

자색고구마가 사염화탄소 투여에 의한 흰쥐의 간손상 보호에 미치는 영향

조영자* · 김현아* · 방미애* · 오용비 · 정병춘 · 문윤호 · 정우진
목포대학교 식품영양전공*, 호남작물시험장 목포시험장
(2003년 2월 24일 접수)

Protective Effect of Purple Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) on Hepatotoxicity Rats Induced by Carbon Tetrachloride

Young-Ja Cho*, Hyeon-A Kim*, Mi-Ae Bang*,
Yong-Bee Oh, Byeong-Choon Jeong, Youn-Ho Moon, Woo-Jin Jeong

*Department of Food & Nutrition, Mokpo National University**
Mokpo Experiment Sta. National Honam Agr. Experiment Sta.

(Received February 24, 2003)

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effects of dietary purple sweet potato(*Ipomoea batatas*) powder on serum lipid levels and antioxidative enzymes in normal and protective effect on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride. Four groups of rats (3-week-old inbred Sprague-Dawley male rats) were normal rats fed control diet(C), induced hepatotoxicity rats fed control diet(EC), normal rats fed purple sweet potato diet(P), and induced hepatotoxicity rats fed purple potato sweet diet(EP). Rats were induced by single injection of 50% carbon tetrachloride(0.1 mL/100 g B.W., i.p.). The rats were fed ad libitum each of the experimental diet for 5 weeks. After 5 weeks the rats were sacrificed and activities of antioxidant enzymes and lipid peroxidation products were determined in their liver homogenates. But serum concentrations of lipid was not significant in all groups. Serum alanine aminotransferase(ALT/GPT) and aspartate aminotransferase(AST/GOT) of the EC and EP groups were heigher than the C and P groups. The hepatic glucose 6-phosphatase(G6Pase) activity of the group fed purple potato diet(P) was lower than the other groups($p < 0.05$). However, The glutathione peroxidase(GPx) activities was not statistically different between the groups. Renal glutathione S-transferase(GST) activity of the EC and EP groups were lower than the C and P groups($p < 0.05$). In conclusion, these results suggest that purple sweet potato is believed to be possible protective effect on hepatotoxicity rats induced by carbon tetrachloride.

Key Words : Hepatotoxicity rats, Lipid, GPT, GOT, Antioxidative enzymes

I. 서론

자색고구마(*Ipomoea batatas*)는 일반 고구마와 달리 표피층뿐만 아니라 육질 전체가 진한 자색을 띠고 있는데, 이는 수용성 색소인 anthocyanin을 다량 함유하고 있기 때문이다. Anthocyanin은 인체에 아무런 부작용이 없을 뿐만 아니라 오히려 인체에 항산화성이 있는 것으로 알려져 높은 관심을 불러일으키고 있다¹⁻⁵⁾. Inbert등⁶⁾은 anthocyanin의 주성분은 cyanidin과 peonidin의 decaffeoyl-3-sophoroside-5-glucoside라고 보고하였으며, Shi등⁷⁾은 자색고구마의 주성분은 peonidin-3-diglucoside-5-glucoside가 둘 또는 세분자의 ferulic acid와 한 분자의 caffeic acid로 acylation되어 있음을 밝혔다. 원래의 자색고구마는 단위 면적당 생산량이 보통의 고구마에 비해 60% 정도이고, 색소함량도 높지 않아 경제적인 가치가 낮은 것으로 알려져 있으나 최근에 농촌진흥청 산하의 호남작물시험장 목포시험장에서 단위 생산량이 높은 건미를 모본으로하고 일본의 재래종 자색고구마인 산천자를 부분으로 교배한 육종연구에 의하여 생산량이나 색소함량 면에서 우수한 품종을 개발하여 지미라는 품종명을 부여하였다⁸⁻¹²⁾.

CCl₄는 mixed function oxidase(MFO) enzyme system의 활성화에 의해 trichloromethyl free radical ($\cdot\text{CCl}_3$)로 활성화되어 간독성을 유발한다¹³⁾. 생성된 free radical은 인근 지질막을 공격하여 지질의 과산화를 일으키거나¹⁴⁾, free radical이 세포내의 단백질이나 지질등의 macromolecules와 결합하여¹⁵⁾, 간의 괴사, fatty filtration, microsomal enzyme 활성 저하등의 간독성을 나타내고, endoplasmic reticulum의 Ca²⁺ pump를 억제하여 세포내 Ca²⁺ homeostasis를 저해하여 세포의 파괴를 초래하는 것으로 알려져있다¹⁶⁻¹⁹⁾.

