임계 조건은 160°C, 5.2 MPa이 최대 추출율을 보였다고 하였다(Kanmaz, 2014). 이외에 기능성 보리음료, 열대 약용식물로부터 생리활성 물질생산, canola meal로부터 항산화 물질추출 등과 같은 적용 사례에 비추어 볼 때 아임계 추출기술은 식품산업에서 재래적인 추출공정을 대체할 수 있는 효율적인 기술로 발전할 가능성이 크다고 볼 수 있다(Carr et al., 2011; Kadam et al., 2013).

본 연구에서는 항산화활성도가 높은 육계피 추출액을 얻기 위해 추출방법이추출액의 특성에 미치는 영향을 파악하고자 한 바, 에탄올 추출방법, 열수 추출방법, 그리고 아임계 추출방법이 지표성분 및 항산화활성도에 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용한 육계피(*Cinnamomum cassia blume*)는 국내산으로서 천호바이오로부터 제공 받아 실험에 사용하였다. 항산화활성도 분석을 위해 사용한 시약들은 Sigma (Sigma Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

일반성분 분석

일정량의 시료를 취해 상압가열건조법으로 105°C 건조기에서 16시간 건조 후 데시케이터에서 30분간 방냉하여 수분함량을 측정하였다(AOAC, 1990). Semi-micro Kjeldahl 법을 이용하여 시료에 Se 혼합 촉매제와 95% 황산용액을 시료에 첨가하여 플라스크가 완전히 투명해질 때까지 분해한 후 Tecator digestion 시스템(2006 digester, Foss, Denmark)와 Kjeltac 자동 샘플 시스템(1035 analyzer, Foss, Denmark)를 이용하여 단백질 함량을 측정하였다. 도가니를 600°C 회화로에서 1시간 가열하고 데시케이터에 옮겨 실온으로 냉각시키고, 일정량의 시료를 취하여 도가니에 넣고 버너에서 약한 불로 탄화시킨 후 550°C 회화로에서 회색재가 될 때까지 회화한 다음 회분함량을 측정하였다. Soxhlet 추출법으로 EAM 9202-03 추출장치(Injae Science Co., Seoul, Korea)로 에테르를 용매로 16시간 추출한 후 에테르를 완전히 증발시키고 105°C 건조기에서 2시간 건조시켜 방냉한 후 지방함량을 측정하였다.

추출방법

일반적인 열수 추출은 계피 시료를 100% 증류수와 에탄올 70% 함유한 증류수를 용매로 첨가하여 교반하면서 상압에서 180분간 진행하였다. 추출온도는 100% 증류수와 70% 에탄올 함유 증류수 용매의 경우 각각 95°C 와 80°C 이었다. 아임계 추출은 아임계 장치(TFS-3000, Inoway Co., Seoul, Korea)를 포함한 아임계 추출시스템을 이용하여 분쇄된 30 g의 계피 시료에 증류수 300 mL를 첨가하고 추출온도 110°C에서 압력 50 bar을 부가하면서 40 분간 추출을 진행하였다. 각각의 추출물에 대한 추출조건은 Table 1에 나타내었다. 추출물은 4°C에서 11,000×g로 5분간 원심분리하여 종이필터(Watman No. 4, Maidstone, UK)로 여과하고 상등액을 일정부피가 되도록 적용하였다. 얻어진 상등액은 동결 건조하여 항산화활성도와 지표성분을 조사하기 위한 분석 시료로 사용되었다.

HPLC를 통한 지표성분 분석

육계피 추출물의 향기성분으로 coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol 4가지를 HPLC (Agilent Technologies 1260 infinity, Palo Alto, CA, USA)를 통해 분석하였다. 분석용 컬럼은 ZORBAX Eclipse XDB-C18 (250 mm × 4 mm, 5 μm, Agilent Technologies)을 사용하였으며 이동상은 acetonitrile (A), 0.02% aqueous acetic acid (B)를 사용하였다. 이동상은 시간이 지남에 따라 (B) 용매가 90-50% (0-60 min), 50-90% (60-65 min), 90% (65-70 min)로 1 mL/min으로 흘려주었다. 시료는 20 μL로 주입하였으며 컬럼 온도는 20°C, 분석 검출은 280 nm (coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde), 250 nm (cinnamyl alcohol)에서 진행하였다. Coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde, cinnamylalcohol 표준시료를 메탄올에 녹여 1 mg/mL의 농도로 제조한 후 0, 20, 40, 60, 80 μg/mL의 농도로 희석한 후 0.45 μm PVDF syringe filter (Sigma-Aldrich Co.)를 이용해 여과한 후 분석에 사용하였다. 동결건조된 육계피 추출물을 증류수에 녹여 1 mg/mL의 농도로 제조한 후 60 min 간 초음파처리를 한 후 0.45 μm PVDF syringe filter를 이용해 여과한 후 분석에 사용하였다.

