

동양배 품종별 유과기와 수확기 과실의 항산화 활성

박연옥* · 최장전 · 최진호 · 김명수 · 임순희 · 이한찬

국립원예특작과학원 배시험장

Antioxidant Activities of Young and Mature Fruit in Three Asian Pear Cultivars

Yeon-Ok Park*, Jang-Jeon Choi, Jin-Ho Choi, Myung-Su Kim, Sun-Hee Yim, and Han-Chan Lee

Pear Research Station, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Naju 520-821, Korea

Abstract. This study was performed to compare antioxidant activities of 80% EtOH extracts from young and mature fruit of three pear cultivars ('Wonhwang', 'Whangkeumbae', and 'Chuwangbae') classified by three parts (peel, core, and flesh) of mature fruit. The total phenolics compound and flavonoid contents of 80% EtOH extracts from young fruit were 1.5-2.5 times higher than the mature fruit with great cultivar difference. In particular, the contents of those compounds were highest in 'Chuwangbae' pear. The total phenolics compound and flavonoid contents of 80% EtOH extracts from mature fruit were the most in the peel, core, and flesh respectively. DPPH radical scavenging and ABTS⁺ radical scavenging of 80% EtOH extracts from the young fruit were higher than the mature fruit of 'Chuwangbae' pear. DPPH radical scavenging and ABTS⁺ radical scavenging of 80% EtOH extracts from mature fruit were the highest in the peel, core, and flesh respectively.

Additional key words: ABTS, DPPH radical scavenging, flavonoid, phenolic compounds

서 언

배는 배나무속(*Pyrus*)에 속하는 낙엽성 교목식물 우리나라에서는 1906년 일본에서 개량된 품종들이 도입되어 전국적으로 재배되고 있는 4대 과실 중의 하나로서 기호도가 좋아 대부분 생과로서 소비되고 있다. 또한, 배는 맛과 색, 외형, 기능성 등을 향상시키고자 새로운 품종의 개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 예로부터 배 잎과 껍질, 과실은 민간요법으로 토사광란, 부스럼이나 피부질환, 가래, 기침, 숙취, 해열, 배변 등에 쓰여 왔으며(Jang et al., 2003), 최근 많은 연구논문에서 배에 함유되어 있는 chlorogenic acid, caffeic acid, epicatechin, arbutin, catechin, ρ -coumaroylquinic acid와 rutin 등 일부 배당체들이 밝혀지면서(Escarpa and Gonzalez, 1999; Oleszek et al., 1994) 이들 폴리페놀 성분들이 항암, 항염증, 항산화 및 항혈전 작용의 생리활성물질로서 크게 각광받고 있다(Hashimoto et al., 1989). 폴리페놀(polyphenol) 화

합물은 한 분자 내 2개 이상의 phenolic hydroxyl를 가진 방향족 화합물들을 가리키며 천연 polyphenol 화합물은 flavonoid, lignans, lignins 그리고 탄닌 등이 있다(Sharma and Sehgal, 1992). 플라보노이드 화합물은 식물계에 존재하는 천연 항산화제의 대부분을 차지하며, 지방질의 산화, 활성산소의 소거 및 산화적 스트레스를 막는 역할을 함으로서 노화방지, 암 및 심장질환 등을 예방하거나 지연하는 효과를 나타내어 오늘날 식품, 의약품, 화장품 등 많은 분야에서 활용되고 있다(Lim, 1996; Park, 1998).

배의 기능성에 관한 연구는 한국산 배의 polyphenol 화합물의 구조결정 연구에서 4종의 polyphenol 화합물을 분리 정제하였으며(Zhang et al., 2003b), 한국산 배의 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량 및 성분변화와 항산화 효과에서 과육보다는 과피에 많은 양이 존재하였고(Zhang et al., 2003a), 한국산 배의 polyphenol 분획물이 지질대사에 미치는 영향을 분석한 결과 혈장과 간에서 총지질과 콜

*Corresponding author: pyosmilegem@hanmail.net

※ Received 22 August 2011; Revised 7 December 2011; Accepted 13 December 2011. 본 연구는 2009년 농촌진흥청 국립원예특작과학원 배시험장 박사후연수과정 지원사업에 의해 이루어진 것입니다.

