

건조방법에 따른 잣솔잎 분말 추출액의 항산화특성

정하숙 · 김인호¹ · 김성호¹ · 이준호^{1,*}

덕성여자대학교 식품영양학과, ¹대구대학교 식품공학과

Antioxidant Properties of *Pinus koraiensis* Needle Powder Extracts as Influenced by Drying Methods

Ha-Sook Chung, In Ho Kim¹, Seong Ho Kim¹, and Jun Ho Lee^{1,*}

Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University

¹Department of Food Science and Engineering, Daegu University

Abstract

Korean pine needles have long been used in traditional Korean herbal medicine. Hence, pine needle extract was prepared as powder using 50% ethanol extraction followed by various drying methods such as hot-air drying, vacuum drying, and freeze drying. With these extracts, the effects of the drying methods on the total phenolic content and antioxidant activities were assessed. As a result, vacuum drying resulted in the highest yield, whereas hot-air dried extract contained the least amount of total phenolic compounds. However, the extracts by hot-air drying showed the highest amount of total flavonoids in comparison with the extracts obtained by other drying methods ($p < 0.05$). In case of freeze dried samples, there was much stronger 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS) radical scavenging activities than in other samples ($p < 0.05$). The nitrate scavenging activities of all samples at high acidic conditions were higher than 80%, and that of the vacuum dried sample showed a significantly higher value ($p < 0.05$). *t*-Cinnamic acid was the major phenolic acid regardless of drying method applied.

Key words: *Pinus koraiensis*, needle powder, ethanolic extracts, DPPH free radical scavenging, ABTS, total phenolic content, drying methods

서 론

소나무는 극동지방에서 자생하는 상록성 침엽수로서 모든 부위(잎, 솔방울, 송진 등)가 구황식물로 이용되어 왔으며, 특히 잣솔잎은 한방 및 민간요법으로 여러 가지 성인병(신경통, 당뇨병, 고혈압, 피부질환 등)의 치료에 사용되는 약용 및 건강식품으로 이용되어 왔다(Choi et al., 2007). 잣솔잎의 생리활성에 관한 연구는 꾸준히 진행되어 솔잎 추출물의 식중독균에 대한 생육억제 효과 및 혈청 콜레스테롤 감소 효과(Choi et al., 1997; Lee et al., 1996), *Vibrio*에 대한 항균활성(Park & Lee, 2003), 폴리페놀 산화효소 억제능(Lee, 2006), 2형 당뇨 마우스의 혈당조절 효과(Kim et

al., 2006a), 항충치 활성 및 glucosyltransferase 억제 효과(Choi et al., 2007), 마우스 경구투여에 의한 장관면역 활성(Yoon et al., 2010) 등이 보고된 바 있다.

잣솔잎의 주 생리활성 성분은 정유성분(α -pinene, β -pinene, camphene, borneol, phellandrene 등)과 플라보노이드류(quercetin, kaempferol 등)이고(Kim & Shin, 2005), 잣솔잎 분말의 첨가가 과산화지질 급여한 흰쥐의 혈장 및 간장의 지질구성과 항산화능에 영향을 미치고(Lee, 2003), 육계의 혈액 콜레스테롤의 함량에도 영향을 미치는 것(Kim, 2011)으로 보고되었다.

한편 국내농업분야의 생산성과 가치향상을 위해서는 잣솔잎과 같은 식물자원을 가공하여 부가가치를 높이는 것이 필요하며, 이러한 식물유래 추출물을 이용한 건강기능식품의 개발은 신약개발보다 투자비용이 낮고 개발기간도 단축시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 국내 식물자원을 이용한 건강기능식품 및 소재개발을 위한 기초자료를 제공하고자, 잣솔잎을 다양한 방법으로 건조하여 분말을 제조하고 분말 추출물의 항산화성을 비교하였다.

