

수확시기별, 부위별 선학초의 폴리페놀함량 및 DPPH 라디칼 소거능의 변화

장상훈* · 유은애* · 한기수** · 신성철* · 김희규** · 이상경*†

*경상대학교 자연과학대학 화학과, **경상대학교 농업생명과학대학 응용생명환경학과

Changes in Total Polyphenol Contents and DPPH Radical Scavenging Activity of *Agrimonia pilosa* According to Harvest Time and Various Part

Sang Hun Jang*, Eun Ae Yu*, Ki Soo Han**, Sung Chul Shin*, Hee Kyu Kim**, and Sang Gyeong Lee*†

*Department of Chemistry & Research Institute of Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea.

**Department of Applied Biology & Environmental Science & Research Institute of Life Sci., Gyeongsang Natl. Univ., Jinju 660-701, Korea.

ABSTRACT : Changes in the contents of total phenolic compounds in as *Agrimonia pilosa* well as their antioxidant capacity according to the harvest time and positions were examined. The contents of the total phenolic compounds were determined by extraction with MeOH. Among harvest times harvestry in July showed highest contents of the total phenolic compounds and harvestry in May showed lowest contents of the phenolic compounds. Among the 4 positions (root, branch, leaf, flower) of *Agrimonia pilosa* the root contained highest contents of the phenolic compounds. The antioxidant capacities of *Agrimonia pilosa* were increased roughly with increasing level of contents of phenolic compounds according to positions.

Key Words : *Agrimonia pilosa*, Polyphenol, Folk Medicine, Antioxidant, Harvest Time

서 언

선학초 (*Agrimonia pilosa*)는 다년생 숙근초로서 북반구 온대와 남아메리카에 분포되어 있으며, 우리나라에는 경기, 충남북, 전남북에 걸쳐 자생하고 있다 (Murata and Umamoto, 1983). 선학초의 추출물은 옛 부터 민간요법에서 지혈, 소염, 진통, 및 암환자의 치료에 사용되어 왔으며 이러한 약효를 뒷받침하는 많은 연구가 일본 중국에서도 수행되었다 (Miyamoto et al., 1985; Miyamoto et al., 1988; Yaolan et al., 2004). 이러한 사실은 선학초의 성분 중에 많은 생리활성 물질이 있음을 의미한다.

수확 시기별, 부위별 생리활성 물질의 함량을 조사하는 것은 어렵다. 왜냐하면 식물이 포함하고 있는 생리활성 물질은 그 구조와 특성이 매우 다양하며, 여러 가지 조건에서의 생리활성 물질의 함량이 다르기 때문이다. 그러나 생리활성 물질이 가지는 대표적 구조인 페놀을 포함하는 화합물의 총량, 즉 총 페놀 함량에 대한 조사는 가능하다. 따라서 본 연구자들은 선학초의 수확시기별, 부위별 총 페놀 함량을 조사하고 이에 따른 항산화 능력을 조사하여 가장 좋은 수확시기와 가장 높은 항산화효과를 지닌 부위를 확인하고자 하였다.

폴리페놀이라 함은 적어도 한 개 이상의 하이드록시기가 치환되어 있는 이차 대사 생성물이다. 폴리페놀에는 페놀산과 같은 간단한 분자로부터 탄닌과 같이 고분자화 된 화합물들이 그 범주에 포함된다. 이들은 주로 한 개 이상의 당 잔기가 하이드록시기에 결합되어 있는 배당체 형태로 존재한다. 당의 결합 없이 유리된 형태의 폴리페놀도 매우 많은 식물들에서 관찰된다 (Harborne and Williams, 2000) 이들은 공명 안정화된 구조를 가지며, 전자를 수용하는 메카니즘으로 다양한 생리활성 작용을 하는 것으로 알려져 있다 (Hatano et al., 1993). 폴리페놀 화합물이 가지는 대표적인 생리활성 효과로는 항산화효과 (Frankel et al., 1993; Rice et al., 1996), 항암작용 (Koshiura et al., 1985; Kazumi et al., 1994; Ahn et al., 2002), 혈관확장제로서의 작용 (Cheng et al., 1993), 항응혈작용 (Liu et al., 2005; Gryglewski et al., 1987), 항염증성 (Bisset et al., 1994), 관절염 치료효과 (Newal et al., 1996) 등이 알려져 있다. 역학 연구에 의하면 폴리페놀 항산화제의 소비 증가와 심혈관계 질환 (Hertog et al., 1994; Hertog et al., 1995; Hertog et al., 1997) 및 암 발병의 감소 (Hertog et al., 1994; Hertog et al., 1995) 사이에 서로 상관관계가 있다. 그러므로 식물이 함유한 폴리페놀 함량을 조

