

## 연구노트

High performance liquid chromatography를 이용한  
빈카민 분석 및 빈카마이너의 항산화능 측정

정종희 · 백유미 · 이광근\*

동국대학교 식품공학과

Analysis of Vicamine Using High Performance Liquid Chromatography  
and Antioxidant Activity of Vincaminor Extract

Jong-Hee Jung, Yu-Mi Back, and Kwang-Geun Lee\*

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

**Abstract** Vincamine, one of the major indole alkaloids in vincaminor (*Vinca minor* L.) is commonly used for treating cerebrovascular diseases. The antioxidant activity of vincaminor extracts and vincamine were measured by 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) and lipid malonaldehyde (MA) assay. Vincaminor leaves were pulverized and extracted with various solvents such as water, methanol, and ethanol. The antioxidant activities of the extracts varied in accordance with solvents and assays. In DPPH assay, the water extract showed the highest antioxidant activity. In lipid MA assay, However, the ethanol extract inhibited MA formation from cod liver oil by 82% at the level of 5,000 µg/mL. Vincamine in the extract was analyzed by high-performance liquid chromatogram and the concentration of vincamine was  $0.419 \pm 0.005$  µg/mL.

**Key words:** vincamine, vincaminor, antioxidant activity, lipid malonaldehyde, high performance liquid chromatography

## 서 론

빈카마이너(*Vinca minor* L.)의 vinca는 ‘목다’, minor ‘작은’이라는 뜻의 학명을 가지고 있으며 남부 유럽, 북아프리카 등의 원산지에서 관목처럼 자라는 다년초이다. 난원형의 잎 사이에서 청, 분홍, 백색의 꽃이 차례로 피며, 키가 작고 잎에 무늬를 가지고 있다(1). 1953년 Schlittler 등(2)이 이 식물체에서 인돌 알칼로이드계의 빈카마이너 유효성분인 빈카민을 미량 추출하였으며, 화학 구조는 1961년 Trojanek 등(3)에 의해 밝혀졌다. Fig. 1에 빈카민의 구조를 나타내었다. 빈카민은 뇌에서 산소와 글루코스의 소비량을 늘리는 작용이 있으며, 기억력, 집중력, 방향감각 그리고 사고력을 향상시키는 것으로 보고되고 있다. 또한 고혈압, 뇌졸중, 신진대사 및 대뇌 질병에 대한 약리효과를 나타낸다고 보고되었다(4-7).

생체 내의 산소가 superoxide radical 등의 반응성이 높은 활성 산소로 변하면, 세포막이나 단백질 혹은 DNA의 구조와 기능이 손상되어 결국 돌연변이, 백내장, 기억력 장애, 노화, 암 등이 발생한다(8,9). 이는 생체 내에서뿐만 아니라 식품의 저장 및 보관 면에서도 큰 영향을 미치므로 산화 억제 기능을 가지는 천연 화합물 즉 천연 항산화제에 대한 관심이 집중되고 있다. 산화방지의 수단으로 현재까지 여러 종류의 항산화제가 개발되어 왔다. 버섯류와 동·식물의 추출물에서 발견되는 토코페롤은 천연 항

산화제로 널리 이용되고 있다(10,11). 비록, butylated hydroxyanisole (BHA)와 butylated hydroxytoluene(BHT)과 같은 합성 항산화제가 항산화력은 매우 높으나, 고농도 섭취 시 발암을 유발하며, 폐와 간에 영향이 있음이 지적되는 등 안전성에 관해 논란이 제기됨에 따라 보다 안전성이 확보된 식물 소재 천연 항산화제의 개발에 주목하고 있다(12-15).

기능성 소재로 빈카마이너 및 빈카민을 이용하기 위한 여러 연구가 지속적으로 진행되어 왔다(16-20). 미국에서는 빈카마이너의 유효성분인 빈카민과 그 합성품인 빈포세틴이 건강식품으로 발매되었으며, 일본에서도 의약품 및 건강 기능식품 소재로 사용되고 있다. 또한 유럽에서는 기억장애와 노인성치매증 개선 작용이 있는 은해일, docosahexaenoic acid(DHA), 레시틴 등의 소재를 대신하여 새로운 소재로 빈카민을 주목하고 있다. 그러나 국내에는 빈카마이너의 항산화능을 포함한 생리활성 탐색에 관한 연구가 미비한 상태이다. 본 연구에서는 빈카마이너의 기능성 소재로서의 활용가능성을 검토하고자 각기 다른 용매로 빈카마이너를 추출하여 그 추출물의 항산화능을 1,1 diphenyl 2-picryl hydrazyl(DPPH)와 lipid malonaldehyde(MA) 방법을 통해 측정하였다. 또한 고성능액체크로마토그래피(HPLC)를 이용하여 빈카마이너의 빈카민을 분리하고 정성 및 정량 분석을 실시하였다.

