

## 꾸지뽕나무 열매 추출물의 항산화 활성

차재영 · 조영수<sup>†</sup>

동아대학교 생명자원과학부

### Antioxidative Activity of Extracts from Fruit of *Cudrania tricuspidata*

Jae Young Cha and Young Su Cho<sup>†</sup>

Faculty of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

#### Abstract

The comparative activities of acetone, ethanol, and aqueous fractions extracted from fruit powder of *Cudrania tricuspidata* by different temperature were tested by *in vitro* experimental models; peroxidation of linoleic acid and autooxidation of rat hepatic and renal microsomes by using thiobarbituric acid (TBA) for assay of free malondialdehyde production, and scavenging activities of free radicals by DPPH ( $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl). In DPPH method, acetone fraction extracted at 30°C showed the highest free radical scavenging activities and acetone fractions extracted at 30°C and 60°C and ethanol fraction extracted at 30°C showed stronger than BHT (butylated hydroxytoluene) although used ten-fold lower concentrations. In thiocyanate method used linoleic acid, an inhibitory effects of all fractions showed higher than control treatment. TBA method used linoleic acid showed the highest antioxidative activity in acetone fraction extracted at 30°C and 60°C. An inhibition activity against lipid peroxidation in hepatic microsomes of rats showed the highest at acetone fraction extracted at 30°C and that of renal microsomes showed the highest at aqueous fraction extracted at 30°C. From these results, acetone fraction among extracted fractions was shown to be the most potent antioxidative properties and this action was more potent in fractions extracted at 30°C than those extracted at 60°C.

**Key words:** *Cudrania tricuspidata*, DPPH, antioxidative activity, lipid peroxidation

#### 서 론

우리나라의 야산에서 자라고 있는 뽕나무과에 속하는 꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata*)에도 다양한 생리활성 성분이 존재할 것으로 추측되어진다. 꾸지뽕나무는 낙엽성 소교목으로 한방에서 잎 부분을 자수정엽이라 하여 습진, 유행성 이하선염, 폐결핵, 타박상, 급성관절염 등을 치료하는데 사용되고 있으며, 목부, 근피 및 열매도 치료에 이용되고 있다(1,2). 그리고 우리나라 민간에서도 꾸지뽕나무를 다려서 마시면 간암 치료에 효과적인 것으로 전해져 내려오고 있다. 지금까지 이 식물에 대한 연구로는 cudraflavone A 및 B, 6,8-*p*-hydroxybenzyltaxifolin, 8-*p*-hydroxybenzyltaxifolin, 6-*p*-hydroxybenzyltaxifolin, kaempferol, kaempferol 7-*O*- $\beta$ -D-glucopyranoside, kaempferide 7-*O*- $\beta$ -D-glucopyranoside, naringenin 7-*O*- $\beta$ -D-glucopyranoside 등의 성분분석 연구가 대부분이다(3-5). 최근 꾸지뽕나무 잎, 줄기 및 뿌리를 대상으로 항균작용(5,6), 과산화지질 생성 억제작용(7-10), 지질 농도 저하작용(11-13) 등이 보고되었다.

최근에는 각종 생약, 식용식품 추출물 등에서 보다 안전하고 항산화 효과가 뛰어난 천연 항산화제를 개발하기 위한

많은 연구가 활발히 이루어지고 있다. 식물기원의 항산화 활성을 가지는 생리활성 물질은 잎, 꽃, 열매, 줄기, 뿌리 및 수피 등의 모든 부분에 존재하는데(4,14), 주로 케놀성 화합물에 의한 것으로 알려져 있다(4,15,16). 특히 식물의 열매 추출물에 의한 생리활성 작용에 관한 연구는 여러 연구자들에 의해 활발하게 이루어져 오고 있다. 그러나 꾸지뽕나무 열매 추출물의 생리활성에 관한 연구는 거의 없는 상태이다(16). 다만 본 연구자들에 의해 꾸지뽕나무 열매로부터 열침 온도에 따른 수용성 추출물 중의 폴리페놀 화합물 함량이 증가하고 DPPH법에 의한 수소공여능이 증가한 것으로 보고(8)되어, 꾸지뽕나무 열매 추출물에는 항산화 효과 등의 생리활성 성분이 존재할 것으로 사료된다. 따라서, 본 실험에서는 꾸지뽕나무 열매의 생리활성 물질을 검색하기 위하여 추출물의 추출 온도와 용매를 달리하여 얻은 acetone, ethanol 및 수용성 추출물의 항산화 효과에 대하여 조사하였다

