

투여 방법에 따른 가르시니아 캄보지아 혈중 농도 변화와 항산화 효과 변화

박은정¹ · 김상호¹ · 김경수² · 오한진^{1*}

¹관동의대 제일병원 가정의학과

²가톨릭의대 서울성모병원 가정의학과

Effect of Administration Method on Blood *Garcinia cambogia* Concentration and Antioxidative Activity

Eun Jung Park¹, Sang Ho Kim¹, Kyung Soo Kim², and Han Jin Oh^{1*}

¹Dept. of Family Medicine, Cheil General Hospital, College of Medicine Kwandong University, Seoul 100-380, Korea

²Dept. of Family Medicine, Seoul Saint Mary's Hospital, The Catholic University, Seoul 137-701, Korea

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of administration methods for on *Garcinia cambogia* on blood *Garcinia cambogia* concentration and antioxidative levels. Rats were divided into three groups: G1 (normal group), G2 (one administration of *Garcinia cambogia* extract 2,800 mg/kg b.w.), G3 (three separate administrations every 6 h of *Garcinia cambogia* extract 750, 850, and 1,200 mg/kg b.w. for 18 h). Blood samples were collected every hour, and animals sacrificed 18 h after the oral administration of *Garcinia cambogia* extract. We examined changes in the serum concentration of *Garcinia cambogia* by HPLC analysis. Two hours following an oral administration of *Garcinia cambogia* extract (2,800 mg/kg b.w.), serum *Garcinia cambogia* levels reached their maximum, but gradually decreased until 10 hours when it was no longer detectable. In contrast, serum *Garcinia cambogia* levels under G3 administration were maintained above a certain level after 18 h. To determine whether this level of *Garcinia cambogia* could affect blood oxidative levels, we measured serum lipid peroxidation by TBARS levels. TBARS levels from G3 treatment were significantly lower than G1 and G2. To analyze other antioxidative activities, radical scavenging activities were measured by the DPPH and ABTS radical scavenging assays. There were no significant differences between the groups in DPPH radical scavenging activity. However, ABTS radical scavenging activity significantly increased with G3 treatment compared with G1 and G2. In conclusion, our data show that three times administration of *Garcinia cambogia* every 6 h may helpful for maintaining serum *Garcinia cambogia* levels and antioxidative effects.

Key words: *Garcinia cambogia*, antioxidant, HCA, lipid peroxidation, DPPH, ABTS

서 론

가르시니아 캄보지아(*Garcinia cambogia*)는 Cuttiferae 과(科)에 속하는 관목으로 인도와 남부아시아에서 자생하는 열대식물이다. 오래전부터 음식의 신맛을 내는 양념료로 사용되어 왔으며 식품 보존료, 향신료, 그리고 구풍제로서 동남아시아에서 사용되어 왔다(1,2). 특히 과실 껍질에 10~30% 정도 함유되어 있는 hydroxycitric acid(HCA)에 의한 항비만 및 항산화 효능에 대해 기능성이 입증되어 관심이 증가되고 있다(3,4). HCA는 오렌지 등의 신맛의 과일에 함유되어 있는 citric acid와 화학적으로 유사한 구조를 가지는 물질로서 미토콘드리아 내부에서 pyruvate로부터 생성된 citrate가 oxaloacetate와 acetyl-CoA로 분해되는 것을 촉매하는 효소인 adenosine 5'-triphosphate(ATP) citrate lyase의 경쟁적 억제자로 알려져 있다. 따라서 HCA의 작용으로

acetyl-CoA pool이 감소하므로 결과적으로 세포에서 지방산과 콜레스테롤의 합성이 제한되어 체내 지방 축적을 억제시킨다(5,6). 또한 식욕 촉진과 관련된 신경전달 물질인 acetylcholine의 전구체인 acetyl-CoA의 합성을 저해함으로써 식욕 저하에 영향을 미치며, acetyl-CoA의 이용 제한으로 간에서의 글리코겐 합성이 증가되어 뇌 시상하부의 포만중추를 자극하여 식욕이 억제될 수 있다고 알려져 있다(7,8). 이러한 HCA의 용해도와 생리적 효능은 Ca^{2+} , Na^{2+} , K^{2+} 등의 단일염과 결합된 상태보다 Ca^{2+}/K^{+} 등의 이중염과 결합된 상태일 때에 더 높다고 연구되었다(9).