Table 1. Extraction condition of cinnamon extracts at different extraction methods

Extraction Method	Hot Water		Subcritical
	water	70% ethanol	Water
Solvent	water	70% ethanol	Water
Solute (g)	300	300	30
Solvent volume (mL)	3000	3000	300
Extraction time (min)	180	180	40
Extraction temperature (°C)	95	80	110
Stirring speed (rpm)	200	200	-
Extraction pressure (bar)	1.013	1.013	50
Extract sample	CE-03	CE-04	CE-05

DPPH 분석

DPPH 측정법을 이용한 추출물의 항산화활성도 측정은 Llorach R et al. (2002) 방법을 참고하였다. 일정 농도로 준비된 추출물 100 μ L에 80% 메탄올로 제작된 0.1 mM DPPH용액 2.9 mL과 혼합한 후 상온에서 암실에서 반응시켰다. 이후 UV spectrophotometer (V-550, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 활성비교를 위해 0-500 μ g/mL 농도의 ascorbic acid 표준곡선을 계산하였으며, DPPH scavenging activity (%)가 50%를 나타내는 시료의 농도를 저해농도(Inhibition concentration, IC₅₀) 값으로 나타내었다.

FRAP (Fe 이온 환원력) 분석

FRAP 측정법을 이용한 추출물의 항산화활성도 측정은 Benaie et al. (1996)과 Dodonne et al. (2009) 방법을 참고하였다. 일정 농도로 준비된 추출물 100 μ L에 10:1:1의 비율로 혼합된 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 10 mM TPTZ in 40 mM HCl용액과 20 mM FeCl₃·6H₂O 용액 300 μ L를 혼합한 후 37°C에서 30분간 반응시킨 다음 UV spectrophotometer (V-550, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 항산화활성도 비교를 위해 0-100 μ g/mL 농도의 ascorbic acid 표준곡선으로 계산하였으며 mg AE/g dried sample로 나타내었다.

통계처리

본 실험에서 모든 측정은 시료 당 3회 반복 실시하였고, 측정결과는 평균과 표준편차를 구하여, 그룹간의 차이는 SPSS (IBM SPSS 22 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)에 의한 분산분석과 Duncan의 다중검정을 실시하였으며, 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 검정하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서 사용된 육계피의 일반적인 성분은 수분 10.86%, 조단백질 3.52%, 조지방 2.22%, 조단백질 4.49%, 탄수화물 78.91% 이었다. 육계피의 일반적인 구성 요소는 일반 계피와 비슷한 구성을 가진 탄수화물로 주로 구성되었다.