#### 재료 및 방법

##### 재료 및 시료조제

꾸지뽕나무 열매는 1999년 5월에 경남 김해시 생림면에서

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: choys@mail.donga.ac.kr  
Phone 82-51-200-7586 Fax: 82-51-200-7505

직접 채취하였다. 꾸지뽕나무 열매를 60°C에서 건조시켜 분쇄한 500 g에 일정량의 증류수를 넣고 30°C 및 60°C에서 각각 3시간씩 2회 반복 추출한 용액을 농축하여 동결건조시킨 것을 수용성 추출물 분획으로 하였다. 잔사물은 다시 건조시킨 후 ethanol과 acetone을 10배량 첨가하여 30°C 및 60°C에서 각각 환류 추출을 2회 반복한 후, 추출액을 모아서 진공 농축하여 유기용매 추출물 분획으로 하였다.

#### 조직 microsome 분획의 조제

정상 식이를 급여한 7주령의 흰쥐로부터 개복하여 적출한 간장 및 신장 조직을 냉각된 생리식염수로 즉시 씻은 다음 일정량 취해 1.15% KCl-10 mM phosphate buffer(pH 7.4)를 가하여 homogenizer로 균질화시켰다. 이 용액을 4°C로 설정된 냉각원심분리기(Kubota, KR-20000 T, Tokyo, Japan)로 12,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후 상정액을 4점의 가아제로 여과하고, 여액을 4°C로 설정된 초원심분리기(Hitachi 55p-72, Tokyo, Japan)에서 45,000 rpm으로 45분간 원심분리하여 얻어진 침전물에 1.15% KCl-10 mM phosphate buffer(pH 7.4)를 일정량 가하여 microsome 분획으로 하였다(17). 이때 대조구는 합성 항산화제인 BHT(butylated hydroxytoluene)를 시료첨가량의 1/10을 사용하여 같은 방법으로 측정하였다.

#### DPPH법에 의한 수소공여능 측정

DPPH( $\alpha, \alpha'$ -diphenyl- $\beta$ -picrylhydrazyl) 용액은 100 mL 에탄올에 DPPH 16 mg을 녹인 후 증류수 100 mL를 혼합하여 whatman filter paper No. 2에 여과시켜 만들었다. 이 용액 5 mL에 각각의 시료 추출물 분획 0.05%를 함유한 시료용액 1 mL를 혼합한 후 528 nm에서 5분 간격으로 흡광도의 감소를 측정하였다(17).

#### Thiocyanate법에 의한 항산화 활성

Osawa의 방법(18)에 따라 먼저 linoleic acid(25 mg/mL in ethanol), ferrous chloride(2.45 mg/mL in 3.5% hydrochloric acid), ammonium thiocyanate(300 mg/mL in H<sub>2</sub>O), 0.2 M phosphate buffer(pH 7.0)를 조제하여 이들을 stock solution으로 사용하였다. 혼합용액은 각 시료용액 0.2 mL(6.0 mg/mL), linoleic acid 0.2 mL을 시험관에 넣고 혼합한 후 phosphate buffer 0.4 mL와 증류수 0.2 mL를 가하여 40°C에서 보관하면서 일정간격으로 측정하였다. 측정방법은 혼합용액에서 0.1 mL를 취하여 test tube에 넣고 70% ethanol 3 mL와 ammonium thiocyanate 용액 0.1 mL, ferrous chloride 용액 0.1 mL를 혼합한 후 정확히 3분 후에 500 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 활성의 비교를 위하여 합성 항산화제인 BHT를 시료첨가량의 1/10을 사용하여 BHT 첨가구로 하였다.