*Corresponding author: Jun Ho Lee, Department of Food Science and Engineering, College of Engineering, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea
Tel: +82-53-850-6535; Fax: +82-53-850-6539
E-mail: leejun@daegu.ac.kr
Received November 10, 2013; revised November 19, 2013; accepted November 19, 2013

재료 및 방법

재료 및 분석시료의 제조

본 연구에서 사용된 잣솔잎은 경기도 포천시 신북면 금동리 소재 야산에서 2012년 3월말에 채취한 것을 사용하였다. 채취한 잣솔잎은 변색된 부분을 제거하여 선별한 후 다음의 세 가지 건조방법 즉, 동결건조법, 진공건조법, 열풍건조 방법을 이용하여 건조하였다. 건조온도는 식품의 건조시 주로 사용되는 온도영역 중 한 조건을 선정하였다.

동결건조는 -40°C의 심온냉동고(VLT 1450-3-D-14, Thermo Electron Corp., Asheville, NC, USA)에서 48시간 시료를 냉동한 후 동결건조기(Eyela FDU-1100, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 8.5 Pa 진공도에서 120시간 동안 행하였고, 진공건조는 진공건조기(Eyela VOS-301SD, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 0.1 MPa 진공도, 50±1°C에서 24시간 동안 실시하였다. 열풍건조는 열풍건조기(DMC 122SP, Daeil Engr. Co., Seoul, Korea)를 이용하여 50±1°C에서 48시간 동안 수행하였다.

생잣솔잎의 추출은 수분함량을 고려하여 고품분 함량을 기준으로 무게를 측정 후 50% 에탄올을 가하여 추출하였으며, 건조된 각 분말시료는 15 g에 50% 에탄올을 300 mL씩 가하여 80°C 수욕상에서 2시간씩 2회 반복 추출하였다. 얻어진 추출물을 40°C에서 감압농축하여, 동결건조한 후 분석시료로 사용하였다.

일반성분 분석

생잣솔잎의 일반성분은 AOAC의 표준분석법(AOAC, 2000)에 따라 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet추출법, 조회분은 건식회화법, 조섬유는 Henneberg-Stohmann 개량법으로 분석하였다.

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

총 페놀 함량은 Folin-ciocalteau법을 변형하여 측정하였다. 각각의 시료를 0.1 mg/mL의 농도로 조제한 뒤 1 mL를 취하고 2 N Folin-ciocalteau 시약 1 mL를 첨가한 후 상온에서 5분간 반응시켰다. 다음 10% sodium carbonate 1 mL를 첨가하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 tannic acid 용액으로 작성 후 페놀 함량을 정량하였다.

총 플라보노이드 함량 측정은 각각의 시료를 10.0 mg/mL의 농도로 조제한 뒤 0.5 mL를 취하여 10% aluminum nitrate 100 µL와 1 M potassium acetate 100 µL, 80% ethanol 4.3 mL를 차례로 첨가하고 상온에서 40분간 반응시켜 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 표준물질로 검량 곡선을 작성 후 플라보노이드 함량을 정량하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 시료를 methanol에 1.0 mg/mL의 농도로 조제하여 사용하였으며, 시료 0.5 mL에 0.1 mM DPPH 용액 5 mL를 첨가하여 vortexing한 뒤 실온에서 1분간 반응시키고, 반응액을 UV-Vis spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능(%) = 1 - (시료 첨가 반응액의 흡광도 / 무첨가 반응액의 흡광도) × 100

ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 증류수에 녹인 7.2 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium persulfate 용액을 1:1로 혼합하여 12-16시간 동안 실온의 암소에서 방치한 후 methanol로 734 nm에서 흡광도가 1.1-1.2가 되도록 희석하였다. ABTS 희석용액 3.9 mL에 10.0 mg/mL의 농도로 조제한 시료 0.1 mL를 혼합한 다음 정확히 1분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS 라디칼 소거능(%) = 1 - (시료 첨가 반응액의 흡광도 / 무첨가 반응액의 흡광도) × 100

아질산염 소거능

메탄올에 1.0 mg/mL의 농도로 조제한 시료 1 mL에 1 mM 아질산나트륨 용액 1 mL를 가하고 0.1 N HCl 및 0.1 M 구연산 완충액(pH 3.0)을 가하여 반응용액의 총 부피를 10 mL로 한 후 37°C에서 1시간 반응시켰다. 이 반응액 1 mL를 취하여 2% 초산용액과 Griess 시약을 차례로 가하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 무첨가구에 대한 시료 첨가구의 아질산염 소거능을 계산하였다.