뿐만 아니라 가르시니아 캄보지아의 투여는 혈청과 신장의 과산화지질 형성을 억제시켜 산화적 손상을 예방한다고 연구보고 되었다(4). 음주, 흡연, 자외선 등의 외부요인이나 세포 내 에너지 대사에 의하여 체내에 생성된 활성산소종이 제거되지 못하고 비정상적으로 높아지면 항산화 방어 체계

*Corresponding author. E-mail: hanjin.oh@gmail.com
Phone: 82-31-201-3779, Fax: 82-31-204-8119

의 균형이 깨지고 산화적 손상을 유발시킨다. 이러한 과다한 활성산소종에 의한 산화적 손상은 세포의 과산화지질 형성을 증가시켜 세포벽을 손상시킴으로써 질병을 일으키게 한다(10,11). 따라서 노화와 질병 예방을 위하여 활성산소종을 제거하는 항산화제의 기능성에 대한 연구와 이에 따른 새로운 천연 항산화제 개발이 활발하게 진행되고 있다(12).

본 연구에서는 Ca^{2+}/K^{+} 이 결합된 가르시니아 캄보지아를 이용하여 투여방법에 따른 혈중 가르시니아 캄보지아의 농도 변화를 살펴보고 이러한 농도 변화가 혈중 항산화 지표에 영향을 미치는지를 과산화지질과 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) 및 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid)(ABTS) 라디칼 소거능 측정을 통하여 확인하였다.

재료 및 방법

시약 및 재료

본 연구에서 사용된 가르시니아 캄보지아 추출물은 (주)편란디아(Seoul, Korea)에서 공급받아 실험하였으며 이 추출물의 HCA 함량은 63%였다. Lipid peroxidation assay kit는 BioVision(Mountain View, CA, USA)에서 구입하였으며 thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) assay kit는 ZeptoMetrix(New York, NY, USA)에서 구입하였다. ABTS, DPPH는 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 이외의 모든 시약 및 용매는 일급 또는 특급 이상의 등급을 사용하였다.

실험동물 및 처치

250 g 내외의 7주령 수컷 SD rats를 일주일 동안 설치류 사육실에서 적응시킨 후 적응기간 중 일반 상태를 관찰하여 건강한 개체만 실험에 사용하였다. 사육환경은 온도 $23 \pm 3^{\circ}C$, 습도 $50 \pm 5\%$ 에서 light cycle은 12시간으로 유지하였다. 순화기간 중 건강하다고 판정된 동물에 대하여 체중을 측정하고 평균체중에 가까운 개체를 선택하여 무작위법을 이용하여 군 분리를 실시하였다.

정상군(G1), 가르시니아 캄보지아 추출물 단회 투여한 군(G2)과 6시간 간격으로 3회 투여한 군(G3)으로 군 분리를 하였다. 단회 투여한 군은 2,800 mg/kg b.w.의 농도로 일회 경구 투여하였으며 3회 투여한 군은 750, 850, 1,200 mg/kg b.w.로 농도를 높여가면서 6시간 간격으로 경구 투여하였다. 한 시간 간격으로 혈액을 채취하였으며 총 18시간 후에 모든 동물을 희생시켰다. 채취한 혈액을 16,000 rpm에서 20분 동안 원심분리 하여 혈청을 얻은 후 분석시험에 사용하였다.

HPLC 분석

냉동보관 했던 혈청 100 μ L에 300 μ L MeOH를 첨가하여 8,000 rpm에서 5분 원심분리 하여 상등액을 사용하여 분석을 실시하였다. UV 검출기의 파장은 260 nm, 데이터 처리장

치는 1-hexanesulfonic acid를 함유한 45% MeOH 혼합용액을 사용하였고 유속 1 mL/min에서 정량하였다. 가르시니아 캄보지아 표준품을 증류수에 녹여 농도 50, 100, 500, 1,250, 2,500 μ g/mL로 만들어 냉동보관 했던 blank 혈청으로 희석하여 0.5, 1, 5, 12.5, 25 μ g/mL의 농도를 시료를 제작하였다. 최종시료를 high performance liquid chromatography (HPLC, Waters 2690, Waters, Milford, MA, USA)에 주입하여 검량선을 작성하여 본 연구에서 얻은 혈청의 가르시니아 캄보지아 농도를 계산하였다.