#### TBA(2-thiobarbituric acid)법에 의한 항산화 활성

Linoleic acid(25 mg/mL in ethanol) 1 mL와 각 시료용액

1 mL(0.6 mg/mL)을 시험관에 넣고 혼합한 후 0.2 M phosphate buffer(pH 7.0) 2 mL와 증류수 1 mL를 가하여 40°C에서 보관하면서 일정간격으로 TBA법(19)으로 측정하였다. 즉, 반응액 0.5 mL를 취하여 centrifuge tube에 넣고 35% trichloroacetic acid 0.25 mL와 0.75% aqueous TBA 0.5 mL를 가하여 혼합한 후 boiling water bath에서 가끔 흔들어 주면서 15분간 처리하여 냉각시킨 후 70% trichloroacetic acid 0.5 mL를 가한 다음 20분 후 3,000 rpm에서 15분간 원심분리하고, 그 상정액을 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### Microsomes 실험계에서의 항산화 활성

항산화 활성은 Wong 등의 방법(20)에 따라 50 mM Tris-HCl buffer(pH 7.5) 1.5 mL에 각 시료 용액 0.2 mL(6.0 mg/mL), 간 및 신장의 microsome 분획 각각 0.1 mL, 0.1 mM ascorbate 0.1 mL 및 5 mM FeSO<sub>4</sub> 0.1 mL를 차례로 가하여 반응액을 잘 혼합하고 37°C의 shaking water bath에서 1시간 반응시켜 지질 과산화를 유도시켰다. 이때 대조구는 시료를 첨가하지 않았으며, 합성 항산화제인 BHT는 시료첨가량의 1/10을 사용하여 같은 방법으로 측정하였다. 반응 후 3 M trichloroacetic acid와 2.5 N HCl의 혼합용액 0.5 mL를 가하고 3,000 rpm으로 10분간 원심분리한 후 상등액 1 mL를 취하여 0.67% TBA 1 mL를 가하여 혼합하고 끓는 물 속에서 30분간 가열하여 발색시켰다. 냉각 후 3,000 rpm에서 원심분리하여 얻은 상등액을 535 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 지질 과산화의 억제율은 각각 대조구의 흡광도에 대한 저해율(%)로 비교하였다.

## 결과 및 고찰

#### DPPH법에 의한 수소공여능

DPPH법은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변 생성물질, peptide 등의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 환원됨으로서 짙은 자색이 탈색되는 정도에 따라 항산화 효과를 수소공여능으로 측정하는 방법으로 알려져 있다(17). 꾸지뽕나무 열매의 각 추출물 분획에 의한 수소공여능은 Fig. 1과 같다. 본 실험계의 대조구로 사용한 합성 항산화제인 BHT는 항산화 작용으로 반응시간과 함께 528 nm에서 짙은 자색을 가지는 DPPH 용액의 흡광도가 점차적으로 감소하는 것으로 나타났다. 꾸지뽕나무 열매 추출물의 수소공여능에서는 30°C acetone > 30°C ethanol > 60°C acetone 분획 순으로 나타났는데, BHT보다 높은 활성을 나타내었다. 그러나 수용성 분획에서는 추출시의 온도에 상관없이 흡광도의 감소는 관찰되었으나, acetone과 ethanol 분획보다는 항산화 활성이 낮았다. 따라서, DPPH법으로 측정된 항산화 실험계에서는 30°C의 온도 조건에서 추출한 acetone 분획에 높은 항산화 활성을 가진 성분이 들어있는 것으로 추측된다. 대두 추출물을 이용한 항산화 실험(21)에서도 85°C 환류 추출한

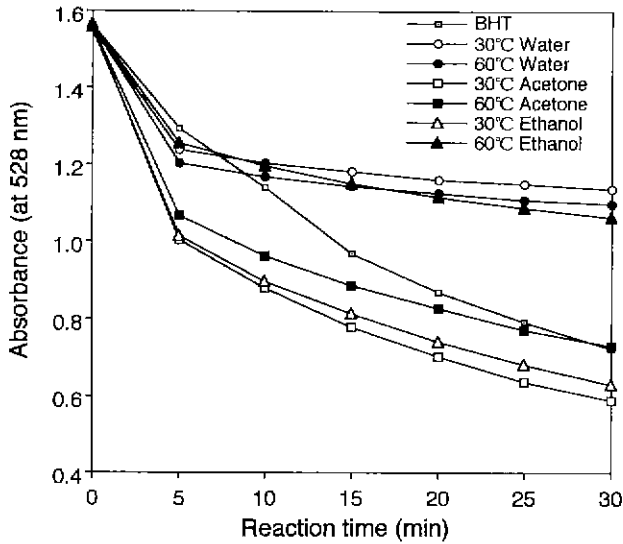


Fig. 1. Changes in the free radical level determined by DPPH method by extracts (0.05%) of fruit powder from *Cudrania tricuspidata*.