페놀산 함량 측정

페놀산 함량 분석은 분말시료 0.1 g에 methanol 10 mL를 가하고 용해시킨 다음 0.45 µm membrane filter(DISMIC-25CS, Advantec MFS, Inc., Dublin, CA, USA)를 통과한 용액을 HPLC(Waters 2695 separation module, Waters Co., Milford, MA, USA) 분석용 시료로 사용하였다. 이때 사용된 컬럼은 Kromasil 100-5C18(5.0 µm, 150×4.6 mm, AkzoNobel, Sweden)을, 이동상은 A액(0.1% acetic acid in water)과 B액(0.1% acetic acid in ACN)을 gradient로, 검출기는 PDA(280 nm)를 각각 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하여 평균과 표준편차를 계산한 후 그 결과를 비교하였다. 또한 분산분석을 실시하여 유

의적인 차이가 발견된 경우 Duncan's multiple range test에 의해 평균값에 대한 유의성을 검증하였다(SAS, 2000).

결과 및 고찰

일반성분 및 추출수율

생잣솔잎의 일반성분 분석결과, 수분함량은 $53.48 \pm 0.60\%$, 조단백질 함량은 $5.57 \pm 0.86\%$, 조지방 함량은 $5.16 \pm 0.44\%$, 조회분 함량은 $1.19 \pm 0.20\%$, 조섬유 함량은 $11.32 \pm 0.98\%$ 로 수분 다음으로 조섬유의 함량이 높은 것으로 나타났다. 한편 생잣솔잎의 조단백질 함량은 Kim & Kim(2004)이 보고한 채소 11종의 평균 조단백질 함량 1.75%에 비해 상대적으로 높은 값을 나타내었으며, 조섬유 함량도 일반 채소에 비해 상당히 높은 것으로 조사되었다. 한편 건조방법에 따라 50% 에탄올로 추출한 잣솔잎의 추출수율은 진공건조 시료가 $31.06 \pm 0.40\%$ 로 가장 높았고, 다음으로 열풍건조($27.70 \pm 1.34\%$), 동결건조($27.59 \pm 0.67\%$) 시료 순으로 나타났다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

건조 방법에 따른 잣솔잎 추출물의 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Table 1과 같다. 모든 시료에서 총 페놀 함량은 플라보노이드 함량보다 높게 정량되었다. 총 페놀 함량은 진공건조 및 동결건조된 시료에서 열풍건조 시료보다 유의적으로 높은 함량이 측정되었으며($p < 0.05$), 생잣솔잎 시료의 총 페놀 함량과는 유의적인 차이가 없었다. 이는 열에 의해 페놀성분의 일부가 파괴되었음을 의미하는데, 동결건조된 방아풀과 썩부쟁이(Kim et al., 2009), 삼백초(Kim et al., 2006b) 시료에서도 다른 방법으로 건조된 시료들과 비교하여 가장 높은 총 페놀 함량이 보고된 바 있다.

총 플라보노이드 함량은 총 페놀 함량과 반대의 경향으로 열풍건조 시료에서 669.05 ± 3.58 mg/100 g로 가장 높았으며, 생잣솔잎에서 528.32 ± 4.50 mg/100 g로 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 한편 진공건조 및 동결건조 시료간에 총 플라보노이드 함량의 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). 열풍건조된 방아풀의 총 플라보노이드 함량은 동결건조 시료보다 약 1.56 배 높은 것으로 보고된 바 있다.