레스테롤 및 중성지질을 감소하는 효과가 있었다(Choi et al., 2004). 또한 열처리 조건에 따라 온도가 높고 시간이 길수록 과실의 polyphenol 함량과 DPPH 라디칼 소거능과 같은 항산화 활성이 증가하였고(Hwang et al., 2006), 배의 품종 및 부위에 따라 전자공여능이나 아질산염 소거능 등 생리활성에 차이가 있었다(Choi et al., 2006). 그리고 배의 생장시기에 따른 페놀성 물질은 유과기에 성숙기보다 함량이 더 많았고 항산화 활성이 우수하였다(Zhang et al., 2007). 이러한 대부분의 배 기능성 연구는 우리나라 주요 재배 품종인 신고를 토대로 이루어졌고 국내에서 육성된 신품종에 관한 연구는 주로 품종의 특성과 저장방법, 세포벽 성분 및 분해효소 등에 관한 내용(Hong et al., 2004; Yoo et al., 2002)으로 신품종의 기능성에 관한 연구 결과는 많이 미비하다.

따라서 본 연구에서는 신품종 배 생산자원의 충분한 이용과 부가가치 증대를 위한 이용 개발을 목적으로 기능성 연구자료가 미비한 '원황', '황금배', '추황배' 등 3품종의 과실을 이용하여 생육 초기인 유과기와 후기인 수확기 과실의 기능성물질 함량과 항산화 활성을 조사하고 수확기 과실의 부위에 따른 페놀성 물질과 항산화 활성을 비교하여 국내 육성 신품종 배의 소비 촉진에 기여하고자 실시하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 배는 2009년 전남 나주시에 소재한 국립원예특작과학원 배시험장에서 수확한 '원황', '황금배', '추황배'를 사용하였다. 유과기 과실은 배 비대주기에서 제 1, 2시기인 결실 후부터 7월 중·하순의 과실을 배 유과기로 간주하여(Endo, 1973) 만개 후 70일에 과실을 채취하여 세절하여 전체과실을 동결건조시켰고, 수확기 과실은 각 품종의 적숙기 판정 후 과실을 채취하여 과피, 과심, 과육 및 전체과실 등 4조건으로 나누어 동결건조하였다.

시료 추출제조

추출물 제조는 동결건조 시료 50g에 20배의 80% 에탄올을 넣어 환류냉각추출기를 이용하여 150°C에서 3시간 추출하고 Whatman No. 6 여과지로 여과한 후 여액을 진공농축기를 이용하여 45°C 이하에서 감압농축 하였고, 잔사는 위와 동일한 방법으로 2회 반복추출하였다. 농축액은 동결건조시켜 -70°C 냉동기에 보관하면서 실험에 사용하였다. 수율은 건조 시료에 대한 동결건조 추출물을 이용하여 중량법으로 구하였다.

총 폴리페놀 화합물 함량 측정

배 과실 추출물의 총 폴리페놀 함량은 AOAC의 Folin-Denis 방법(Gutfinger, 1958)을 일부 수정하여 Foline-ciocalteu 시약이 추출물의 페놀성 화합물에 의해 환원되어 몰리브덴 청색으로 발색되는 원리를 이용하여 정량분석하였다. 각각의 추출물 0.2mL에 3차 증류수 5mL를 가한 후 Folin-ciocalteu 시약 0.5mL를 혼합하여 실온에 3분간 방치한 다음 2% Na₂CO₃ 용액 1mL를 혼합 후 실온에 1시간 방치하였다. 그리고 spectrometer(JP/U-3900, Hitachi, Japan)를 이용하여 725nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 화합물의 함량을 구하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

배 과실 추출물의 총 플라보노이드 함량은 Moreno(2000) 방법을 이용하여 측정하였다. 각 농도별 추출물 0.5mL에 10% 알루미늄질산염 0.1mL과 1M 초산칼륨 0.1mL 그리고 에탄올 4.3mL을 혼합한 후 실온에서 40분간 방치한 후 spectrometer (JP/U-3900, Hitachi, Japan)를 이용하여 415nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin을 사용하여 검량선을 작성한 후 총 플라보노이드의 함량을 구했다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH(2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)를 이용한 라디칼 소거능은 Blios(1958) 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 1mg·mL⁻¹ 농도로 제조한 시료 0.25mL에 0.15mM DPPH 용액 1mL를 가하여 잘 혼합하여 30분 후 분광광도계(JP/U-3900, Hitachi, Japan)를 사용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 80% 에탄올을 취하여 상기와 같은 방법으로 실험하였다. 전자공여능력은 시료 첨가구와 시료 무첨가구의 흡광도를 이용하여 다음 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도}/\text{대조구의 흡광도})] \times 100$$