methanol 분획물보다 30°C 상온 추출 분획물에서 과산화지질 억제 효과가 강한 것으로 나타났는데, 이는 상온에서 methanol에 추출되는 항산화 활성을 가지는 물질이 높은 온도의 환류추출 온도에서 파괴되기 때문인 것으로 밝힌 바 있다. 본 실험의 결과에서도 30°C 추출물에서 높은 항산화 활성이 있는 것도 이러한 원인에 의한 것으로 사료되었다. 그러나, 꾸지뽕나무 열매 수용성 추출물의 수소공여능에 의한 항산화 활성은 꾸지뽕나무 잎, 줄기, 뿌리의 수용성 추출물 0.05% 농도의 DPPH법에 의한 수소공여능 측정에서 잎 추출물의 흡광도와 비슷한 수준이었고, 뿌리 추출물보다는 높고 줄기 추출물보다는 낮게 나타나 꾸지뽕나무의 각 부위별 생리활성도가 다르다는 것을 시사해 준다(8).

Linoleic acid 산화 실험계를 이용한 항산화 활성

꾸지뽕나무 열매로부터 추출 용매와 추출 온도를 달리하여 얻은 추출물 분획에 의한 linoleic acid를 이용한 thiocyanate 방법으로 항산화 활성을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 본 실험계에서는 꾸지뽕나무 열매의 각 추출물 분획의 효과가 반응 8일째까지 합성 항산화제 BHT와 비슷한 수준을 나타내었다. 특히 수용성 추출물에서 나타낸 항산화 활성은 DPPH법에서 낮은 활성을 나타내었음에도 불구하고 본 실험계에서 다른 분획과 뚜렷한 차이를 나타내지 못한 것은 항산화 활성 차이를 나타낼 수 있는 적정량 이상으로 사용하였기 때문인 것으로 판단된다. 꾸지뽕나무 수피 수용성 추출물(6.0 mg/mL)도 BHT(0.6 mg/mL)와 반응 8일째까지 동일한 효과를 나타내어 꾸지뽕나무 추출물은 *in vitro* 산화 실험계에서 높은 항산화 효과를 나타내는 것으로 사료된다(8). TBA법에 의한 항산화 활성 측정에서는 반응 7일째까지는 30°C와 60°C의 acetone 및 ethanol 추출 분획물에서 상당한 지질 과산화 생성 억제 효과가 나타났으나, 반응 14일째에는 30°C

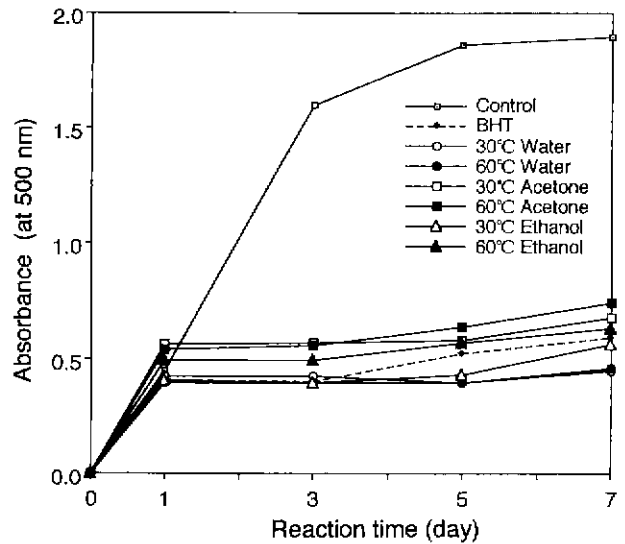


Fig. 2. Antioxidative activity of extracts (6.0 mg/mL) from fruit powder of *Cudrania tricuspidata* and BHT (0.6 mg/mL) in the linoleic acid system measured by the thiocyanate method.