육계피 추출물의 지표성분 HPLC 분석

세 가지 추출조건으로 준비한 육계피 추출물의 향기 성분인 coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol의 정량적 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 육계피 추출물에서 coumarin의 함량은 건조시료 기준으로 12.08-22.81 mg/g의 범위를 나타냈으며, cinnamic acid의 함량은 3.58-4.17 mg/g, cinnamaldehyde의 함량은 47.13-56.49 mg/g, cinnamyl alcohol의 함량은 1.76-2.56 mg/g의 범위를 나타냈다. 에탄올 70%의 추출물(CE-04)에서 Courmarin, cinnamic acid 그리고 cinnamylaldehyde의 함량은 열수추출물(CE-03)과 아임계추출물(CE-05)에 비하여 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). Prasad et al. (2009)은 에탄올 농도에 따라 플라보노이드와 페놀 화합물과 같은 생체 활성 화합물의 중간 극성 및 극성에 미치는 영향이 다르기 때문에 추출 용매에서 적당한 에탄올 농도의 사용은 필요하다고 하였다. 추출용매로서 물보다 에탄올을 이용한 경우에 계피 추출물의 cinnamylaldehyde 함량(Nandam et al., 2012)은 5에서 15 mg/mL으로 증가하였고, 70% 에탄올을 이용한 경우에 페놀화합물의 총 함량(Kim et al., 1993)은 1.10에서 1.24% 증가하였다. Kim et al. (2014)은 에탄올 농도 60% 이하에서 kirenos의 추출율이 동일하게 유지되지만, 에탄올 농도가 60에서 100%로 증가하면 13.5배 감소하였다고 보고했다. 또한, Durling et al. (2007)은 *Salvia officinalis*에서 추출한 페놀화합물의 높은 추출율은 55-75% 에탄올 용매를 사용하여 얻어졌다고 보고했다. 프로폴리스에 대한 고압 추출에서 75% 에탄올이 사용되었을 때, 높은 추출율이 얻어졌다(Zhang & Wang, 2005). 추출용매로서 증류수를 사용한 경우, 아임계추출물(CE-05)의 coumarin, cinnamic acid, 그리고 cinnamaldehyde 함량은 열수추출물(CE-03)보다 유의적으로 높게 나타났지만, cinnamyl alcohol은 반대로 낮게 나타났다($p < 0.05$). Khuwijitjaru et al. (2012)는 메탄올이 아임계 물을 이용한 추출보다 계피 껍질에서 향기 성분을 추출하는데 더 효과적이지만, 아임계 물을 이용한 추출 방법은 유기용매를 이용하여 계피 껍질에서 향기 성분과 페놀 화합물의 추출을 위한 대체 방법이 될 수 있다고 보고하였다.

DPPH와 FRAP 분석을 통한 항산화능 측정

DPPH scavenging activity는 추출물의 농도가 증가할수록 증가하였다(Fig. 1). 증류수를 이용한 열수추출물(CE-03)이 아임계추출물(CE-05)보다 측정된 농도범위에서 높은

Table 2. Flavoring compounds of cinnamon extracts prepared with water (CE-03), 70% ethanol (CE-04), and subcritical water extraction (CE-05)

Sample	mg/g (dried sample)			
	Coumarin	Cinnamic acid	Cinnamaldehyde	Cinnamyl alcohol
CE-03	12.27±0.19	3.72 ±0.14	47.78 ±0.65	2.50 ±0.06
CE-04	22.03±0.78	4.13 ±0.04	52.36 ±4.13	2.21 ±0.08
CE-05	14.23 ±0.18	3.77 ±0.71	52.89 ±0.06	1.76 ±0.00

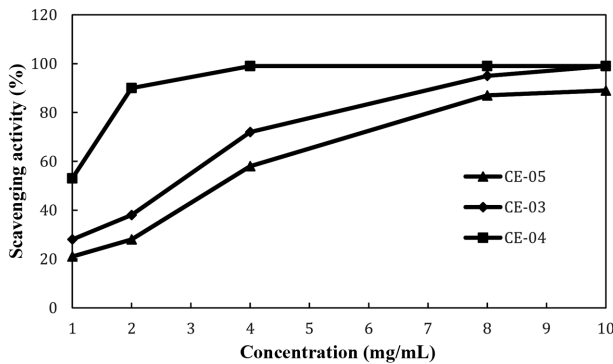


Fig. 1. Effect of extract concentration on DPPH scavenging activity of cinnamon extracts prepared with water (CE-03) and 70% ethanol (CE-04) and subcritical water extraction (CE-05).

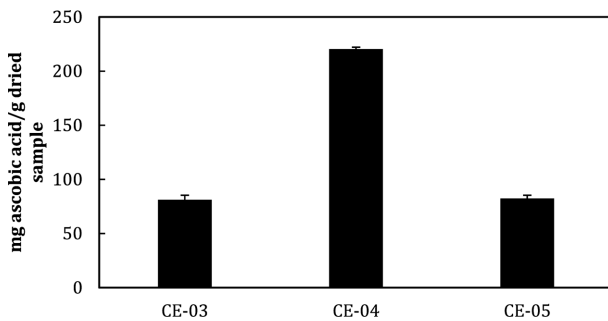


Fig. 2. Ascorbic acid content of cinnamon extracts prepared with water (CE-03), 70% ethanol (CE-04) and subcritical water extraction (CE-05).