Table 1. Total phenolic and flavonoid contents (mg/100 g) in 50% ethanol extracts from pine needle powder as influenced by drying conditions.

| Sample | Total phenolic content | Total flavonoid content |
|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Fresh <i>Pinus koraiensis</i> | $13,355.12 \pm 257.68^a$ | 528.32 ± 4.50^c |
| Hot-air drying | $10,681.85 \pm 206.11^b$ | 669.05 ± 3.58^a |
| Vacuum drying | $13,302.31 \pm 254.62^a$ | 552.18 ± 6.28^b |
| Freeze drying | $13,170.30 \pm 285.59^a$ | 545.02 ± 4.50^b |

^{a-c}Means with different letters in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

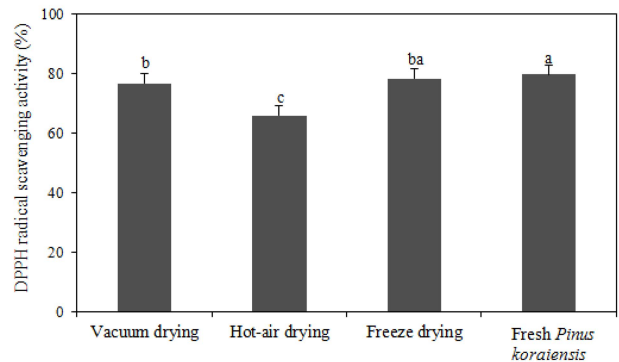


Fig. 1. DPPH radical scavenging ability in 50% ethanol extracts from pine needle powder as influenced by drying conditions. ^{a-c}Means with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

다(Kim et al., 2009).

DPPH radical 소거능

잣솔 건조 시료의 50% 에탄올 추출물의 DPPH radical 소거 활성을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 추출물의 농도가 1.0 mg/mL일 때 DPPH에 대한 전자공여능은 동결건조 시료에서 그 활성이 유의적으로 가장 높게 나타났고, 다음으로 진공건조 시료, 열풍건조 시료 순으로 나타났다($p < 0.05$). 전자공여능의 작용은 자유라디칼에 전자를 공유하여 식품에서는 지방산화를 억제하고 인체에서는 노화를 억제시키는데(Lee et al., 2006), 따라서 동결건조 시료는 생시료와 같은 수준의 높은 활성을 유지하고 있는 것으로 나타났다.

한편 항산화활성은 가열처리하였을 경우 비타민 C와 같이 열에 파괴되어 일반적으로 그 활성이 감소하는 것으로 알려져 있는데(Chang & Kim, 2011), 본 실험에서도 가열처리된 열풍건조, 진공건조 시료의 항산화활성이 상대적으로 낮게 나타났다. 이러한 유사한 결과는 톳(Kim & Lee, 2004; Lee et al., 2010), 방아풀(Kim et al., 2009), 마늘(Chang & Kim, 2011) 건조시료에서도 보고된 바 있다.

ABTS radical 소거능

ABTS는 비교적 안정한 자유라디칼로 DPPH 방법과 함께 항산화활성을 탐색하는데 자주 이용되고 있다(Yook et al., 2010). 건조 방법별 잣솔잎 추출물의 ABTS 라디칼에 대한 소거능은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 열풍건조 추출물이 $54.82 \pm 1.70\%$ 로 가장 낮았으며, 동결건조 추출물이 $65.77 \pm 0.99\%$ 로 유의적으로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 한편 동결건조된 포도 가공부산물의 ABTS 소거능은 열풍건조된 시료의 소거능보다 높았다고 보고된 바 있으며(Yook et al., 2010), 열풍건조된 국화의 ABTS 소거능은 건조온도가 증가함에 따라 유의적으로 감소하였다고 보고