와 60°C의 acetone 추출 분획물에서만 BHT와 동일한 효과 (Fig. 3)를 보여, DPPH법 및 thiocyanate법에서와 마찬가지로 acetone 추출물에는 강한 항산화 효과를 나타내는 성분이 존재하는 것을 다시 한번 시사해 주었다

간장 microsomes의 지질 과산화 억제활성

동물 조직으로부터 조제한 microsome 분획은 free radical 반응에 의해 과산화되기 쉬운 불포화 지방산을 많이 함유하고 있는 세포막으로 생체에서 일어나는 지질 과산화의 *in vivo* 실험계 뿐만 아니라 *in vitro* 실험계로도 널리 이용되어 오고 있다(9,10,16). 이러한 생체막의 불포화 지방산은 활성산소와 같은 free radical에 의하여 과산화 반응이 개시되면서

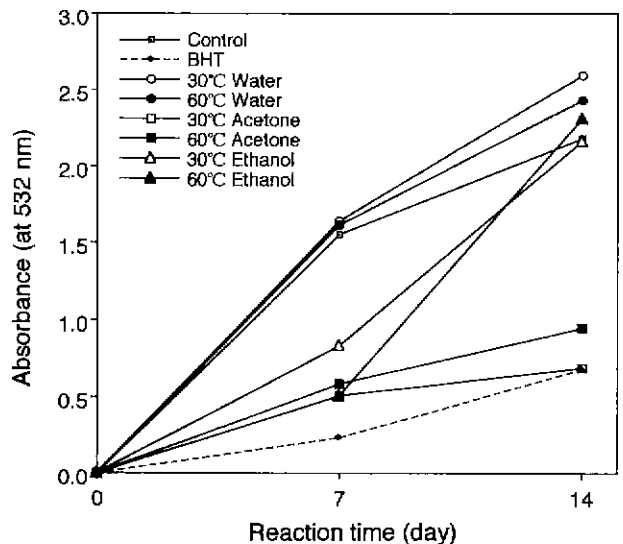


Fig. 3. Antioxidative activity of extracts (0.6 mg/mL) from fruit powder of *Cudrania tricuspidata* and BHT (0.6 mg/mL) in the linoleic acid system measured by the TBA method.

연쇄적으로 진행(22,23)되므로 세포막의 투과성을 항진시킬 뿐만 아니라 전반적인 세포독성을 초래하여 노화현상 및 이에 따른 여러 가지 병리현상을 유도하는 것으로 알려져 있다(24,25). 본 실험에서 Fe<sup>2+</sup>/ascorbate를 첨가하여 비효소적으로 과산화물을 유도한 간장 microsome 막 불포화 지방산의 지질 과산화 실험계에서(20), 꾸지뽕나무 열매 추출물의 항산화 효과는 Fig. 4와 같다. 꾸지뽕나무 열매 추출물 분획중 30°C 추출 acetone 분획에서 55.6% 억제로 항산화 효과가 높게 나타났다. 꾸지뽕나무 열매의 30°C 추출 acetone 분획은 DPPH 측정법, linoleic acid를 이용한 thiocyanate 및 TBA 측정법에서도 높은 항산화 효과를 나타냄으로서 어느 특성의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 성분이 존재할 것으로 사료된다. 그러나 다른 추출물 분획에서는 막 지질 과산화를 억제시키는 작용이 관찰되지 않았다. 흰쥐 간장 microsome 지질 과산화 실험계를 이용한 꾸지뽕나무 열매 추출분획물의 과산화 지질 억제작용에서도 일정 농도 이하에서는 오히려 지질 과산화물의 생성을 촉진시키는 것으로 보고된 바 있다(16). 또한, 전보에서 꾸지뽕나무 줄기, 잎 및 뿌리 수용성 추출물에서도 간장 microsome 막 지질 과산화를 각각 54%, 38% 및 28% 억제시키는 것으로 보고(8)한 바 있으나, 본 실험에서 꾸지뽕나무 열매 수용성 분획에서는 지질 과산화를 억제시키지 못한 것으로 보아 각 부위별 추출물의 항산화 성분이 다른 것으로 사료된다. 꾸지뽕나무 잎 및 줄기로부터 항산화 활성을 나타내는 성분으로 kaempferol 7-O-β-D-glucopyranoside 및 naringenin 7-O-β-D-glucopyranoside이 각각 분리되어 보고된 바 있는데, 이들 성분들은 대부분의 식물에서 분리된 항산화성 플라보노이드 성분으로 나타났다(5,26).