## 재료 및 방법

## 재료 및 시약

본 실험에 사용한 빈카마이너는 2006년 광릉 수목원(Seongnam, Korea)에서 구매하였고, 줄기와 뿌리는 제거한 후 잎을 액체질소에 얼린 후 균질기로 분쇄하여 사용하였다. 실험에 사용된 빈카민, 2-methylpyrazine, 1,1 diphenyl 2-picryl hydrazyl(DPPH), N-

\*Corresponding author: Kwang-Geun Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea  
Tel: 82-2-2260-3370

Fax: 82-2-2285-3370

E-mail: kwglee@dongguk.edu

Received January 17, 2008; revised June 9, 2008;

accepted June 11, 2008

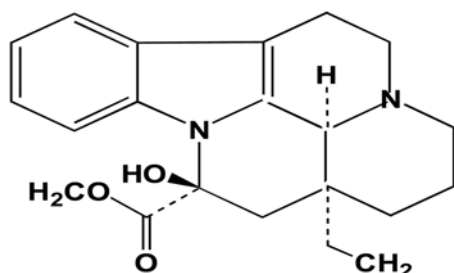


Fig. 1. The chemical structure of vincamine.

methyldihydrazine(NMH), sodium dodecyl sulfate(SDS), ferrous chloride은 Sigma사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며 HPLC 이동상으로 사용한 물과 메탄올은 HPLC급의 J.T Baker 사(Phillipsburg, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였다. Undecane(99%), ethylacetate, hydrogen peroxide, cod liver oil, trizma hydrochloride와 trizma base는 Aldrich사(Milwaukee, WI, USA)에서 구입하여 사용하였다. 2-Methylpyrazine 용액은 1 mL의 dichloromethane에 2-methylpyrazine 10 mg을 녹여서 준비하여 5°C에 보관하여 사용하였다. 표준곡선 작성을 위한 1-methylpyrazine(1-MP)은 MA와 NMH로부터 합성하여 사용하였다. 1-MP의 합성방법은 기존에 발표된 논문의 방법을 사용하였는데 상업적으로 구입 가능한 MA-나트륨염과 NMH를 반응시킨 후 분획증류법을 이용하여 합성하였다(21).

#### 시료추출

빈카마이네 잎을 액체질소에 담근 후 균질기(HR1351, Philips, Netherlands)로 약 5분 정도 분쇄하여 이 분쇄물 중 5 g을 증류 플라스크에 넣고, 물, 메탄올, 에탄올을 각각 200 mL씩 넣어 교반기(PC-420, Corning, Glendale, AZ, USA)에서 2시간 동안 교반한 후 여과(Whatman No. 3, Kent, England)하였다.

#### DPPH를 이용한 항산화능 측정

시료 추출액의 항산화능을 측정하기 위해 DPPH 시약을 0.012 g 취하여 100 mL의 에탄올에 녹인 후 1시간 동안 교반하였다. 이때 비이커는 햇빛과의 반응을 하지 못하도록 호일로 감싸두었다. 물, 메탄올, 에탄올로 추출한 빈카마이네 추출액들을 각 농도별(500, 1,000, 5,000 µg/mL)로 희석하였다. 희석된 각 시료 0.5 mL에 제조한 DPPH 용액 4.5 mL를 첨가하여 섞은 다음 암소에서 반응시키고 UV-VIS 분광기(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 파장 517 nm의 흡광도를 측정하였다. 대조군은 에탄올을 사용하였으며 비교군으로는 시료 추출물과 동일한 농도별로 제조한 빈카민을 순수 에탄올에 녹여 같은 방법으로 분석하였다. DPPH를 이용한 라디칼 소거활성을 통해 나타난 항산화능은 다음과 같은 방법으로 계산하여 측정되었다.