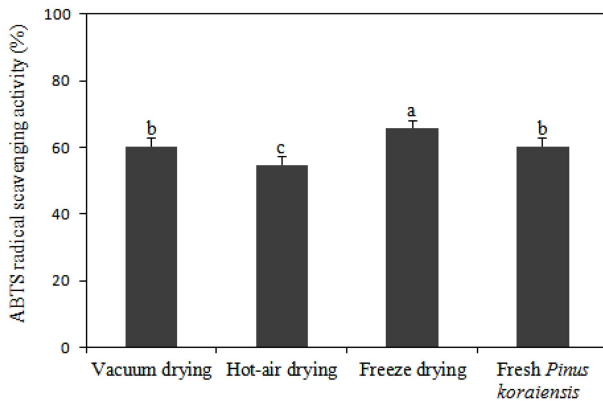


Fig. 2. ABTS radical scavenging ability in 50% ethanol extracts from pine needle powder as influenced by drying conditions. ^a Means with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

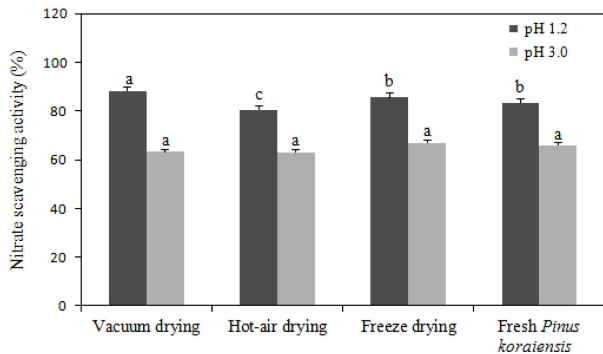


Fig. 3. Nitrite scavenging activity of 50% ethanol extracts from pine needle powder as influenced by drying conditions at pH 1.2 and 3.0. ^{a-c} Means with different letters are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

되었다(Bae et al., 2009).

아질산염 소거능

건조 방법별 잣솔잎 추출물의 아질산염 소거능을 반응조건의 pH를 1.2와 3.0으로 달리하여 각각 측정된 결과는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다. 모든 시료의 낮은 pH 조건에서 시료의 아질산염 소거능이 높게 나타났으며 pH가 3.0인 조건에서 소거능은 63~66%로 시료간 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p > 0.05$). pH가 1.2인 강산성 조건에서 잣솔잎 추출물의 아질산염 소거능은 80% 이상으로 높은 활성을 나타내었으며, 진공건조>동결건조>열풍건조 시료 추출물의 순으로 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 한편 동결건조된 분말마늘의 아질산염 소거능은 열풍건조시료보다 높게 보고되었으며(Chang & Kim, 2011), 방아풀과 씬바귀 나물의 건조시료에서도 유사한 결과가 보고되었다(Kim et al., 2009). 아질산염 소거작용은 체내외에서 효소

Table 2. Phenolic acid content (mg%) in 50% ethanol extracts from pine needle powder as influenced by drying conditions.

| Phenolic acid | Vacuum dry | Hot-air dry | Freeze dry |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| chlorogenic acid | 21.41±0.77 ^a | 11.93±0.17 ^b | 11.31±0.63 ^b |
| caffeic acid | 91.46±0.81 ^a | 62.61±2.04 ^c | 87.96±1.96 ^b |
| <i>p</i> -coumaric acid | 77.44±0.77 ^c | 91.90±0.54 ^a | 81.46±0.84 ^b |
| ferulic acid | 29.14±0.23 ^b | 42.93±0.23 ^a | 28.76±0.65 ^b |
| quercetin | 54.68±0.38 ^a | 17.09±0.23 ^b | 13.02±0.58 ^c |
| <i>t</i> -cinnamic acid | 156.75±0.86 ^b | 257.83±1.22 ^a | 156.71±1.63 ^b |

^{a-c} Means with different letters in the same column are significantly different according to Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

작용에 의해 환원된 nitrite가 amine류와 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 생성하여 각종 중독을 유발하는 것으로 알려진 nitrite를 제거하여 발암을 억제하는 작용이다(Peter, 1975; Rorald, 1975).