†Corresponding author: (Phone) +82-55-751-6025 (E-mail) leesang@gnu.ac.kr

Received September 1, 2008 / Revised September 30, 2008 / Accepted October 11, 2008

사하는 것은 식물로부터 엑기스, 당제 등을 만들어 섭취할 경우 관련 질환에 대한 그 식물의 생리활성 효과를 예측하게 할 수 있다.

본 연구는 선학초중에 포함된 폴리페놀 화합물의 양을 채취 시기별 (4월, 5월, 6월, 7월), 부위별 (꽃, 뿌리, 잎, 줄기)로 조사하여 가장 생리활성 효과가 뛰어난 시기와 부위를 확인하고자 하였다. 그리고 시기별 부위별로 얻어진 메탄올 추출물의 항산화 효과를 DPPH법으로 확인하였다.

재료 및 방법

1. 식물재료 및 추출물 조제

모든 시료는 진주시 대곡면 소재 경상대학교 응용생명환경학 전공의 농장에서 재배한 것을 채취하여 사용하였다.

연구에서 사용한 선학초는 4월, 5월, 6월, 7월에 농장에서 채취하였고 전체와 뿌리, 줄기, 잎, 꽃 등 여러 부위를 여러 가지 추출용매를 이용하여 추출하였다. 8월 이후의 추출물을 실험에 사용하지 않은 이유는 민간에서 8월이 되면 이미 줄기 등이 딱딱해져 나물, 생채 즙 등으로 사용하지 않으며, 7월에 꽃이 핀 다음 8월부터 열매를 맺기 시작하면 많은 영양분이 열매로 이동한다고 알려져 있기 때문에 실험에서 제외하였다.

선학초로부터의 추출은 물, 메탄올, 에틸아세테이트, 클로로포름의 4가지 극성 용매와 비극성인 헥산에 의하여 수행되었으며 5가지 용매 모두 다음의 일반적인 방법에 의하여 이루어졌다.

재배 및 채취된 선학초 건조 시료 각 1 kg 씩을 추출과 분석을 위해 잘게 썰어서 분쇄하였다. 분말 형태로 분쇄한 시료를 각 용매 (3 L)에 현탁시키고 5시간 동안 50°C로 가열하여 뷔흐너 깔대기의 바닥에 여과지를 깔고, 그 위에 celite를 깔아서 걸른 다음 용매를 날려서 추출물을 얻었다. 이 실험을 두 번 수행하여 모두 합쳐서 추출물의 총량을 계산하였다 (Jang *et al.*, 2006; Hwang and Choi, 2006).

2. 수확시기별, 부위별 폴리페놀 함량 분석

총 페놀 함량은 UV/Vis spectrophotometer를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 조사하는 Folin-Ciocalteu의 방법으로 분석되었다 (Gutfinger, 1981). 건조된 10 ml의 시험관에 추출물의 200 ppm 메탄올 용액 1 ml과 증류수 5 ml을 첨가하고 실온에서 1 ml의 Folin & Ciocalteu 시약과 혼합하고 3분간 방치한 다음 10% Na₂CO₃ 1 ml로 처리하였다. 이때 표준 곡선은 caffeic acid를 0~100 mg/100 ml의 농도로 제조하여 $y = 1.0098x + 0.0104$ ($R^2 = 0.9994$)에서 작성하여 검량하였다.