$$\text{항산화능(\%)} = \frac{\text{대조군의 흡광도} - \text{시료의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

#### Lipid MA를 이용한 항산화능 측정

항산화능을 측정하기 위한 두 번째 방법인 lipid MA 방법은 대 구 간유를 산화시켜 생성되는 반응성이 크고 불안정한 MA를 NMH와 반응시켜 1-MP로 변화시킨 후 nitrogen phosphorus detector(GC-NPD, 6890, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)로 측정하였다. 이 방법은 이미 여러 식물체들의 항산화능

을 측정하기 위한 방법으로 사용되어 왔다(22,23). 물, 메탄올, 에탄올로 추출한 빈카마이네 추출액과 빈카민을 500, 1,000, 5,000 µg/mL로 준비한 후 시험관에 Tris-buffer(pH 7.4), 1 M KCl 750 µL, 1% SDS, 0.01 M FeCl<sub>2</sub> 100 µL, 0.3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 23 µL, 산화 시킬 지방산 대 구 간유 30 µL를 시험관에 넣고 전체부피가 5 mL이 되도록 증류수를 첨가하였다. 그리고 37°C에서 17시간 동안 진탕기를 이용하여 혼합하여 반응시켰다. 반응시킨 혼합물에 4%의 BHT를 50 µL 가하고 10분 동안 방치하여 산화를 정지시켰다. 그 후, NMH를 30 µL 가하고 상온에서 1시간 동안 교반시켜 변환 반응을 실시하였다. Solid phase extract(SPE)를 사용하여 용매를 치환시키기 위해 우선 C<sub>18</sub> 카트리지(Strata C18-T, Phenomenex, Torrance, CA, USA)에 ethylacetate, methanol, 증류수의 순으로 각각 10 mL씩 흘려주어 SPE 카트리지를 활성화시켜 주었다. 각 시료(NMH 반응유도체 전량)를 가한 후, 증류수 5 mL를 넣고 ethylacetate 10 mL로 추출하였다. 이 추출액을 받은 후 내부 표준 물질로 이미 준비한 2-methylpyrazine 용액을 20 µL 가하고 전체 부피를 ethylacetate로 10 mL를 맞추었다. 1-MP의 정량 분석은 GC-NPD를 사용하였고, 주입부와 검출기는 모두 250°C로 설정하였다. 오븐 온도는 60°C에서 분당 4°C로 160°C까지 올린 후 160°C에서 2분간 유지하도록 하였다. 운반기체는 헬륨을 사용하였고, 유속은 1.5 mL/min으로 고정하였으며 split ratio는 20:1로 1 µL 주입하였다. 모든 실험은 3반복 시행하였다.

#### 빈카마이네의 HPLC분석

빈카마이네의 HPLC 분석을 위해 시료 추출액은 분쇄한 빈카마이네 잎 5 g과 메탄올 200 mL을 플라스크에 넣고 교반기에서 2시간 동안 교반한 후 여과하여 준비하였다. 검량선 작성을 위한 빈카마이네의 표준용액은 빈카민 0.01 g을 메탄올 100 mL에 녹여 제조하였으며 분석 시 1, 2, 5, 10, 50 µg/mL의 농도로 묽혀 사용하였다. 농도별 표준용액을 본 연구에서 설정한 HPLC 최적 분석 조건 하에서 3회 반복 시행하여 얻은 크로마토그램의 면적값으로부터 검량선을 작성하였다. 회수율은 빈카민이 포함되어 있지 않은 메탄올에 1 µg/mL와 10 µg/mL의 빈카민을 인위적으로 첨가하여 분석되는 농도로 계산하였다.

빈카마이네의 정성 및 정량 분석에 사용한 HPLC system은 Waters<sup>TM</sup> 600 controller, Waters<sup>TM</sup> 486 tunable absorbance detector, Waters<sup>TM</sup> 717 plus autosampler, column temperature controller로 구성되어 있으며, 분리 컬럼으로는 Waters XTerra<sup>®</sup> C<sub>18</sub> column(Waters, Hertfordshire, UK)을 사용하였다. 이때, 컬럼 온도는 40°C를 유지하였다. 이동상 조건은 물: 메탄올(25:75)을 사용하여 1.2 mL/min으로 흘려 주었다. 주입부피는 20 µL이었으며, 검출파장은 220 nm에서 측정하였다. 크로마토그램에 나타난 피크의 면적은 Water<sup>TM</sup> 486 tunable absorbance detector와 연결된 컴퓨터에 내장된 적분 프로그램(Ds Chrom 2000, Donam Instruments Inc., Sungnam, Korea)에 의해 계산하였다.