페놀산 조성 및 함량

건조방법을 달리하여 얻은 잣솔잎 추출물의 페놀산 조성 과 함량은 Table 2에 나타내었다. 건조방법에 상관없이 *t*-cinnamic acid의 함량이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 *p*-coumaric acid와 caffeic acid가 주요 페놀산으로 확인되었다. 또한 각 시료에서 가장 낮은 함량이 검출된 페놀산은 chlorogenic acid이었다. 건조방법에 따른 추출물의 페놀산 함량은 페놀산의 종류에 따라 건조방법 별 함량의 차이를 다소 보였으나, 상대적 함량 순위는 대부분 일치하는 것으로 나타났다. 한편 *t*-cinnamic acid는 인간 허파 선암세포(human lung adenocarcinoma cells)에 침투저해효과(Yen et al., 2011) 및 isoproterenol 유도된 쥐의 급성 빈혈성 심근손상에 저해효과(Song et al., 2013)가 있는 것으로 보고된 바 있다. 또한 Ferulic acid의 함량은 건조방법별 28.76-42.93 mg%로 나타났는데, 진통작용, 평활근 이완작용(Cho et al., 2000), 항산화 효과, 항돌연변이 활성 등(Kim et al., 2004) 여러 생리활성이 보고됨에 따라 건조방법에 따라 생리적 특성도를 일부 조절할 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

본 연구에서는 건조방법에 따른 잣솔잎 추출액 분말의 항산화적 특성과 성분변화를 조사하고자 생 잣솔잎을 진공건조, 열풍건조, 동결건조한 후 50% 에탄올로 추출하여 항산화적 활성 및 페놀산 함량에 미치는 영향을 비교하였다. 각 건조방법으로 건조시킨 잣솔잎 추출액 분말의 수율은 진공건조 시료가 31.06%로 가장 높았으며, 다음으로 열풍건조 시료 및 동결건조 시료의 순으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 열풍건조 시료가 유의적으로 적었으며($p < 0.05$), 반면 플라보노이드의 함량은 총 폴리페놀 함량과 반대의 경향으로 열풍건조 시료에서 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