본 연구는 목포시험장에서 육성한 자색고구마 목포 29호를 자연건강 보조식품으로 널리 보급시켜 국민건강증진과 농민소득증대에 기여하고자 동물실험을 통해 자색고구마의 기능과 사염화탄소의 투여에 의한 간손상에 미치는 영향을 관찰함으로써 자색고구마의 기능을 규명하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

생후 3주령의 Sprague-Dawley종 숫쥐 60마리를 (주)샘타코에서 구입하여 2주간 새로운 환경에 적응시킨후 실험식은 정상군식이군(C), 사염화탄소를 투여한 정상식이군(EC), 5% 자색고구마를 냉동 건조한 분말 첨가군(P) 및 사염화탄소투여와 5% 자색고구마를 냉동건조한 분말 첨가군(EP)으로 조성하였다. 실험식은 자유롭게 먹이고 온도, 습도와 채광은 일정하게 유지하면서 5주간 사육했다.

급성 간 손상 유발은 50% 사염화탄소(olive oil과

<Table 1> Experimental diet(g/100g).

Groups ¹⁾	C	EC	P	EP
Corn starch	54.7	54.7	49.7	49.7
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0
α -cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0
Vitamin mixture ²⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
Salt mixture ³⁾	4.0	4.0	4.0	4.0
DL-methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Corn oil	15.0	15.0	15.0	15.0
Purple sweetpotato	0	0	5.0	5.0

1) C : Control diet.

EC: CCl₄+Control diet.

P : Purple sweet potato diet (5% w/w).

EP: CCl₄+ Purple sweet potato diet (5% w/w).

2) Nutritional Biochemicals, ICN Life Science Group, Cleveland, Ohio Vitamin mixture is composed of; Vit. A acetate(500,000 IU/g) 1.8g, Vit.D conc.(850,000 IU/g) 0.125g, α -Tocopherol (250 IU/g) 22.0g, Ascorbic acid 45.0g, Inositol 5.9g, Choline chloride 75.0g, Menadione 2.25g, P-Aminobenzoic acid 5.0g, Niacin 4.25g, Riboflavin 1.0g, Pyridoxine hydrochloride 1.0g, Calcium pantothenic acid 3.0g, Biotin 0.02g, Folic acid 0.09g, Vit.B₁₂: 0.00135g, and Dextrose to 1kg

3) AIN 76 Mineral mixture. Nutritional Biochemicals, ICN Life Science Group, Cleveland, Ohio Composition of mineral mixture, g/kg mixture ; Calcium phosphate didasic 500.00g, Sodium chloride 74.00g, Potassium citrate monohydrate 220.00g, Potassium sulfate 52.00g, Magnesium oxide 24.00g, Manganous carbonate(43-48% Mn) 3.50g, Ferric citrate(16-17% Fe) 6.00g, Zinc carbonate(70% ZnO) 1.06g, Cupric carbonate(53-55% Cu) 0.30g, Potassium iodate 0.01g, Sodium selenite 0.01g, Chromium sulfate 0.55g, Sucrose, finely powdered 118.0g.

동일혼합)를 체중 100 g당 0.1 mL씩 1 일 간격으로 2회 복강주사하여 간손상을 유발시키고, 정상군에는 동량의 olive oil을 동일한 방법으로 투여하였다 (Table 1).

2. 체중과 식이섭취량

매주 같은 시간(오전 10:00)에 체중을 측정하고 매일 식이 섭취량은 잔여량의 차이로 측정하였다

3. 시료 수집 및 전 처리

간손상 유발 5주 후 실험동물을 18시간 절식시킨 후 단두하여 희생시키고 경 동맥에서 혈액을 모아 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 분리하였다. 분리한 혈청은 분석 전까지 -70°C 냉동고에 보관하였다. 간과 신장조직을 ice cold homogenizing media(154 mM KCl, 50mM Tris-HCl, 1 mM EDTA buffer, pH 7.4)에 넣고 4°C에서 glass teflon homogenizer로 균질화 한 다음 4°C, 12,000×g에서 20분간 고속원심분리기로 원심분리 한 후 상층 액을 취해 다시 4°C 105,000×g에서 초고속 원심분리기로 60 min 동안 원심 분리하여 cytosol 분획과 microsome 분획으로 각각 분리하여 사용하였다.