ABTS 양이온(ABTS·⁺) 소거활성

ABTS 양이온 소거활성 측정은 Pellagrin et al.(1998)의 방법을 약간 변형하여 7.4mM ABTS[2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline -6-sulfonic acid) diammonium salt]와 140mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 16시간 동안 방치하여 radical을 형성시킨 다음 실험직전에 ABTS 용액을 735nm에서 흡광도가 0.7 ± 0.05이 되도록 희석하여 사용하였다. 1mg·mL⁻¹ 농도로 제조한 시료 25μL에 희석된 ABTS

solution 975μL를 섞어 암소에서 6분간 반응시킨 후 735nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 80% 에탄올을 취하여 상기와 같은 방법으로 실험하였다. 전자공여능력은 시료 첨가구와 시료 무첨가구의 흡광도를 이용하여 다음 식과 같이 백분율로 나타내었다.

$$\text{ABTS radical 소거능(\%)} = [1 - (\text{실험구의 흡광도}/\text{대조구의 흡광도})] \times 100$$

통계처리

모든 실험 결과는 3회 이상 반복 측정하여 평균으로 나타내었으며, 각 얻어진 결과 값에 대한 유의성은 SPSS 18.0 (Statistical Package for Social, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

추출 수율

본 연구에 사용한 '원황' 등 3품종의 80% 에탄올 추출물의 수율은 Table 1과 같다. 수율은 각 과실의 건조 시료에 대한 동결건조 추출물을 중량법으로 구하였으며, 유과기 과실의 수율은 '원황' 21.5%, '황금배' 21.7%, '추황배' 18.1%였으며, 수확기 과실의 수율 중 전체 과실의 수율은 '원황' 22.6%, '황금배' 23.3%, '추황배' 22.4%였다. 수확기 과실의

부위별 수율 중 과피는 18.9-22.1%, 과심은 23.4-25.2%, 과육은 21.5-24.2%로 품종별 유의한 차이는 없었다. 이는 Kim et al.(2004)의 유기 용매별 포도종자 추출물 중 가장 수율이 좋았던 70% 에탄올 추출물의 수율인 8.9-9.16% 보다 높았으며, Han et al.(2011)의 민들레의 부위별 70% 에탄올 추출에 의한 수율 중 전초 34.2%, 꽃 33.7%, 뿌리 29.7%보다는 적었으나 잎 24.7%와는 유사하였다.

총 폴리페놀 화합물 함량

'원황' 등 3품종 과실의 유과기와 수확기별 총 폴리페놀 화합물의 함량의 변화는 Table 2와 같다. '원황'의 총 폴리페놀 화합물 함량은 유과기에 126.2mg·100g⁻¹에서 수확기 71.2mg·100g⁻¹ 감소하였고, '황금배'는 138mg·100g⁻¹에서 65.6mg·100g⁻¹, '추황배'는 188.6mg·100g⁻¹에서 70.2mg·100g⁻¹으로 감소하여 품종별로 유과기의 함량이 수확기보다 약 1.5-2.5배 높게 검출되었다. 이는 '금촌추'에 있어 총 폴리페놀 화합물의 함량이 성장초기에 높았다가 과실이 성숙함에 따라 감소한다는 Kim(1975)의 보고와 유사하였다. 이상과 같은 배의 성장시기에 따라 유과기보다 수확기에 총 페놀성 화합물의 함량이 감소하는 이유는 과실이 비대함에 따라 과실내의 polyphenol이 다른 물질과 결합하여 polyphenol과는 형태가 다른 물질로 과실 내에 축적되거나(Wilkinson, 1970) 또 과실 비대속도가 상대적으로 빨라 과피 또는 과육의 페놀물질이 희석되었기 때문인 것으로 생각된다(Kim, 1988).

수확기 과실 부위별 총 폴리페놀 화합물의 함량 변화는

Table 1. Yield of 80% EtOH extracts from young and mature fruit of three pear cultivars. (unit: %)

Cultivars	Young fruit ^z	Mature fruit ^y	Part of mature fruit		
			Peel	Core	Flesh
Wonhwang	21.5 a ^x	22.6 a	21.2 a	23.4 a	24.2 a
Whangkeumbae	21.7 a	23.3 a	22.1 a	24.2 a	22.6 a
Chuhwangbae	18.1 a	22.0 a	18.9 a	25.2 a	21.5 b

^zFruit of 70 days after full bloom.