신장 microsome의 지질 과산화 억제활성

생체의 조직 중 신장은 혈류량이 많고, 생체의 대사과정 중에 생성된 노폐물을 여과시키는 과정에서 혈액 속에 들어 있는 독성물질에 노출될 기회가 많기 때문에 체내에서 이들의 주된 축적 부위로 알려져 있으며, 이 때문에 항산화계가 저하되어 지질 과산화물을 생성하는데 좋은 환경을 제공하여 조직의 손상을 초래할 수가 있다(23). 당뇨 및 만성신부전 실험 모델에서 세포내 산화 스트레스 증가에 의해 신장에서 지질 과산화물의 증가 및 뇨중의 8-hydroxydeoxyguanosine(8-OHdG) 증가는 신장에서 기능장애가 일어나고 있는 것을 암시해 주는 결과이다(24). 또한, 생체의 조직 중에서 특히 신장은 한방성분 등의 추출물에 의해서 나타날 수 있는 부작용을 쉽게 받을 수 있는 조직으로 보고된 바 있는데(27), 이는 추출 성분에 의한 영향이 다른 어떤 조직보다도 민감하게 반응할 수 있을 가능성이 높기 때문에, 본 실험에서도 신장의 microsome 생체막 과산화지질 실험계를 선택하여 항산화 효과가 있는지를 관찰하였다. 흰쥐 신장의 microsome 막 지질 과산화 실험계를 이용한 꾸지뽕나무 열매 추출물의 항산화 효과는 Fig. 5와 같다. 꾸지뽕나무 열매 추출물중 30°C 및 60°C 수용성 분획에서만 각각 44% 및 24% 항산화 효과가 나타났을 뿐 다른 추출물 분획에서는 항산화 효과가 없었다. 전보(9)에서도 꾸지뽕나무 잎과 수피 수용성 추출물 급여가 흰쥐 신장의 지질 과산화물 함량을 감소시켰으므로 꾸지뽕나무 부위별 수용성 추출물에는 신장의 과산화지질 생성을 감소시키는 작용이 있는 것으로 시사된다. 따라서 꾸지뽕나무 열매, 잎, 수피 수용성 추출물이 신장의 지질 과산화물 생성을 억제시키는 것은 산화적 손상을 일으키는 원인 물질인

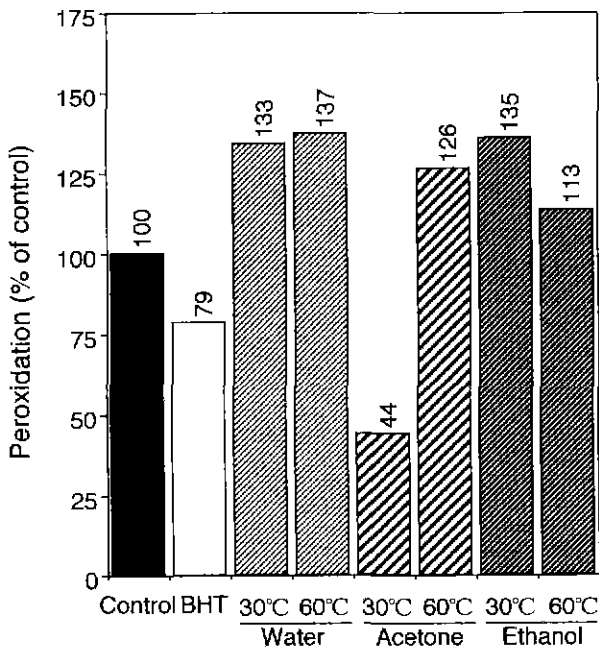


Fig. 4. Antioxidative activity of extracts (2.0 mg/mL) from fruit powder of *Cudrania tricuspidata* in rat liver microsomal system measured by the TBARS method.