과산화지질 측정

과산화지질을 측정하는 방법으로 과산화지표인 thio-barbituric acid reactive substance(TBARS)는 Fraga 등(13)이 기술한 방법을 이용한 TBARS assay kit를 이용하여 thiobarbituric acid(TBA)와 반응하는 물질을 추출하여 측정하였다. 혈장 0.2 mL에 8.1% sodium dodecyl sulfate와 20% acetic acid 1.5 mL를 가한 후 잘 섞고 0.8% TBA 1.5 mL와 증류수 0.6 mL를 넣고 $95^{\circ}C$ 에서 1시간 가열 후 5분간 냉각하였으며, 증류수 1 mL와 n-butanol/pyridine(15:1, v/v)과 5.0 mL의 증류수를 가하여 30초간 진탕하였다. 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 10분간 실온에서 안정시킨 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능 측정은 Blois의 방법을 변형하여 측정하였다(14). 혈청 50 μ L에 100 μ M DPPH 용액 950 μ L를 첨가하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader를 사용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 혈청의 DPPH 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능(%)=

$$\frac{\text{대조구 흡광도} - \text{시료첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

ABTS 라디칼(ABTS⁺) 소거능

ABTS radical-scavenging 활성은 Re 등(15)의 방법을 변형하여 측정하였다. 100 mM potassium phosphate buffer 용액(pH 7.4)에 7 mM ABTS와 2.5 mM potassium persulfate를 82:1로 용해시켜 ABTS⁺ 라디칼 용액을 만들었으며, 96-well plate 각 well에 제조된 ABTS⁺ 라디칼 용액 390 μ L와 혈청 10 μ L를 넣어 잘 혼합하여 실온에 30분간 방치한 다음 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 라디칼 소거능은 아래의 식으로 계산하여 백분율로 나타내었다.

$$\text{라디칼 소거능 (\%)} = \frac{\text{대조구 흡광도} - \text{시료첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

통계처리

본 실험결과는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) version 20.0 프로그램(IBM Inc., New York, NY,

USA)을 이용하여 분석하였다. 모든 측정 항목의 결과는 평균(mean)±표준편차(standard deviation, SD)로 표시하였고 실험군간 평균의 차이는 one-way ANOVA로 유의성을 확인한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후 검증하였으며 $p < 0.05$ 수준에서 유의성의 여부를 검증하였다.

결 과

혈중 가르시니아 캄보지아 농도 변화

가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 경구 투여한(G2) 후 2시간이 지난 후 혈중 가르시니아 캄보지아 농도가 $3.6 \pm 0.31 \mu\text{g/mL}$ 로 가장 높아졌다. 그 후 점차 농도가 낮아졌고 9시간 후의 농도가 $0.04 \pm 0.10 \mu\text{g/mL}$ 로 낮아져 10시간 후부터는 혈중에서 가르시니아 캄보지아가 분석되지 않았다. 반면 6시간 간격으로 3회 경구 투여한(G3) 경우에 첫 번째 투여 농도인 750 mg/kg b.w.를 투여한 후 2시간이 지난 후 농도는 $1.3 \pm 0.19 \mu\text{g/mL}$ 으로 가장 높아졌고 그 후 $1.2 \pm 0.35 \mu\text{g/mL}$ (3 h), $0.8 \pm 0.24 \mu\text{g/mL}$ (4 h), $0.4 \pm 0.22 \mu\text{g/mL}$ (5 h), $0.2 \pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ (6 h)로 점차 낮아졌다. 두 번째 투여 농도인 850 mg/kg b.w.를 투여한 후에는 $0.9 \pm 0.28 \mu\text{g/mL}$ (7 h), $1.5 \pm 0.15 \mu\text{g/mL}$ (8 h), $1.1 \pm 0.27 \mu\text{g/mL}$ (9 h), $0.7 \pm 0.23 \mu\text{g/mL}$ (10 h), $0.5 \pm 0.11 \mu\text{g/mL}$ (11 h), $0.2 \pm 0.21 \mu\text{g/mL}$ (12 h)로 2시간이 지난 후 높아졌다가 점점 낮아졌다. 세 번째 투여 농도인 1,200 mg/kg b.w.를 투여한 후에는 한 시간이 지난 후 가장 높은 농도($1.9 \pm 0.54 \mu\text{g/mL}$)를 보였고 점차 낮아져 18시간 후에는 $0.7 \pm 0.24 \mu\text{g/mL}$ 의 농도를 나타내었다. 따라서 단회 고농도 경구 투여한 그룹에서는 10시간이 지난 후에는 혈중 가르시니아 캄보지아가 남아있지 않은 반면, 6시간 단위로 3회 경구 투여한 그룹에서는 18시간 동안 일정 농도 이상으로 유지시켰음을 보여줬다(Fig. 1).