^yOptimum maturity fruit of the cultivars.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 2. Content of total phenolics and flavonoids of 80% EtOH extracts from young and mature fruit of three pear cultivars.

Cultivars	Total phenolics (mg·100 g ⁻¹ FW)		Total flavonoids (mg·100 g ⁻¹ FW)	
	Young fruit ^z	Mature fruit ^y	Young fruit	Mature fruit
Wonhwang	126.2 c ^x	71.2 a	30.3 b	19.1 b
Whangkeumbae	138.0 b	65.6 b	33.1 ab	19.1 b
Chuhwangbae	188.6 a	70.2 a	36.5 a	20.4 a

^zFruit of 70 days after full bloom.

^yOptimum maturity fruit of the cultivars.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 3. Content of total phenolics and flavonoids of 80% EtOH extracts from mature fruit part of three pear cultivars.

Cultivars	Total phenolics (mg·100 g ⁻¹ FW)			Total flavonoids (mg·100 g ⁻¹ FW)		
	Peel	Core	Flesh	Peel	Core	Flesh
Wonhwang	97.4 b ^z	79.1 b	31.4 b	22.9 b	19.0 a	9.1 b
Whangkeumbae	84.9 c	84.7 a	34.8 a	22.3 b	19.1 a	9.9 b
Chuhwangbae	104.2 a	68.4 c	35.7 a	25.3 a	18.7 a	10.7 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 3과 같다. '원황'의 과피, 과심, 과육의 총 폴리페놀 화합물의 함량은 97.4mg, 79.1mg, 31.4mg·100g⁻¹으로 과피의 함량이 가장 많았으며, '황금배'도 '원황'과 같은 양상을 보였는데 특히 '황금배'는 과심의 총 폴리페놀 화합물의 함량이 84.7mg·100g⁻¹으로 '추황배'의 68.4mg·100g⁻¹ 보다 유의하게 더 많았다. '추황배'의 과피, 과심, 과육의 총 폴리페놀 화합물의 함량은 104.2mg, 68.4mg 및 35.7mg·100g⁻¹으로 Zhang et al.(2007)이 보고한 '추황배' 수확기 과실의 과피, 과심, 과육 1.13mg·g⁻¹, 1.43mg·g⁻¹, 0.32mg·g⁻¹과 비교했을 때 과심의 폴리페놀 함량은 다소 적었지만 과피와 과육은 유사하게 검출되었다. 또한 Zhang et al.(2007)의 '풍수'와 '신고', '추황배' 등의 연구와 Choi et al.(2006)의 '원황' 등 5개 품종의 울산에서 생산되는 배의 항산화 연구 결과와도 유사하였다.

총 플라보노이드 함량

'원황' 등 3품종 과실의 유과기와 수확기별 총 플라보노이드 함량의 변화는 Table 2와 같다. 총 플라보노이드 함량은 세 품종 모두 유과기의 과실이 수확기 과실 보다 유의하게 함량이 많았는데 '추황배'에 있어 유과기 과실은 36.5mg·100g⁻¹, 수확기는 20.4mg·100g⁻¹로 다른 두 품종보다 함량이 많았으며, '원황'이 상대적으로 낮게 조사되었다. 수확기 과실의 부위별 플라보노이드 화합물의 함량은 과피, 과심, 과육 순으로 많았으며 과피는 유의적으로 '추황배'가 25.3mg·100g⁻¹로 함량이 많았고 '원황'은 22.9mg·100g⁻¹, '황금배' 22.3mg·100g⁻¹으로 두 품종간에는 유의적인 차이가 없었다. 과심은 3품종간의 유의적인 차이는 없었으나 과육에서는 '추황배', '황금배', '원황' 순으로 함량이 많았다(Table 3). 이러한 결과는 Choi et al.(2006)의 울산 지역에서 생산되는 '원황'과 '황금배'의 부위별 총 플라보노이드 화합물 함량과 유사하였다. 이와 같이 과실 생장시기와 부위에 따른 폴리페놀 화합물 함량의 차이는 동양배의 tannin과 polyphenol이 석세포가 가장 많이 집중된 도관속, 과심부 그리고 표피층에 많이 분포되고(Ryugo, 1969), 배의 과육세포 중에는 polyphenol 성분을 함유하는 세포와 함유하지 않는 세포가 있는데 polyphenol을 함유하는 세포는 대부분 과피 부분에 있기 때문으

로 알려졌다(Machida, 1965).