3. DPPH 라디칼 소거능 시험

항산화활성 실험은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)의

환원성을 이용하여 UV/Vis 분광광도계 (UV-36002300 VCE, SHIMADZU)로 측정하였다 (Bolois, 1958). DPPH 30 mg을 100 ml 무수 에탄올 용액에 용해한 후 여과지 (Whatman No.1)로 여과하였다. 이 여액 2 ml에 각종 용매 추출물 2 ml를 가한 후, 진탕기로 5초간 진탕하고 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 시료 대신에 시료를 녹인 용매 2 ml를 첨가하여 대조구에 대한 흡광도의 감소비율로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거 활성 (%) =

$$1 - \left(\frac{\text{시료첨가구의 흡광도}}{\text{시료무첨가구의 흡광도}} \times 100 \right)$$

결과 및 고찰

1. 수확시기에 따른 선학초의 총 페놀 함량변화 조사

페놀계 화합물은 방향족 고리에 hydroxyl groups을 소유하며 공명 안정화된 구조를 가지고 있다. 전자를 수용하는 기작으로 항산화 반응에 직접적으로 기여하며, 다양한 식물계에서 발견되는 중요한 성분으로 알려져 있다. 선학초 전체를 여러 가지 용매를 사용하여 추출 효율을 비교하였다. MeOH 용매를 이용하였을 경우 선학초 1 kg 으로부터 50 g을 추출할 수 있었으며 물을 용매로 추출할 경우 30 g, 에틸아세테이트를 용매로 사용할 경우 25 g, 클로로포름을 용매로 사용할 경우 12.38 g, 헥산을 용매로 사용할 경우 13.86 g이 추출되었다. 따라서 MeOH을 용매로 사용한 경우가 가장 효과적이었기 때문에 모든 추출 실험을 MeOH 용매에서 수행하였다.

채취시기에 따른 선학초 MeOH 추출물의 총 페놀화합물 함량 분석 결과 (Table 1), 7월 채취분이 1538.56 ± 0.02 mg/100 g로 가장 높았고, 6월 채취분의 추출물은 942.78 ± 0.02 mg/100 g이었다. 나머지 4, 5월 채취분은 각각 771.12 ± 0.01 mg/100 g, 757.65 ± 0.02 mg/100 g으로, 5월의 채취분이 가장 낮은 함량을 보였다.

7월 채취분이 가장 많은 폴리페놀을 함유하고 있으므로 7월 채취물을 시료로 사용하여 부위별에 따른 선학초 MeOH 추출물의 페놀화합물 함량을 분석하고 결과는 Table 2에 나타내었

Table 1. Content of total phenolics in different growth stages of the dried whole plant of *A. pilosa*.

Harvesting time	Total phenolics (mg/100 g) ± SD [†]
	MeOH ext.
April	771.12 ± 0.01
May	757.65 ± 0.02
June	942.78 ± 0.02
July	1538.56 ± 0.02

[†]SD : Standard deviation

Table 2. Content of total phenolics in various parts of *A. pilosa*.

Parts used	Total phenolics (mg/100 g) ± SD [†]
	MeOH ext.
Root	2551.27 ± 0.10
Branch	1181.35 ± 0.04
Leaf	1527.96 ± 0.08
Flower	3548.16 ± 0.12

[†]SD : Standard deviation

다. 꽃에서 3548.16 ± 0.12 mg/100 g로 가장 높았고, 뿌리에서 2551.27 ± 0.10 mg/100 g이었다. 나머지 잎과 줄기는 1527.96 ± 0.08 mg/100 g, 1181.35 ± 0.04 mg/100 g의 함량을 보였다. 꽃이 가장 높은 페놀화합물을 가지고 있다는 사실은 앞으로 선학초를 생리활성 물질로 사용하고자 한다면, 7월에 꽃이 열매를 맺기 전에 채취하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

2. 선학초의 부위별 DPPH 라디칼 소거능 비교

항산화능은 자유라디칼에 전자를 공여하여 산화를 억제하는 능력을 평가한다 (Davy *et al.*, 1990). 항산화능 측정 방법으로는 DPPH를 이용하는 방법 (Blois, 1958), β-carotene linoleate를 이용하는 방법 (Miller, 1971) 등 다양한 방법이 있다. 본 연구에서는 DPPH의 라디칼 소거 활성이 활성 라디칼에 전자를 공여하여 아스코르빈산, 토코페놀, polyhydroxy 방향족 화합물에 의하여 환원되어 짙은 자색이 탈색되는 점을 활용하였으며, 선학초 추출물 중에 포함된 polyhydroxy 방향족 화합물의 라디칼 소거능을 측정하였다 (Peter, 1975).