혈중 과산화지질 변화

가르시니아 캄보지아 추출물 투여 방법에 따른 혈중 과산화지질 형성의 변화를 살펴보기 위하여 혈청에서의 TBARS를 측정하였다. 가르시니아 캄보지아 추출물을 투여하지 않은 정상군(G1)의 TBARS는 $3.9 \pm 0.15 \text{ nmol/mL}$, 가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 투여한(G2) 후 18시간이 지난 뒤의 TBARS는 $3.8 \pm 0.21 \text{ nmol/mL}$ 였고 G1과 G2는 유의적으로 차이가 없었다($p < 0.05$). 반면 6시간 간격으로 3회 경구 투여한 그룹(G3)의 TBARS는 $3.5 \pm 0.11 \text{ nmol/mL}$ 로 유의적으로 G1과 G2에 비하여 낮아졌음을 보여줬다($p < 0.05$)(Fig. 2).

DPPH 라디칼 소거능 변화

혈중의 가르시니아 캄보지아 농도가 라디칼 소거능에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 DPPH 라디칼 소거능 활성을 측정하였다. 가르시니아 캄보지아 추출물을 투여하지 않은

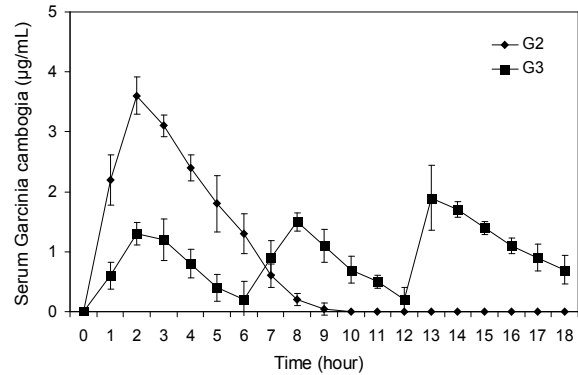


Fig. 1. Changes of serum *Garcinia cambogia* concentration among the groups. G2: once administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 2,800 mg/kg b.w., G3: three-separate administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 750, 850 and 1,200 mg/kg b.w., respectively. The results were presented means \pm SD.

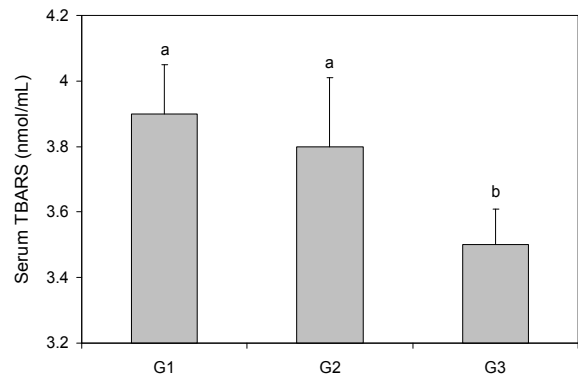


Fig. 2. Changes of serum TBARS levels among the groups. G1= $3.9 \pm 0.15 \text{ nmol/mL}$ (normal group), G2= $3.8 \pm 0.21 \text{ nmol/mL}$ (once administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 2,800 mg/kg b.w.), G3= $3.5 \pm 0.11 \text{ nmol/mL}$ (three-separate administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 750, 850 and 1,200 mg/kg b.w., respectively). The results were presented means \pm SD. Different letters show a significantly difference at $p < 0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

정상군(G1), 가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 투여한 그룹(G2), 6시간 간격으로 3회 경구 투여한 그룹(G3) 각각의 활성도는 $68.4 \pm 7.4\%$, $70.1 \pm 2.8\%$, $69.5 \pm 4.4\%$ 로 나타났으며 군간 유의적인 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$)(Fig. 3).