## 결과 및 고찰

#### DPPH를 이용한 항산화능 측정

DPPH는 짙은 자주색을 나타내며 그 자체가 질소 중심의 라디칼로서, 라디칼 전자의 비 편재화에 의해 안정화된 상태로 존재한다. 에탄올에 용해된 DPPH는 파장 517 nm에서 최대 흡광도를 나타내며 산화억제물질이 첨가되면 환원력에 의해서 흡광도가 감소한다(24,25). 추출 용매에 따른 항산화능을 측정하기 위해 세 가지 용매인 물, 메탄올, 에탄올로 빈카마이네 잎을 추출하여 파장

**Table 1. Antioxidant activity of various solvent extracts of vincaminor leaves and vincamine measured by DPPH assay**

| Solvent      | Antioxidant activity (%) |             |             |
|--------------|--------------------------|-------------|-------------|
|              | 500 µg/mL                | 1,000 µg/mL | 5,000 µg/mL |
| Methanol     | 9±2                      | 19±2.5      | 29±3.5      |
| Ethanol      | 9±2.1                    | 10±2.5      | 27±2.8      |
| Water        | 11±0.5                   | 12±0.6      | 41±11.2     |
| Vincamine    | 8±1.2                    | 7±1.9       | 9±1.3       |
| α-Tocopherol | 49±5.2                   | 52±5.1      | 75±6.8      |

517 nm에서 측정하였다. 각 시료 추출액의 항산화능과 비교하기 위해 천연 항산화제인 α-tocopherol을 동일한 조건으로 실험하였다. 각 다른 농도(500, 1,000, 5,000 µg/mL)에서 3회 반복 실험을 하였으며, 각 추출액에서 DPPH 라디칼 소거 억제능은 Table 1과 같다. 분석 결과 빈카마이너 잎을 물로 추출하였을 때 가장 높은 항산화능을 보였다. 물 추출액의 경우 500과 1,000 µg/mL 농도에서는 다른 추출액과 비슷한 항산화능을 보였으나 5,000 µg/mL에서는 메탄올과 에탄올 추출액에 비해 각각 1.4배, 1.5배 증가된 수치를 보였다. 반면 시료 추출액은 천연 항산화제인 α-tocopherol에 비해 전반적으로 낮은 항산화능을 보였다. 빈카민 물질 자체는 DPPH 실험에서 항산화능을 전혀 보여주지 않았다.

#### Lipid MA 방법을 이용한 항산화능 측정

Lipid MA 방법을 이용한 항산화능 측정은 지방산을 Fenton's reagent를 이용하여 인위적으로 산화시키면 생성되는 말론알데히드를 정량적으로 분석하는 방법이다. 1-MP를 보다 정확히 분석하기 위해 내부표준물질로 2-MP를 이용하여 두 물질의 GC 피크 면적비를 계산하여 정량하였다. 농도별 (500, 1,000, 5,000 µg/mL) 3회 반복 실험을 하였으며, 1-MP의 피크면적을 2-MP의 피크면적으로 나눈 값을 구하여 지질 산화에 대한 각종 용매 추출액에 대한 저해 영향을 백분율 (%)로 나타내었다.