DPPH 라디칼 소거능

'원황' 등 3품종 과실의 유과기와 수확기별 DPPH 라디칼 소거능을 조사한 결과, 3품종 모두 유과기의 DPPH 라디칼 소거능이 수확기보다 약 2-3배 정도 우수하였으며 품종간에는 유과기에 '추황배'가 62.7%로 '원황'과 '황금배'에 비하여 유의하게 DPPH 라디칼 소거능이 높았다(Table 4). 수확기의 DPPH 라디칼 소거능은 11.6-12.8%로 유과기에 비하여 떨어졌는데 품종간에도 큰 차이를 보이지 않았다. 이는 Yu et al.(2004)의 생육 시기에 따른 피자두의 DPPH 라디칼 소거능 측정 결과 미숙과보다 완숙될수록 소거활성이 점차 감소되고 폴리페놀 화합물의 함량에 비례하여 나타난다는 보고와 유사하였다. 한편, 수확기 과실 부위별 DPPH 라디칼 소거능은 과피에서 23.8-28%, 과심에서 15.3-26.7%, 과육에서 6.6-10.1%의 순으로 나타났는데(Table 5) 품종간에 따른 부위별 DPPH 라디칼 소거능은 과피에서는 '추황배'가 28.0%로 가장 높았으며 과심과 과육은 '황금배'에서 유의하게 높았다. 이러한 결과는 Choi et al.(2006) 등의 조사 결과 '원황' 등 5개 종에서 과피가 과육과 과심에 비해 높은 활성은 보이고 특히 '황금배'는 과심에서 높은 활성을 보이고 폴리페놀의 함량이 많을수록 항산화 활성이 높게 나타났다는 보고와 유사하였다. 이는 배 과피 polyphenol에 포함되어 있는 hydroxyl group이 DPPH와 결합하기 용이한 구조를 가졌기 때문으로 사료된다(Lee et al., 2002).

Table 4. Electron donating abilities of 80% EtOH extracts from young and mature fruit of three pear cultivars.

Cultivars	Young fruit ^z (%)	Mature fruit ^y (%)
Wonhwang	35.3 b ^x	11.6 a
Whangkeumbae	41.2 b	12.6 a
Chuhwangbae	62.7 a	12.8 a

^zFruit of 70 days after full bloom.

^yOptimum maturity fruit of the cultivars.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 5. Electron donating abilities of 80% EtOH extracts from mature fruit of three pear cultivars.

Cultivars	Peel (%)	Core (%)	Flesh (%)
Wonhwang	25.1 a ^z	15.3 b	7.9 b
Whangkeumbae	23.8 a	26.7 a	10.1 a
Chuhwangbae	28.0 a	17.3 b	6.6 b

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

Table 6. ABTS radical scavenging activities of 80% EtOH extracts from young and mature fruit of three pear cultivars.

Cultivars	Young fruit ^z (%)	Mature fruit ^y (%)
Wonhwang	5.64 c ^x	1.16 b
Whangkeumbae	8.37 b	1.20 b
Chuhwangbae	11.8 a	1.38 a

^zFruit of 70 days after full bloom.

^yOptimum maturity fruit of the cultivars.

^xMean separation within columns by Duncan's multiple range test ($P \leq 0.05$).

ABTS 양이온(ABTS⁺) 소거활성

‘원황’ 등 3 품종 과실의 유과기와 수확기별 ABTS 양이온 소거활성을 조사한 결과는 Table 6과 같다. 세 품종 모두 유과기에 11.8-5.64%로 수확기의 1.38-1.16%보다 높은 ABTS 양이온 소거활성을 보였으며 유과기에는 ‘추황배’, ‘황금배’, ‘원황’ 순으로 나타났고 수확기도 ‘추황배’가 다른 두 품종 보다는 유의하게 높은 활성을 보였다. 수확시기에 과실 부위에 따른 ABTS 양이온 소거활성을 조사한 결과, 세 품종 모두 과피, 과심, 과육 순으로 소거활성이 높게 나타났으며 과피에서는 ‘추황배’, 과심과 과육은 ‘황금배’가 더 높아 DPPH 라디칼 소거능과 유사한 결과를 나타내어 배의 생장시기와 과실 부위별 추출물의 항산화 활성은 polyphenol 화합물의 함량에 따라 농도 의존적으로 나타남을 알 수 있었다.