ABTS 라디칼(ABTS^{•+}) 소거능 변화

ABTS 라디칼 소거능 측정방법은 DPPH assay와 마찬가지로 인위적으로 라디칼을 제거하는 작용기작으로 라디칼 소거능 활성을 측정하는 방법이다. ABTS 라디칼 소거능 활성을 측정한 결과 가르시니아 캄보지아 추출물을 투여하지 않은 정상군(G1)은 $34.9 \pm 5.5\%$, 가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 투여한 그룹(G2)은 $36.1 \pm 3.9\%$ 로 유의적인 차이를 보이지 않았으나 6시간 간격으로 3회 경구 투여한 그룹(G3)에서는 $40.9 \pm 3.1\%$ 로 유의적으로 가장 높은 활성을 보였다($p < 0.05$)(Fig. 4).

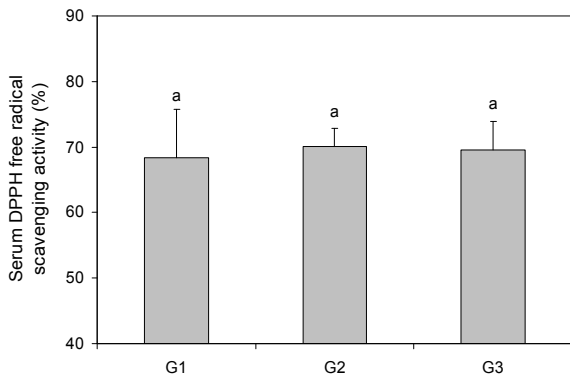


Fig. 3. Changes of serum DPPH free radical scavenging activity among the groups. G1=68.4±7.4% (normal group), G2=70.1±2.8% (once administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 2,800 mg/kg b.w.), G3=69.5±4.4% (three-separate administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 750, 850 and 1,200 mg/kg b.w., respectively). The results were presented means±SD. Same letter shows no difference at $p>0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

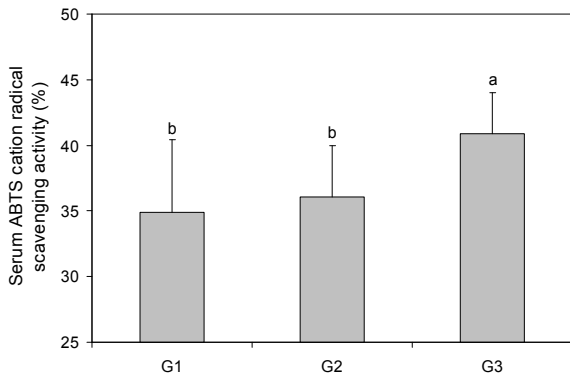


Fig. 4. Changes of serum ABTS cation radical scavenging activity among the groups. G1=34.9±5.5% (normal group), G2=36.1±3.9% (once administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 2,800 mg/kg b.w.), G3=40.9±3.1% (three-separate administration per 18 h of *Garcinia cambogia* extract 750, 850 and 1,200 mg/kg b.w., respectively). The results were presented means±SD. Different letters show a significantly difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

고 찰

가르시니아 캄보지아는 껍질에서 추출되는 HCA에 의하여 체내 지방 합성을 억제하고 식욕 저하를 일으켜 체중 감소에 효과적이라고 연구되어 관심이 증가되고 있다. 또한 일부의 연구에서는 가르시니아 캄보지아의 투여가 조직의 산화적 손상을 감소시켰다는 결과를 보여 항산화 효능을 입증시켰다(3,4). 하지만 아직 가르시니아 캄보지아의 HCA에 의한 항산화 효능에 대한 연구는 미비하다. 본 실험에서는 Ca^{2+}/K^{+} 를 결합시켜 흡수율을 높이고 HCA의 함량을 63%로 높여 기능성을 증가시킨 가르시니아 캄보지아 추출물을 이용하여, 투여방법에 따른 혈중 가르시니아 캄보지아의 농도 변화와 이에 따른 혈중 항산화 효과의 변화를 살펴보았다. 약물뿐만 아니라 식품을 통하여 섭취한 유효 성분들은 체내에서 소화 흡수되어 혈액을 통하여 이동하면서 신체 조직에