전자공여능 및 ABTS radical 소거능은 1.0 mg/mL 농도에서 동결건조>진공건조>열풍건조 시료의 순으로 높은 활성을 나타내었다. 건조방법별 아질산염 소거능은 반응조건의 pH를 1.2와 3.0으로 달리하여 각각 측정된 결과 pH 1.2의 강산성 조건에서 잣솔잎의 아질산염 소거능이 80% 이상으로 높은 활성을 나타내었으며, 진공건조 시료가 유의적으로 높은 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 잣솔잎 추출물의 페놀산 조성과 함량은 *t*-cinnamic acid가 잣솔잎 중에 가장 많은 함량을 차지하고 있는 것으로 나타났으며 chlorogenic acid의 함량이 가장 낮은 것으로 나타났다. 건조방법에 따른 추출물의 페놀산 함량은 페놀산의 종류에 따라 건조방법 별 함량의 차이를 보였으나, 모든 페놀산을 합한 총 페놀산 함량은 열풍건조, 진공건조 및 동결건조 순으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 고부가식품기술개발사업(과제번호: 111119-03-2-HD110)에 의해 이루어진 것으로 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- AOAC. 2000. Official method of analysis of AOAC. 17th ed. International Association of Analytical Communities, Gaithersburg, MD, USA. p. 1-26.
- Bae SM, Na AS, Seo HK, Lee SC. 2009. Effects of drying conditions on the antioxidant activities and volatile compounds of *Chrysanthemi Flos* flowers. *J. Food Sci. Nutr.* 14: 329-334.
- Chang Y, Kim J. 2011. Effects of pretreatment and drying methods on the quality and physiological activities of garlic powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1680-1687.
- Cho JY, Moon JH, Park KH. 2000. Isolation and identification of 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid and 3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid from hot water extracts of *Hovenia dulcis* Thunb. and confirmation of their anti-oxidative and antimicrobial activity. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1403-1408.
- Choi HD, Koh YJ, Choi IW, Kim YS, Park YK. 2007. Anticarcinogenic activity and glucosyltransferase inhibitory effects of extracts from pine needle and twig. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 336-341.
- Choi MY, Choi EJ, Lee E, Im TJ, Cha BC, Park HJ. 1997. Antimicrobial activities of pine needle (*Pinus densiflora* Seib. et Zucc.) extract. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25: 293-297.
- Kim JA, Lee JM. 2004. The change of biologically functional compounds and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* with drying methods. *Korean J. Food Cult.* 19: 200-208.
- Kim JM, Kim DJ. 2004. The composition of dietary fiber on new vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 852-856.
- Kim MJ, Ahn JH, Choi KH, Lee YH, Woo GJ, Hong EK, Chung YS. 2006a. Effects of pine needle extract oil on blood glucose and serum insulin levels in *db/db* mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 321-327.
- Kim MJ, Kim IJ, Nam SY, Lee CH, Yun T, Song BH. 2006b. Effects of drying methods on content of active components, antioxidant activity and color values of *Saururus chinensis* Bail. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 14: 8-13.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY. 2004. Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 930-936.
- Kim YJ. 2011. Effects of dietary supplementation of pine needle powder on carcass characteristics and blood cholesterol contents of broiler chicken. *Korean J. Poult. Sci.* 38: 51-57.
- Kim YM, Choi MS, Bae JH, Yu SO, Cho JY, Heo BG. 2009. Physicochemical activity of Bang-A, aster and lettuce greens by the different drying methods. *J. Bio-Environm. Cont.* 18: 60-66.
- Kim YS, Shin DH. 2005. Volatile components and antibacterial effect of pine needle (*Pinus densiflora* S. and Z.) extracts. *Food Microbiol.* 22: 37-45.
- Lee E. 2003. Effects of powdered pine needle (*Pinus densiflora* Seib. et Zucc.) on serum and liver lipid composition and antioxidative capacity in rats red high oxidized fat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 926-930.
- Lee JM, Kang BH, Kim YK. 2010. Drying condition affects total phenol contents and antioxidant activities of *Hizikia fusiformis*. *J. Food Sci. Nutr.* 15: 244-247.
- Lee MK. 2006. Inhibitory effect of pine needle (*Pinus densiflora* S.) extract on potato polyphenol oxidase. *J. Life Sci.* 16: 866-869.
- Lee SJ, Park DW, Jang HC, Kim CY, Park YS, Kim TC, Heo BG. 2006. Total phenol election donating ability and tyrosinase inhibition activity of pear cut branch extract. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 24: 338-342.
- Lee YH, Shin YM, Cha SH, Choi YS, Lee SY. 1996. Development of the health foods containing the extract from *Pinus strobus* leave. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 25: 379-383.
- Park KN, Lee SH. 2003. Antimicrobial activity of pine needle extract and horseradish on the growth of *Vibrio*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 185-190.
- Peter FS. 1975. The toxicology of nitrate and N-nitroso compounds. *J. Sci. Food Agric.* 26: 1761-1770.
- Roralds W. 1975. Naturally occurring nitrite in food. *J. Japan Soc. Food Agric.* 26: 1735-1742.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. SAS User's Guide, version 6.12. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Song F, Li H, Sun J, Wang S. 2013. Protective effects of cinnamic acid and cinnamic aldehyde on isoproterenol-induced myocardial ischemia in rats. *J. Ethnopharm.* 150: 125-130.
- Yen GC, Chen YL, Sun FM, Chiang YL, Lu SH, Weng CJ. 2011. A comparative study on the effectiveness of *cis*- and *trans*-form of cinnamic acid treatments for inhibiting invasive activity of human lung adenocarcinoma cells. *Eur. J. Pharm. Sci.* 44: 281-287.
- Yook HS, Kim KH, Jang SA. 2010. Quality characteristics of grape pomace with different drying methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1353-1358.
- Yoon JA, Yu KW, Shin SH, Cho HY. 2010. Activation of intestinal immune system by an orally administered methanol extract from pine needles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 356-362.