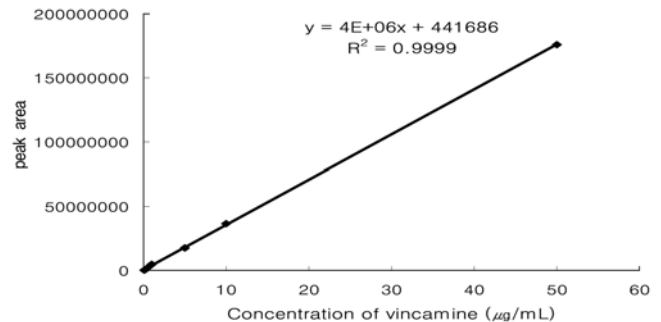
세가지 용매로부터 추출한 빈카마이너와 빈카민의 다른 농도에서 MA형성을 저해한 효과는 Table 2와 같다. 에탄올 추출액은 500, 1,000, 5,000 µg/mL의 농도에서 각각 9, 19, 82%의 MA형성을 억제했으며, 특히 5,000 µg/mL 농도에서 나타난 82%의 저해능은 농도별 세가지 추출용매에 따른 항산화능 비교시 가장 큰 효과를 나타내었다. 물 추출액은 500 µg/mL의 농도에서 25%까지 MA형성을 억제했으며, 지질 산화에 대해 1,000 µg/mL와 5,000 µg/mL의 농도에서는 각각 35% 및 47%의 항산화 효과가 나타났다.

메탄올 추출액은 500 µg/mL의 농도에서 6%까지 MA형성을 저해한 것으로 나타났으며, 1,000 µg/mL와 5,000 µg/mL의 농도에서는 각각 31% 및 66%의 항산화 효과가 나타났다. 빈카민의 각 다른 농도에 대해 측정된 결과는 500 µg/mL의 농도에서 6%까지 MA형성을 억제했다. 지질 산화에 대해 1,000 µg/mL와 5,000 µg/mL의 농도에서는 각각 10% 및 20%의 항산화 효과를 보여 빈카민 자체는 DPPH와 lipid MA 방법 모두에서 항산화능을 보이지 않았다. 이는 빈카마이너 추출액의 항산화능을 주 생리활성 성분인 빈카민에서 유래되지 않았다고 유추할 수 있다. 즉 빈카민 외에 다른 빈카마이너 추출액 성분이 항산화능을 보여주었다고 할 수 있다.

5,000 µg/mL 농도를 기준으로 하였을 때 에탄올 추출액의 항산화능이 물과 메탄올 추출액에 비해 각각 1.7배 및 1.2배 높은 결과를 보여주었다. 본 연구에서 사용된 두 항산화능 측정 결과

**Table 2. Antioxidant activity of various solvent extracts of vincaminor leaves and vincamine measured by lipid MA assay**

| Solvent   | Antioxidant activity (%) |             |             |
|-----------|--------------------------|-------------|-------------|
|           | 500 µg/mL                | 1,000 µg/mL | 5,000 µg/mL |
| Methanol  | 6±9.7                    | 31±2.7      | 66±5.0      |
| Ethanol   | 9±1.4                    | 19±3.6      | 82±0.6      |
| Water     | 25±6.6                   | 35±4.2      | 47±8.1      |
| Vincamine | 6±1.2                    | 10±2.6      | 20±2.4      |

**Fig. 2. Calibration curve for the analysis of vincamine by HPLC .**

DPPH에서는 물 추출액이, lipid MA 측정법에서는 에탄올 추출액이 가장 높은 항산화능을 보였다. 이 차이점은 항산화능 측정 방법의 친수성 및 반수성의 환경 차이로 설명할 수 있다. DPPH와 lipid MA 방법 모두 수용액 상에서 실험을 행하지만 lipid MA 방법은 실제 지질을 기질로 사용한다. 따라서 반수성 항산화 물질들이 많이 함유된 에탄올 추출액이 물 추출액보다 높은 항산화능을 보인 것으로 판단된다.

#### 빈카마이너의 HPLC 분석

본 연구에서 확립한 HPLC 분석조건에 의해 빈카민의 피크 면적으로부터 구한 검량선은 0-50 µg/mL의 범위에서 상관계수( $r^2$ )는 0.99로 좋은 직선성을 나타내었다(Fig. 2). 1 µg/mL과 10 µg/mL의 빈카민을 인위적으로 첨가하여 측정 한 회수율은 각각 95±2.3%, 93±3.9%의 값을 나타내었다. 빈카마이너 5 g을 메탄올 200 mL로 추출한 추출액과 표준품 빈카민(10 µg/mL)을 분석한 결과 얻어진 크로마토그램은 Fig. 3 및 Fig. 4와 같으며 각각의 머무름 시간은 4.65분과 4.86분이었다. 빈카마이너 추출액에 포함된 빈카민의 함량은 작성된 검량식에 대입하여 계산되었으며, 3회 반복 실험하여 측정된 함량은 0.419±0.00518 µg/mL이었다. 본 연구 결과는 빈카민의 이성질체를 분석한 연구(26), 그리고 생체시료 중의 빈카민을 정성, 정량 분석한 연구(4) 결과와 유사한 분리능을 보여주었다. 따라서 HPLC를 이용한 분석법은 빈카민을 정성 및 정량 하기 위한 적합한 방법이라 판단할 수 있다.