영향을 미치게 된다. 이러한 성분이 유효 혈중 농도가 되어야 효능이 나타나게 된다(16). 따라서 최소 유효 혈중 농도를 유지시키는 것은 체내에서 효과를 유지시키는 것과 상관관계가 있다. 이번 연구에서는 가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 투여한 경우와 6시간 간격으로 750, 850, 1,200 mg/kg b.w.의 농도로 높여가면서 3회 투여한 경우의 혈중 가르시니아 캄보지아의 농도 변화에 대해 비교하였다. 그 결과 단회 고농도 투여한 경우에는 10시간 이후에 혈중에 가르시니아 캄보지아가 분석되지 않은 반면, 3회로 나누어 투여한 경우에는 최소 $0.2\pm 0.30 \mu\text{g/mL}$ 이상으로 농도가 지속되었으며 총 18시간 동안 혈중에 가르시니아 캄보지아가 존재하였음을 확인하였다.

혈중의 가르시니아 캄보지아의 농도가 미치는 항산화 효과에 대해 살펴보기 위해 과산화지질을 측정하였다. 과산화지질은 산화적 손상에 의하여 형성되며 이는 세포막을 손상시켜 결과적으로 세포 사멸을 유발시키고 조직을 손상시켜 질병을 일으키게 한다(10,11). 본 연구에서는 산화적 손상을 비교하기 위하여 TBARS를 측정하여 과산화지질 정도를 측정하였다. 그 결과 단회 고용량을 투여한 그룹은 정상군과 유의한 차이를 보이지 않았으나 3회로 나누어 투여한 그룹에서는 유의적으로 낮아졌으며, 이는 단회 고용량 투여보다 3회 저용량 투여가 과산화지질 생성을 억제하는 효과를 보였다고 할 수 있다. 또한 항산화 효과에 미치는 영향에 대해서도 살펴보기 위하여 라디칼 소거능을 측정하였다. 이번 실험에 사용한 DPPH assay는 안정적인 자유 라디칼인 DPPH가 cysteine, glutathione과 같은 함유황 아미노산과 ascorbic acid, aromatic amine 등에 의해 환원되어 보라색의 DPPH가 무색의 diphenylpicrylhydrazine로 탈색되면서 흡광도가 변하는 원리로 분석되며, 항산화물질의 항산화능 측정에 유용한 방법이다(17,18). 이번 연구에서는 DPPH 라디칼 소거능에 대한 비교에서 군간의 유의적인 차이가 보이지 않았다. 하지만 또다른 라디칼 소거능 측정방법인 ABTS assay를 통하여 라디칼 소거능을 확인할 수 있었는데 ABTS 라디칼 소거능은 ABTS 용액과 과황산칼륨과의 반응에 의해 생성된 ABTS 라디칼이 추출물의 항산화물질과 반응하여 라디칼 특유의 청록색이 탈색되어 흡광도의 변화를 나타내는 방법으로 이를 분석하여 추출물의 항산화능을 측정할 수 있다(18). 이번 연구에서 측정 결과 정상군과 단회 투여군의 유의적인 차이는 없었으나 6시간 간격으로 3회 경구 투여한 그룹에서 라디칼 소거능이 유의적으로 높았음을 확인하였다.

따라서 이번 연구 결과를 살펴보았을 때 가르시니아 캄보지아 추출물을 단회로 고용량 투여한 경우보다 3회로 저용량 투여한 경우에 혈중 가르시니아 캄보지아 농도가 일정 농도 이상으로 유지시켰으며, 이러한 결과와 더불어 3회로 저용량 투여한 경우에 부분적으로 항산화 효과가 더 높게 나타났음을 알 수 있었다.

요 약

본 실험에서는 Ca^{2+}/K^+ 가 결합된 가르시니아 캄보지아 추출물(HCA 63%)을 이용하여 투여방법에 따른 혈중 가르시니아 캄보지아의 농도 변화와 이에 따른 혈중 항산화 효과의 변화를 살펴보았다. 정상군(G1), 가르시니아 캄보지아 추출물 2,800 mg/kg b.w.를 단회 투여한 군(G2)과 6시간 간격으로 750, 850, 1,200 mg/kg b.w.의 농도로 높여가면서 3회 투여한 군(G3)으로 분리를 하여 실험을 진행하였다. 그 결과 단회 고농도 투여한 경우에는 10시간 이후에 혈중에 가르시니아 캄보지아가 분석되지 않은 반면, 3회로 나누어 투여한 경우에는 18시간 후에도 일정 농도 이상으로 지속되었음을 확인하였다. 또한 6시간 간격으로 3회 투여한 그룹의 동물에서 과산화지질 억제 효과를 보였으며, DPPH 라디칼 소거능에서 변화는 없었으나 ABTS 라디칼 소거능에서 유의적으로 높은 활성을 보였다. 따라서 가르시니아 캄보지아 추출물을 단회로 고용량 투여한 경우보다 3회로 저용량 투여한 경우에 혈중 가르시니아 캄보지아를 일정 농도 이상으로 유지시켰으며 부분적으로 항산화 효과가 더 높게 나타났다.