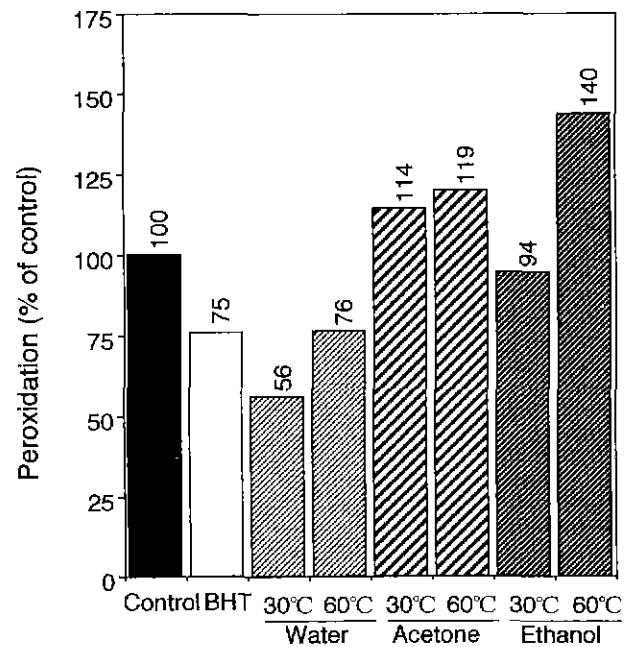


Fig. 5. Antioxidative activity of extracts (2.0 mg/mL) from fruit powder of *Cudrania tricuspidata* in rat kidney microsomal system measured by the TBARS method.

free radical 생성을 억제시킬 수 있는 가능성이 있기 때문에 이들과 밀접하게 관련되어 있는 질환의 발병을 예방 또는 치료할 수 있는 생리활성 물질로서 작용할 가능성이 있다.

## 요 약

꾸지뽕나무(*Cudrania tricuspidata*) 열매로부터 추출온도를 달리한 acetone, ethanol 및 수용성 추출 분획을 얻어 DPPH 법에 의한 수소공여능, linoleic acid 및 microsome 생체막 과산화지질 억제정도에 미치는 영향을 비교검토하였다. DPPH 법에 의한 수소공여능 측정에서는 30°C 추출 acetone 분획에서 가장 강하게 나타났으며, 30°C 및 60°C 추출 acetone 분획과 30°C 추출 ethanol 분획은 대조구 BHT보다 강한 것으로 나타났다. Linoleic acid를 이용한 thiocyanate 방법에서는 추출물 모두가 대조구의 BHT와 동일한 효과를 보였으며, TBA 방법에서는 30°C 및 60°C 추출 acetone 분획에서 강한 항산화 효과가 관찰되었다. 간장 및 신장 microsome 생체막 과산화지질 억제정도는 30°C 추출 acetone 분획과 30°C 추출 수용성 분획에서 각각 강하게 나타났다. 이상의 결과로부터 꾸지뽕나무 열매의 추출 온도 및 용매를 달리한 실험에서 각각 30°C 추출과 acetone 분획에서 linoleic acid 및 microsome 세포막 지질 과산화 억제효과가 강하게 나타났다.