선학초의 추출물 중에 포함된 polyhydroxy 방향족 화합물로는 catechin, quercetin과 같은 분자량이 작은 화합물로부터 catechin의 유도체 pilosanol A, B, C (Kasai *et al.*, 1992)와 quercetin의 3번 위치에 1개의 당이 결합된 quercetin (1, 3-β-D-gulosyl) 및 hyperoside (2, 3-β-D-galactosyl), 두 개의 당 (3-β-D-glucosyl-1'-β-D-gulosyl)이 결합된 rutin (3)과 같은 화합물에서부터 agrimonolide, agrimophol, agrimol (Kasai *et al.*, 1992), agrimonic acid A and B (Okuda *et al.*, 1984), agrimonin (Okuda *et al.*, 1982) 등의 화합물 및 tannin 유도체와 같은 큰 분자량을 가진 화합물들이 알려져 있다.

여러 가지 용매를 사용하여 추출 효율에 따른 총 페놀 함량을 비교한 예비실험에서 메탄올 용매의 경우 총 페놀 함량이 885 mg/100 g이었으며 물과 에틸아세테이트, 클로로포름, 헥산의 경우 각각 856 mg/100 g, 337.3 mg/100 g, 280.9 mg/100 g, 77.3 mg/100 g으로서 메탄올이 가장 효과적이었다. 그러므로 모든 추출 실험을 메탄올 용매에서 수행하였으며, 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거작용 실험에 메탄올 용매 추출물을 이용하였다 (Table 3).

채취시기별 (4월, 5월, 6월, 7월)에 따른 선학초 MeOH 추출물의 DPPH 라디칼 소거작용을 분석한 결과 (Table 4), 7월

Table 3. DPPH free radical scavenging activity in different solvents of the dried whole plant of *A. pilosa*.

Different solvents ext.	Content of total phenolics	Free radical scavenging activity (%)
		500 µg/ml
MeOH	885 mg/100 g	93.9 ± 0.08
Water	856 mg/100 g	87.9 ± 0.02
EtOAc	337.3 mg/100 g	22.9 ± 0.05
Chloroform	280.9 mg/100 g	20.2 ± 0.03
Hexane	77.3 mg/100 g	24.2 ± 0.04
ASA [†]		99.60 ± 0.25
BHT [‡]		89.18 ± 0.01

[†]ASA: Ascorbic acid, [‡]BHT: Butylated hydroxytoluene

Table 4. DPPH free radical scavenging activity of the methanol extract from different growth stages of the dried whole plant of *A. pilosa*.

Harvesting time	Free radical scavenging activity (%) ± SD [†]
	MeOH ext. (500 µg/ml)
April	51.69 ± 0.07
May	69.15 ± 0.03
June	81.15 ± 0.03
July	91.79 ± 0.01
ASA [‡]	99.60 ± 0.25
BHT [§]	89.18 ± 0.01

[†]SD : Standard deviation, [‡]ASA: Ascorbic acid, [§]BHT: Butylated hydroxytoluene

Table 5. DPPH free radical scavenging activity of the methanol extract from different sections of *A. pilosa* harvested in July.

Parts used	Free radical scavenging activity (%) ± SD [†]
	MeOH ext. (500 µg/ml)
Root	84.43 ± 0.01
Branch	69.72 ± 0.01
Leaf	74.40 ± 0.00
Flower	90.30 ± 0.01
ASA [‡]	99.60 ± 0.25
BHT [§]	89.18 ± 0.01

[†]SD : Standard deviation, [‡]ASA: Ascorbic acid, [§]BHT: Butylated hydroxytoluene

채취분이 91.79 ± 0.01%로 가장 높았고, 6월 채취분이 81.15 ± 0.03%이었다. 나머지 4, 5월의 채취분은 각각 51.69 ± 0.07%, 69.15 ± 0.03%로, 4월의 채취분이 가장 낮은 소거능을 보였다.

부위별에 따른 선학초 MeOH 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성을 분석한 결과 (Table 5), 줄기에서 69.72 ± 0.01%, 뿌리에서 84.43 ± 0.01%로 가장 높았다. 나머지 잎과 꽃은 각각 74.40 ± 0.01%, 90.30 ± 0.01%의 소거능을 보였다. 이 결과로부터 부위별 항산화 능력의 순서는 꽃 > 뿌리 > 잎 > 줄기로서 총 페놀함량의 순서와 일치하였다. 꽃이 총 페놀함량이 높은

만큼 항산화 능력이 높다는 사실로부터 선학초를 7월에 채취하여 꽃으로부터 각종 생리활성 화합물을 탐색할 필요가 있다는 것을 예시하고 있다.