본 연구를 통하여 빈카마이너 추출액의 항산화능은 추출용매에 따라 차이를 보인다는 것을 알았다. 또한 국내에서는 처음으로 빈카마이너를 HPLC로 분석하는 시험법을 확립하였다. 이 연구를 기반으로 향후 천연 항산화제로서의 빈카마이너에 대한 지속적 연구가 필요하다고 판단된다. 현재 기능성 식품소재로의 연구를 본 연구실에서 수행 중이다. 빈카마이너가 천연 항산화제로서 의약품이나 기능성 식품 소재의 가능성이 충분이 있으며 앞으로 이에 관한 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

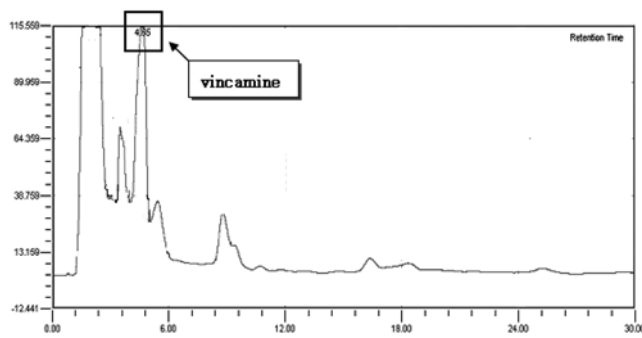


Fig. 3. Typical HPLC chromatogram of vincaminor extract.

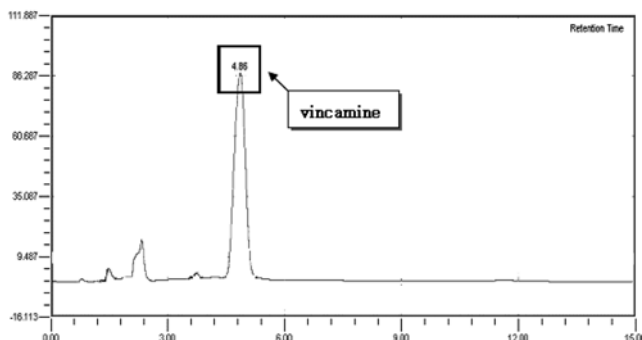


Fig. 4. Typical HPLC chromatogram of vincamine.

## 요 약

빈카마이너 유효 성분인 빈카민은 인돌알칼로이드의 일종으로 뇌혈관 질환 치료에 자주 사용 되어 왔다. 빈카마이너의 항산화능을 알아보기 위하여, 빈카마이너 추출액과 빈카민의 항산화능을 DPPH와 lipid MA 측정법으로 측정하였다. 빈카마이너 잎을 분쇄하여 물, 메탄올, 에탄올 용매로 추출하였다. 추출물의 항산화능은 추출용매와 측정방법에 따라 상이한 결과를 보였다. DPPH 방법으로 항산화능을 측정한 결과, 물 추출액에서 가장 높은 항산화능을 보였다. 그러나 lipid MA 측정법에 의한 결과에서는 에탄올 추출액이 5,000 µg/mL 농도에서 대구 간유의 MA 형성을 82%까지 저해시킨 것으로 나타나 가장 높은 항산화능을 보였다. 빈카마이너 추출액 중 빈카민은 HPLC에 의해 분석되었으며 빈카민의 함량은  $0.42 \pm 0.005$  µg/mL이었다.

## 감사의 글

본 연구는 동국대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었으며 이에 감사 드립니다.