## 문 헌

- Lee, C.B. *Dehanshikmildogam*. Hyangmoonsha, p 285 (1985)
- Kangsosunuihakwon. Jungyakdesajon. 2nd, Sohakkyan, p. 2383 (1985)
- Fujimoto, T. and Nomura, T. : Components of root bark of *Cudrania tricuspidata* 3. Isolation and structure studies on the flavonoids. *Planta Medica*, **51**, 190-196 (1985)
- Pack, I.C., Young, H.S. and Choi, J.S. : Constituents of *Cudrania tricuspidata* in Korea. *Yakhak Hoeji*, **36**, 40-45 (1992)
- Kim, S.H., Kim, N.J., Choi, J.S. and Park, J.C. : Determination of flavonoid by HPLC and biological activities from the leaves of *Cudrania tricuspidata* Bureau. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **22**, 68-72 (1993)
- Ottersen, T., Vance, B., Doorenbos, N.J., Chang, B.L. and El-Ferly, F.S. : The crystal structure of cudranone, 2,6, 3'-trihydroxy-4-methoxy-2'-(3-methyl-2-butenyl)-I, a new antimicrobial agent from *Cudrania cochinchinensis* *Acta Chem. Scand [B]*, **31**, 434-436 (1977)
- Chang, C.H., Lin, C.C., Hattori, M. and Namba, T. : Effects of anti-lipid peroxidation of *Cudrania cochinchinensis* var *gerontogea*. *J. Ethnopharmacol.*, **44**, 79-85 (1994)
- Cha, J.Y., Kim, H.J., Chung, C.H. and Cho, Y.S. : Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1310-1315 (1999)
- Cha, J.Y., Kim, H.J. and Cho, Y.S. : Effect of watersoluble extract from leaves of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the lipid peroxidation in tissues of rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **29**, 531-536 (2000)
- Kim, H.J., Cha, J.Y., Choi, M.R. and Cho, Y.S. : Antioxidative activities by water-soluble extracts of *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata*. *J. Korean Soc. Agric. Chem.*, **43**, 148-152 (2000)
- Cha, J.Y., Kim, H.J., Jun, B.S. and Cho, Y.S. : Effect of water extract of leaves from *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the lipid concentration of serum and liver in rats. *Agric. Chem Biotechnol.*, **43**, 303-308 (2000)
- Kim, S.Y., Lee, W.C., Kim, H.B., Kim, A.J. and Kim, S.K. : Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol induced hyperlipidemia in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 1217-1222 (1998)
- Cha, J.Y. and Cho, Y.S. : Effect of stem bark extract from *Morus alba* and *Cudrania tricuspidata* on the concentrations of lipid and tissue lipid peroxidation in the cholesterol-fed rats. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **33**, 128-134 (2001)
- Kim, H.J., Jun, B.S., Kim, S.K., Cha, J.Y. and Cho, Y.S. : Polyphenolic compound content and antioxidant activities by extracts from seed, sprout and flower of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 1217-1222 (1998)
- Cha, J.Y. and Cho, Y.S. : Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, **28**, 1131-1136 (1999)
- Park, J.C., Choi, J.S. and Choi, J.W. : Effects of the fraction from the leaves, fruits, stems and roots of *Cudrania tricuspidata* and flavonoids on lipid peroxidation. *Kor. J. Pharmacogn.*, **26**, 377-384 (1995)
- Blois, M.S. : Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, **26**, 1199-1204 (1958)
- Osawa, T. : A novel type of antioxidant isolated from leaf of *Eucalyptus* leaves. *Agric. Biol. Chem.*, **45**, 735-739 (1981)
- Ottolenghi, A. : Interaction of ascorbic acid and mitochondrial lipids. *Arch. Biochem. Biophys.*, **79**, 355-461 (1959)
- Wong, S.F., Hollwell, B., Richmond, R. and Skowronek, W.R. : The role of superoxide and hydroxyl radical in the degradation of hyaluronic acid induced by metal ions and by ascorbic acid. *J. Inorganic Biochem.*, **14**, 127-134 (1981)
- Kim, J.Y., Maeng, Y.S. and Lee, K.Y. : Antioxidative effects of soybean extracts by using various solvents. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 635-637 (1995)
- Oyanagui, Y. : *SOD and active oxygen modulators*. Nihon Igakukan, Tokyo, Japan (1989)
- Corfray, R.S., Kumar, V. and Robbins, S.L. : *Robbins pathologic basis of disease*. Saunders, W.B., Philadelphia (1989)
- Plaa, G.L. and Witschi, H. : Chemicals, drugs and lipid peroxidation. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **16**, 125-131 (1976)
- Johnson, J.E., Walford, R., Harma, D. and Miquel, J. : *Free radicals, aging and degenerative disease*. Alen R. Liss, N.Y. (1986)
- Fujimoto, T. and Nomura, T. : Components of root bark of *Cudrania tricuspidata* 3 Isolation and structure studies on the flavonoids. *Planta Medica*, **51**, 190-196 (1985)
- Lin, J.L. and Ho, Y.S. : Flavonoid-induced acute nephropathy. *Am J Kidney Disease*, **23**, 433-440 (1994)

(2001년 2월 7일 접수)