항산화제인 아스코르빈산과 BHT (합성항산화제)는 DPPH 라디칼 소거 활성이 각각 $99.60 \pm 0.25\%$ 와 $89.18 \pm 0.01\%$ 인 반면 선학초 MeOH 추출물은 최소 69% 이상으로서 높은 항산화 작용을 나타내었다. 천연 항산화제는 대부분 식물 기원의 페놀 화합물로서 지질의 자동산화 조건에 의해 생성된 유리라디칼의 생성을 지연시키거나 활성을 저해하여 항산화 물질로서의 역할을 한다고 알려져 있으므로 (Cha and Cho, 1999) 선학초가 지닌 높은 항산화활성 성분을 잘 활용하면 그 가치가 높을 것으로 판단된다.

선학초를 채취하여 건강식품 또는 한약재로서 사용하는 경우 가장 적절한 채취 시기는 7월임을 알 수 있었다. 그리고 7월 채취된 선학초에서 생리활성 성분이 많은 부위는 잎과 꽃이지만 항산화활성 성분은 뿌리나 줄기가 약간 더 많이 포함되어 있었다. 4월과 5월에 채취되는 선학초 추출물의 항산화능은 BHA 보다 낮게 나타났다. 이는 4월과 5월에는 항산화능이 큰 화합물들인 polyhydroxy 방향족 화합물들의 생성이 완전하지 않다는 사실을 뒷받침하고 있으며 생리활성을 목적으로 하는 실험, 엑기스의 제조, 탕약의 조제를 위한 적절한 채취시기는 7월 이후가 적당하다는 것을 알 수 있다. 선학초 추출물의 페놀화합물의 양과 항산화 활성 실험의 결과에서 입증된 바에 의하면 선학초는 매우 생리활성이 높을 것으로 생각되는 효용가치가 있는 식물로 생각된다.

감사의 말

본 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 연구비 지원에 감사드립니다 (과제번호 : 105029-03-3-CG000).

LITERATURE CITED

- Ahn SC, Kim BY, Oh WK, Lee MS, Bae EY, Kang DW and Ahn JS. (2002). Screening of inhibitory of medicinal plants against heparinase. *Korean Journal of Pharmacognosy*. 33:144-150.
- Bisset NG, Phillipson JD, Czygan FC, Frohne D, Holtzel D, Nagell A, Pfander HJ, Willuhn G and Buff W. (1994). *Herbal Drugs and Phytopharmaceuticals : A Handbook for Practice on a Scientific Basis*. CRC Press : Boca Raton, Lincoln, U.S.A. p. 486-489.
- Bolois MS. (1958). Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 181:1199-1200.
- Cha JY and Cho YS. (1999). Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. *Journal of Korean Society of Food Science and Nutrition*. 28:1131-1139.
- Cheng JT, Hsu FL and Chen HF. (1993). Antihypertensive principles from the leaves of *Melastome candidum*. *Planta Medicine*. 59:405-407.
- Davy D and Gautier R. (1990). New perspectives on the biochemistry of superoxide anion and the efficiency of superoxide dismutase. *Biochemical Pharmacology*. 39:399-405.
- Frankel EN, Kanner J, German JB, Parks E and Kinsella JE. (1993). Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substance in red wine. *Lancet*. 341:454-457.
- Gryglewski RJ, Korbut R, Robak J and Swies J. (1987). On the mechanism of antithrombotic action of flavonoids. *Biochemical Pharmacology*. 36:317-321.
- Gutfinger T. (1981). Polyphenols in olive oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 58:966-968.
- Harborne JB and Williams CA. (2000). Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*. 55:481-504.
- Hatano T, Edamatsu R, Hiramatsu M, Mori A, Fujita Y, Horiguchi MGL and Feskens EJM. (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *Lancet*. 342:1007-1011.
- Hwang EY and Choi SY. (2006). Quantitative Analysis of Phenolic Compounds in Different parts of *Panax ginseng* C.A. Meyer and Its Inhibitory Effect on Melanin Biosynthesis. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 14:148-152.
- Hertog MGL, Feskens EJM and Hollman PCH. (1994). Dietary flavonoids and cancer risk in the Zutphen elderly study. *Nutrition and Cancer*. 22:175-184.
- Hertog MGL, Kromhout D and Aravanis C. (1995). Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Archives of Internal Medicine*. 155:381-386.
- Hertog MGL, Sweetnam PM, Fehily AM, Elwood PC and Kromhout D. (1997). Antioxidant flavonols and ischemic heart disease in a Welsh population of man: the Caerphilly study. *American Journal of Clinical Nutrition*. 65:1489-1494.
- Hatano T, Edamatsu R, Hiramatsu M, Mori A, Fujita Y, Hwang EY and Choi SY. (2006). Quantitative analysis of phenolic compounds in different parts of *Panax ginseng* C.A. Meyer and its inhibitory effect on melanin biosynthesis. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 14:148-152.
- Hung YY and Yen GC. (2002). Antioxidant activity of phenolic compounds isolated from *Mesona procumbens* Hems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50:2993-2997.
- Jang SH, Lee SG, Kang JH, Park JC and Shin SC. (2006). Determination of phenolic acids and flavonol aglycone contents in *Orostachys japonicus* A. Berger grown under various cultivation conditions. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 14:311-316.
- Kasai S, Watanabe S, Kawabata J, Tahara A and Mizutani J. (1992). Antimicrobial catechin derivatives of *Agrimonia pilosa*. *Phytochemistry*. 31:787-789.
- Koshiura R, Miyamoto K, Ikeya Y and Taguchi H. (1985). Antitumor activity of methanol extract from roots of *Agrimonia pilosa* Ledeb. *Japan. Journal of Pharmacology*. 38:9-16.
- Liu R, Ye M, Guo H, Bi K and Guo D. (2005). Liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry for