항산화활성도를 나타냈고, 농도가 증가함에 따라 항산화활성도가 추출방법에 관계없이 완만하게 증가하였다. 그러나, 70% 에탄올 추출물(CE-04)의 항산화활성도는 농도가 1에서 2 mg/mL으로 증가함에 따라 급격하게 55에서 88%로 증가하였지만, 농도가 4 mg/mL에서 96%가 된 이후 거의 일정한 수준으로 유지되었다. 70% 에탄올 추출물(CE-05)은 농도 8 mg/mL 이전까지는 열수추출물(CE-03)과 아임계추출물(CE-05)에 비하여 높은 항산화활성도를 나타냈지만, 그 이후는 유사한 값을 나타냈다. 이 결과를 통해 70% 에탄올이 물보다 항산화물질을 추출하는데 보다 효율적인 것으로 사료된다. Kim et al. (1993)은 계피 추출물의 항산화활성도는 추출시간에 관계없이 용매를 물보다 70% 에탄올을 사용했을 때 높았다고 보고하였다. 저해농도(IC_{50})은 DPPH scavenging activity 50%를 의미하며, 같은 항산화활성도가 50%에 도달되기 위한 시료의 농도를 나타낸다. 저해농도는 열수추출물(CE-03), 70% 에탄올 추출물(CE-04), 그리고 아임계추출물(CE-05)에서 각각 2.94, 0.89, 그리고 3.87 mg/mL이었다(Table 3).

FRAP 분석을 통한 열수추출물(CE-03), 70% 에탄올 추출물(CE-04), 그리고아임계추출물(CE-05)의 아스코브산(ascorbic acid) 농도는 각각 81.10, 220.44, 그리고 82.37 mg/g (dried sample)이었다(Table 2). DPPH scavenging

Table 3. Inhibition concentration (IC_{50}) of cinnamon extracts prepared with water (CE-03), 70% ethanol (CE-04) and subcritical water extraction (CE-05)

Extract	IC_{50} (mg/mL)
Ascorbic acid (standard)	0.05 ± 0.10
CE-03	2.94 ± 0.02
CE-04	0.89 ± 0.22
CE-05	3.87 ± 0.14

activity에서와 마찬가지로 70% 에탄올 추출물(CE-04)의 항산화활성도가 월등히 크게 나타났고, 열수추출물(CE-03)과 아임계추출물(CE-05)은 유사한 결과를 보였다.

요 약

건강 지향적인 사회 추세의 영향으로 건강 기능 식품의 관심과 개발이 증가되고 있다. 계피는 기능적 특성으로 인해 한약뿐만 아니라 식품 성분으로도 사용되고 있어서 본 연구에서는 추출용매와 추출방법을 달리하여 육계피 추출액의 향기 성분과 항산화활성도를 조사하였다. 육계피 추출물의 향기 성분인 coumarin, cinnamic acid, cinnamaldehyde, cinnamyl alcohol의 함량을 조사하였다. 에탄올 70%의 추출물에서 coumarin, cinnamic acid 그리고 cinnamylaldehyde의 함량은 증류수를 이용한 열수추출물과 아임계추출물에 비하여 높게 나타났다. 증류수를 이용한 아임계추출물의 coumarin, cinnamic acid, 그리고 cinnamaldehyde 함량은 열수추출물보다 높게 나타났지만, cinnamyl alcohol은 반대로 낮게 나타났다. DPPH 분석을 통한 항산화활성도 측정에서 DPPH scavenging activity는 추출물의 농도가 증가할수록 증가하였고, 70% 에탄올 추출물의 항산화활성도가 가장 크게 나타났다. FRAP 분석을 통한 항산화활성도 측정에서 70% 에탄올 추출물의 ascorbic acid 함량이 가장 크게 나타났고, 열수추출물과 아임계추출물은 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$).

감사의 글

본 연구는 한국식품연구원의 연구비 지원으로 수행되었음.