문 헌

- Sullivan AC, Triscari J, Spiegel JE. 1977. Metabolic regulation as a control for lipid disorders. II. Influence of (-)-hydroxycitrate on genetically and experimentally induced hypertriglyceridemia in the rat. *Am J Clin Nutr* 30: 777-784.
- Ohia SE, Opere CA, LeDay AM, Bagchi M, Bagchi D, Stohs SJ. 2002. Safety and mechanism of appetite suppression by a novel hydroxycitric acid extract (HCA-SX). *Mol Cell Biochem* 238: 89-103.
- Kolodziejczyk J, Masullo M, Olas B, Piacente S, Wachowicz B. 2009. Effects of garcinol and guttiferone K isolated from *Garcinia cambogia* on oxidative/nitrative modifications in blood platelets and plasma. *Platelets* 20: 487-492.
- Amin KA, Kamel HH, Abd Eltawab MA. 2011. Protective effect of *Garcinia* against renal oxidative stress and biomarkers induced by high fat and sucrose diet. *Lipids Health Dis* 13: 6.
- Jena BS, Jayaprakasha GK, Singh RP, Sakariah KK. 2002. Chemistry and biochemistry of (-)-hydroxycitric acid from *Garcinia*. *J Agric Food Chem* 50: 10-22.
- Sullivan AC, Singh M, Srere PA, Glusker JP. 1977. Reactivity and inhibitor potential of hydroxycitrate isomers with citrate synthase, citrate lyase, and ATP citrate lyase. *J Biol Chem* 252: 7583-7590.
- Sterling GH, McCafferty MR, O'Neill JJ. 1981. β -Hydroxybutyrate as a precursor to the acetyl moiety of acetylcholine. *J Neurochem* 37: 1250-1259.
- Riciný J, Tucek S. 1982. Acetylcoenzyme A and acetylcholine in slices of rat caudate nuclei incubated with (-)-hydroxycitrate, citrate, and EGTA. *J Neurochem* 39: 668-673.
- Downs BW, Bagchi M, Subbaraju GV, Shara MA, Preuss HG, Bagchi D. 2005. Bioefficacy of a novel calcium-potassium salt of (-)-hydroxycitric acid. *Mutat Res* 579: 149-162.
- Halliwell B, Gutteridge JM. 1984. Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals and disease. *Biochem J* 219: 1-14.
- Gutiérrez RM, Mitchell S, Solis RV. 2008. *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *J Ethnopharmacol* 117: 1-27.
- Masteiková R, Muselík J, Bernatoniene J, Majiene D, Savickas A, Malinauskas F, Bernatoniene R, Peciura R, Chalupová Z, Dvoráková K. 2008. Antioxidant activity of tinctures prepared from hawthorn fruits and motherwort herb. *Ceska Slov Farm* 57: 35-38.
- Fraga CG, Leibovitz BE, Tappel AL. 1988. Lipid peroxidation measured as thiobarbituric acid-reactive substances in tissue slices: characterization and comparison with homogenates and microsomes. *Free Radic Biol Med* 4: 155-161.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Asberg M, Crönholm B, Sjöqvist F, Tuck D. 1971. Relationship between plasma level and therapeutic effect of nortriptyline. *Br Med J* 3: 331-334.
- Cho SH, Choi YJ, Rho CW, Choi CY, Kim DS, Cho SH. 2008. Reactive oxygen species and cytotoxicity of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) sap. *Korean J Food Preserv* 15: 105-110.
- Sánchez-Moreno C. 2002. Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food Sci Technol Int* 8: 121-137.

(2013년 2월 7일 접수; 2013년 2월 20일 채택)