- the characterization of twenty-three flavonoids in the extract of *Dalbergia odorifera*. Rapid Communications in Mass Spectrometry. 19:1557-1565.
- Miller HE.** (1971). A Simplified method for the evaluation of antioxidant. Journal of the American Oil Chemists' Society. 18:439-452.
- Miyamoto KI, Koshiura R, Ikeya Y and Taguchi H.** (1985). Isolation of agrimoniin, an antitumor constituent, from the roots of *Agrimonia pilosa* Ledeb. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 33:3977-3981.
- Miyamoto KI, Kishi N, Murayama T, Furukawa T and Koshiura R.** (1988). Induction of Cytotoxicity of peritoneal exudate cells by agrimoniin, a novel immunomodulatory tannin of *Agrimonia pilosa* Ledeb. Cancer Immunol Immunother. 27:59-62.
- Murata G and Umemoto K.** (1983). Critical notes on the *Asiatic Agrimonia* with special reference to the distribution patterns of calcium oxalate crystals. Acta Phytotaxonomica et Geobotanica 34:166-177.
- Newal CA, Anderson LA and Phillipson JD.** (1996). Herbal Medicines, The Pharmaceutical Press, London, England. p. 96-97.
- Okuda T, Yoshida T, Kuwahara M, Memon MU and Shingu T.** (1982). Structure of gemin A, a new dimeric ellagitannin having α - and β -glucose cores. Journal of Chemical Society: Chemical Communications. 163:351-353.
- Okuda T, Yoshida T, Kuwahara M, Memon MU and Shingu T.** (1984). Tannins of *Rosaceous* medicinal plants. I. Structures of popentillin, agrimonic acids A and B, and agrimoniin, a dimeric ellagitannin. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 32:2165-2173.
- Peter FS.** (1975). The toxicology of nitrate, niyrite and n-nitroso compounds. Journal of the Science of Food and Agriculture. 26:1761-1770.
- Rice ECA, Miller NJ and Paganga G.** (1996). Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. Free Radical Biology and Medicine. 20:933-956.
- Yaolan L, Linda SMO, Hua W, Paul PHB and Vincent ECO.** (2004). Antiviral activities of medicinal herbs traditionally used in southern mainland China. Phytotherapy Research. 18:718-722.
- Yasuhara T, Yoshida T and Okuda T.** (1989). Effects of interaction of tannins with co-existing substances. VI. Effects of tannins and related polyphenols on superoxide anion radical, and on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical. Chemical and Pharmaceutical Bulletin. 39:2016-2021.
- Yen GC and Duh PD.** (1993). Antioxidative properties of methanolic extracts from peanut hulls. Journal of the American Oil Chemists' Society. 70:383-386.