References

- AOAC. 1990. Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists. (No. 934.06), Arlington, VA, USA.
- Benzi IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The frap assay. Anal. Biochem. 239: 70-76.
- Carr AG, Mammucari R, Foster NR. 2011. A review of subcritical water as a solvent and its utilisation for the processing of hydro-

- phobic organic compounds. *Chemical Eng. J.* 172: 1-17.
- Corrales M, Toepfl S, Butz P, Knorr D, Tauscher B. 2008. Extraction of anthocyanins from grape by-products assisted by ultrasonics, high hydrostatic pressure or pulsed electric fields: A comparison. *Innov. Food Sci. Emer. Technol.* 9: 85-91.
- Dodonne S, Vitrac X, Coutiere P, Woillez M, Merillon JM. 2009. Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DOOP, ABRS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *J. Agric. Food Chem.* 57: 1768-1774.
- Durling NE, Catchpole OJ, Grey JB, Webby RF, Mitchell KA, Foo LY, Perry NB. 2007. Extraction of phenolics and essential oil from dried sage (*Salvia officinalis*) using ethanol-water mixtures. *J. Food Chem.* 101: 1417-1424.
- He L, Zhang X, Xu H, Xu C, Yuan F, Knez Ž, Novak Z, Gao Y. 2012. Subcritical water extraction of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) seed residues and investigation into their antioxidant activities with HPLC-ABTS+ assay. *Food Biopro. Proc.* 90: 215-223.
- Hirumu K, Katudi O, Nenokichi H. 1974. Constituents of the essential oil from *Cinnamomum Loureirri* Nees. *R. Sci. Res. Inst.* 10: 47-50.
- Inokuchi J, Okabe, H., Yamauch, T., Nagamatsu, A., 1984. Inhibitors of angiotensin converting enzyme in crude drugs. I., *Chem. Pharm. Bul.* 32: 3615-3619.
- Kadam SU, Tiwari BK, O'Donnell CP. 2013. Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *J. Agric. Food Chem.* 61: 4667-4675.
- Kanmaz EÖ. 2014. Subcritical water extraction of phenolic compounds from flaxseed meal sticks using accelerated solvent extractor (ASE). *Eur. Food Res. Technol.* 238: 85-91.
- Khuwijitjaru P, Sayputikasikorn N, Samuhasaneetoo S, Penroj P, Siriwongwilaichat P, Adachi S. 2012. Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*). *J. Oleo Sci.* 61: 349-355.
- Kim MB, Park JE, Woo SW, Lim SB, Hwang JK. 2014. Optimization of high hydrostatic pressure process for the extraction of kirenol from *Siegesbeckia orientalis* L. using response surface methodology. *J. Food Sci. Biotechnol.* 23: 731-738.
- Kim NM, Yang JW, Kim WJ. 1993. Effect of ethanol concentration on index components and physicochemical characteristics of cinnamon extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 282-287
- Kim SH, Hyun SH, Choung SY. 2006. Anti-diabetic effect of cinnamon extract on blood glucose in db/db mice. *J. Ethnophar.* 104: 119-123
- Kya P, Calista N. 1969. Studies on some local cinnamomum species. *U. Burma J. Life Sci.* p.197
- Llorach R, Espin JC, Tomas-Barberan FA, Ferreres F. 2002. Artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts as a potential source of health-promoting antioxidant phenolics. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3713-3717.
- Plaza M, Amigo-Benavent M, del Castillo MD, Ibáñez E, Herrero M. 2010. Neof ormation of antioxidants in glycation model systems treated under subcritical water extraction conditions. *Food Res. Inter.* 43: 1123-1129.
- Prasad KN, Yang B, Zhao M, Wang BS, Chen F, Jiang Y. 2009. Effects of high-pressure treatment on the extraction yield, phenolic content and antioxidant activity of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit pericarp. *Inter. J. Food Sci. Technol.* 44: 960-966.
- Wijesekera ROB, Jayewardene AL, Fonseke H. 1975. Essential oil IV. Recent studies on the volatile oils in cinnamon. *J. Nat. Sci. Coun. Sri Lanka.* 3: 101-107.
- Zhang S, Xi J, Wang C. 2005. High hydrostatic pressure extraction of flavonoids from propolis. *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 80: 50-54.