결론적으로 ‘원황’, ‘황금배’, ‘추황배’ 등 국내에서 육성된 배의 polyphenol 화합물과 총 플라보노이드 함량은 유과기가 수확기보다 1.5-2.5배 이상 많았고 품종간에 차이를 보였는데 품종간 비교에서는 ‘추황배’의 함량이 가장 많았으며, 과실 부위별 함량은 과피에서 가장 많았고 과심과 과육 순으로 나타났다. 또한 DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 양이온 소거활성도 같은 양상이었다. 따라서 배 과실의 이용에 있어 생과로서뿐만 아니라 가공을 통한 기능성식품 소재로 신제품을 이용할 때는 ‘추황배’를 이용하는 것이 유리하고, 과육에 비해 기능성물질의 함량이 높은 과피를 이용한 새로운 기능성식품을 발굴해야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 ‘원황’, ‘황금배’, ‘추황배’ 등 신육성 품종을 이용하여 유과기와 수확기의 과실 및 부위별 항산화 활성을 비교하였다. 품종별 총 폴리페놀 화합물과 플라보노이드 함량은 유과기 과실이 수확기 과실에 비해 1.5-2.5배 많았는데 특히 ‘추황배’의 함량이 높게 조사되었다. 수확기 과실의 부위별 총 폴리페놀 화합물과 플라보노이드의 함량은 과피, 과심, 과육의 순으로 측정되었다. DPPH radical 소거능과 ABTS 양이온 소거활성은 유과기가 수확기보다 활성이 높았으며 두 시기 모두 ‘추황배’의 라디칼 소거능이 가장 우수하였다. 또한 수확기 과실 부위별 DPPH radical 소거능과 ABTS⁺ 양이온 소거활성은 과피가 가장 높았고 과심, 과육 순으로 나타났다.

추가 주요어 : ABTS 양이온 소거활성, DPPH 라디칼 소거활성, 플라보노이드, 페놀 화합물

인용문헌

- Blois, M.S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 25:1199-1120.
- Choi, H.J., J.H. Park, H.S. Han, J.H. Son, G.M. Son, J.H. Bae, and C. Choi. 2004. Effect of poly phenol compound from Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) on lipid metabolism. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 33:299-304.
- Choi, J.H., E.Y. Lee, J.S. Kim, G.B. Choi, S.G. Jung, Y.S. Ham, D.C. Seo, and J.S. Heo. 2006. Physiological activities according to cultivars and parts of Ulsan pear. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* 49:43-48.
- Endo, M. 1973. Studies on the daily changes in fruit size of the Japanese pear. I. Diurnal fluctuation of fruit diameter as affected by climatic factors. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 42:91-103.
- Escarpa, A. and M.C. Gonzalez. 1999. Fast separation of (poly) phenolic compounds from apple and pears by high-performance liquid chromatography with diode-array detection. *J. Chromatogr. A.* 830:301-309.
- Han, E.K., E.J. Jung, J.Y. Lee, Y.X. Jin, and C.K.Chung. 2011. Antioxidative activity of ethanol extracts from different parts of *Taraxacum officinale*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 40:56-62.
- Hashimoto, F., G.I. Nonaka, and I. Nishioka. 1989. Tannins and related compounds from Oolong tea. *Chem. Pharm. Bull.* 37:3255-3263.
- Hong, S.S., Y.P. Hong, B.S. Im, D.S. Jeong, and I.S. Shin. 2004. Influence of picking stage and storage type on the fruit respiration change and panel test in ‘Wonhwang’, ‘Hwasan’, and ‘Moonsoo’ pear. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 22:55-62.
- Hwang, I.G., K.S. Woo, T.M. Kim, D.J. Kim, M.H. Yang, and H.S. Jeong. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 38:342-347.