## 문 헌

- Pratt DE, Birac PM. Source of antioxidant activity of soybeans and soy products. *J. Food Sci.* 44: 1720-1722 (1979)
- Schlittler E, Furlenmeier A. Vincamine, ein alkaloid aus Vinca minor L. (Apocynaceae). *Helv. Chim. Acta.* 36: 2017-2020 (1953)
- Trojanek J, Strouf O, Holubek, J, Cekan Z. Structure of vincamine. *Tetrahedron Lett.* 702-705 (1961)
- Juan YP, Tsai TU. Measurement and pharmacokinetics of vincamine in rat blood and brain using microdialysis. *J. Chromatogr. A* 1088: 146-151 (2005)
- Hagstadius S, Gustafson L, Risberg J. The effects of bromvincamine and vincamine on regional cerebral blood flow and mental functions in patients with multi-infarct dementia. *Psychopharmacology* 83: 321-326 (1984)
- Smeyers YG, Smeyers NJ, Randez JJ, Hernandez-Laguna A, Galvez-Ruano E. A structural and pharmacological study of alkaloids of Vinca Minor. *Molecular Engineering* 1: 153-160 (1991)
- Olpe HR, Steinmann MW. The effect of vincamine, hydergine, and piracetam on the firing rate of locus coeruleus neurons. *J. Neural. Transm.* 55: 101-109 (1982)
- Kumaran A, Joel karunakaran R. Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chem.* 97: 109-114 (2006)
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SL, Rhyu MR. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 333-338 (2004)
- Pyo YH, Ahn MS, Yim UK. Effects of tocopherols on the oxidation stability of evening primrose oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 255-260 (1990)
- Lee DJ, Lee JY. Tocopherols and tocotrienols in cereal grains. *Korean J. Crop Sci.* 48: 1-12 (2003)
- Seog HM, Seo MS, Kim HM. Antioxidative activity of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 889-892 (2002)
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SL, Rhyu ML. Screening of the antioxidant activity of some medicinal plants. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 333-338 (2004)
- Park MJ, Jeon YS, Han JS. Antioxidative activity of mustard leaf kimchi added green tea and pumpkin power. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1053-1059 (2001)
- Kim TS, Park HW, Park CG, Seong HJ, Ko SB, Jung JW, Kang MH. Comparison of antioxidative activities of cretalaria sessiflora L. extracts from leaves, seed, stem, and root. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1297-1301 (2005)
- Elsayed A, Aida A, Manal S. PMR assay of vincamine and formulations. *Pharm. Acta. Helv.* 73: 193-197 (1998)
- Rassat J, Robenek H, Themann H. Changes in mouse hepatocytes caused by vincamin. *N-S Arch. Pharmacol.* 318: 349-357 (1982)
- Boulat O, Waldmeier P, Maitre L. 3,4-Dihydroxyphenylacetic acid (DOPAC) as an index of noradrenaline turnover: Effects of hydergine® and vincamine. *J. Neural Transm-Gen.* 82: 181-195 (1990)
- Chung KS, Suh YB, Hahn YH, Song YS, Ryu JC. Analysis of higenamine contents in plants with HPLC. *Kor. J. Pharmacogn.* 29(2): 129-135 (1998)
- Shehata MA, El Sayed MA, El Tarras MF, El Bardicy MG. Stability-indicating methods for determination of vincamine in presence of its degradation product. *J. Pharmaceut. Biomed.* 38: 72-78 (2005)
- Umamo K, Dennis KJ, Shibamoto T. Analysis of free malonaldehyde in phtoirradiated corn oil and beef fat via a pyrazole derivative. *Lipids* 23: 811-814 (1988)
- Ka MH, Choi EH, Chun HS, Lee KG. Antioxidative potential of aroma extracts isolated from selected medicinal plants. *J. Agr. Food Chem.* 53: 4124-4129 (2005)
- Lee KG, Lee SE, Son DJ, Takeoka GR, Kim JH, Park BS. Antioxidant activity and characterization of volatile constituents of beechwood creosote. *J. Sci. Food. Agr.* 85: 1580-1586 (2005)
- Oh JH, Kim EH, Kim JY, Moon YI, Kang YH, Kang JS. Study on antioxidant potency of green tea by DPPH method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1079-1084 (2004)
- Lee JM, Chang PS, Lee JH. Comparison of oxidative stability for the thermally-oxidized vegetable oils using a DPPH Method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 133-137 (2007)
- Salvatore C, Grazia P. Separation of the four pairs of enantiomers of vincamine alkaloids by enantioselective high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr. A.* 893: 47-54 (2002)