- Gutfinger, T. 1958. Poly phenols in olives. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 58:966-968.
- Jang, U.B., H.J. Choi, H.S. Han, J.H. Park, J.H. Son, J.H. Bae, T.S. Seong, B.J. An, H.G. Kim, and C. Choi. 2003. Chemical structure of poly phenol isolated from Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:959-967.
- Kim, J.H. 1975. Studies on the factors of skin browning during storage and its control method in Imamura-aki pear (*Pyrus serotina* Rehder). *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 16:1-25.
- Kim, S.B. 1988. Studies on the pathogenic fungus, chemical control and resistance of apple rot disease caused by *Botryosphareria dot-hidea*. PhD thesis, Wonkwang University, Iksan, Korea.
- Lee, S.E., N.S. Seong, C.G. Park, and J.S. Seong. 2002. Screening for antioxidative of oriental medicinal plant materials. *Kor. J. Medicinal Crop. Sci.* 10:171-176.
- Lee, S.J., N.J. Sung, H.J. Jeong, J.H. Shin, Y.C. Chung, and J.K. Seo. 2008. Antioxidant activities of methanol extracts from *Prunella vulgaris*. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 37:1535-1541.
- Lim, D.K., U. Choi, and D.H. Shin. 1996. Antioxidative activity of ethanol extract from Korean medicinal plants. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 28:83-89.
- Machida, Y. 1965. Studies on texture of pear fruit. 1. Texture of canned Bartlett pears processed from raw materials obtained from different region. Part 2. Cell-wall substances of parenchyma cells. *Rept. Hiratzuka Hort. Sta. A-4*:107-124.
- Moreno, M.I.N., M.I. Isla, A.R. Sampietro, and M.A. Vattuone. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J. Enthropharm.* 71:109-114.
- Oleszek, W., M.J. Amot, and S.Y. Aubert. 1994. Identification of some phenolics in pear fruit. *J. Agr. Food Chem.* 42:1261-1265.
- Park, S.S., K.H. Yu, and T.J. Min. 1998. Antioxidant activities of extracts from fruiting bodies of mushrooms. *Kor. J. Mycl.* 26:69-77.
- Pellegrin, N., R. Roberta, Y. Min, and R.E. Catherine. 1998. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extract for antioxidant activities applying 2,2'-azino-bis (3-ethylenbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation de-colorization assay. *Method Enzymol.* 299:379-389.
- Ryugo, K. 1969. Seasonal trends of titratable acids, tannins and poly phenolic compounds and cell wall constituents in oriental pear fruit (*Pyrus serotina* Rehd). *J. Agr. Food Chem.* 17:43-47.
- Sharma, A. and Sehgal, S. 1992. Effect of domestic processing, cooking and germination on the trypsin inhibitor activity and tannin content of faba. *Plant Food for Human Nutr.* 42:127-231.
- Suh, H.S., S.S. Kang, K.S. Cho, D.S. Son, K.H. Hong, J.H. Han, J.J. Choi, J.K. Kim, J.M. Park, S.K. Yun, Y.S. Park, C.Y. Yang, J.H. Song, M.S. Kim, and S.K. Woo. 2000. Pear Cultivation. Rural Development Administration, Suwon, Korea p. 42-56.
- Wilkinson, B.G. 1970. Physiological disorders of fruit after harvesting, p. 537-553. In: A.C. Hulme (ed). *The biochemistry of fruit and products*. Academic Press, New York, USA.
- Yoo, W.J., D.H. Kim, D.H. Lee, and J.K. Byun. 2002. Changes in respiration rates, cell wall components and their hydrolase activities during the ripening of 'Whangkeumbae' pear fruit. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.* 43:43-46.
- Yu, M.H., S.G. Lee, H.G. Im, H.J. Kim, and I.S. Lee. 2004. Antioxidant activities of *Prunus salicina* Lindl. cv Soldam (Plum) at different growth stages. *Kor. J. Food Preserv.* 11:358-363.
- Zhang, X., C.S. Na, J.S. Kim, F.Z. Lee, and J.B. Eun. 2003. Changes in dietary fiber content of flesh and peel in three cultivars of Asian pears during growth. *Food Sci. Biotechnol.* 12:358-364.
- Zhang, X., F.Z. Lee, and J.B. Eun. 2007. Changes of phenolic compounds and pectin in Asian pear fruit during growth. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 39:7-13.
- Zhang, Y.B., H.S. Choi, H.S. Han, J.H. Park, J.H. Son, J.H. Bae, T.S. Seung, B.J. An, H.G. Kim, and C. Choi. 2003a. Chemical structure of poly phenol isolated from Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai). *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:959-967.
- Zhang, Y.B., M.J. Bae, B.J. An, H.J. Choi, J.H. Bae, S. Kim, and C. Choi. 2003b. Effect of antioxidant activity and change in quality of chemical composition and poly phenol compound during long-term storage. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:115-120.