4. 생화학 분석

1) 혈청 지질

혈청 총 콜레스테롤, 총지질, 중성지방은 Bucolo 방법²⁰⁾에 준한 효소 kit, HDL-콜레스테롤은 효소법에 의한 kit(아산제약)로 각각 측정하고 이들 측정치로부터 LDL-콜레스테롤치{LDL CHOL =

Total CHOL-(HDL CHOL+TG/5)}를 구하였다²¹⁾.

2) 간의 microsome분획 분석

Baginski등의 방법으로 glucose 6-phosphatase (G6Pase)의 활성도를 측정하였고²²⁾, Buege와 Aust의 방법에 따라 지질과산화물함량을 각각 측정하였다²³⁾.

3) 간의 cytosol분획 분석

Habig등의 방법으로 glutathione S-transferase (GST)의 활성도를²⁴⁾, Tappel의 방법으로 glutathione peroxidase GPx) 활성도를 측정하였다²⁵⁾.

4) 단백질 함량 측정

Lowry등의 방법으로 bovine serum albumin을 표준용액으로 사용하여 측정하였다²⁶⁾.

5. 통계처리

실험 결과는 SPSS 통계 package를 이용하여 평균치와 표준편차를 구하였다. 각 실험군간 즉, 정상식이군(C), 사염화탄소를 투여한 정상식이군(EC), 자색고구마 첨가군(P) 및 사염화탄소를 투여한 자색고구마 첨가군(EP)간의 유의성은 one-way ANOVA test 후, Duncan's multiple range test에 의해서 P<0.05 수준에서 검증하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 최종 체중과 간 무게 및 식이섭취량

체중, 간 무게 및 식이섭취량의 변화는 <Table 2>

<Table 2> The effect of purple sweet potato supplementation on final body, liver weight and food intake in rats.

Groups	C ^{NS}	EC ^{NS}	P ^{NS}	EP ^{NS}
Body weight(g)	356.08 ± 59.48 ^{1)2)a}	325.29 ± 31.59 ^a	334.64 ± 34.56 ^a	317.79 ± 41.30 ^a
Food intake(g/day)	17.45 ± 1.38 ^a	17.06 ± 1.64 ^a	17.46 ± 2.08 ^a	16.92 ± 1.93 ^a
Liver weight(g)	9.66 ± 1.07 ^{ab}	8.81 ± 1.63 ^b	11.23 ± 1.82 ^a	10.41 ± 1.63 ^{ab}

1) Values are mean ± SD.

2) Values within the same row with different alphabets are significantly (p < 0.05) among the group by Duncan's multiple range test (a > b > c).

3) Not significant.

같다. 실험 종료시 체중은 정상군(C)과 비교하면 자색고구마 첨가군(P), 사염화탄소를 투여한 정상식이군(EC), 사염화탄소를 투여한 자색고구마 첨가군(EP)의 순서로 감소하는 경향으로 나타났다. 식이 섭취량도 정상군에 비해 P군, EC군, EP군순서로 감소하여 체중의 변화와 비슷한 경향으로 나타났다. 간의 무게는 C군에 비해 P군, EP군, EC군 순으로 감소하는 경향이고 특히 C군과 EC군에 비해 P군과 EP군은 증가하는 경향이였다. 이는 사염화탄소를 투여한 흰쥐의 체중이 산화적 스트레스의 영향으로 유의적($p < 0.05$)으로 감소했다는 보고²⁷⁾와 유사하였다. 이 실험에서도 사염화탄소 투여군의 체중이 감소한 것으로 관찰되었으나 유의성은 없었다.

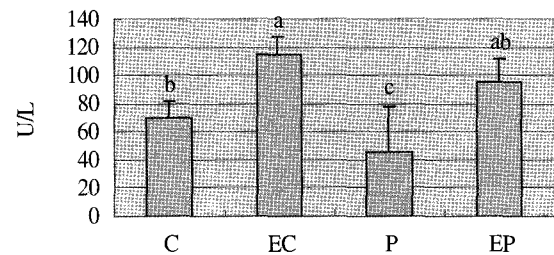
2. 혈청 중의 지질대사

지질농도의 변화는 <Table 3>에 표시했다. 혈청 중성지방은 정상식이군(C)에 비해 사염화탄소를 투여한 정상식이군(EC), 자색고구마 첨가군(P), 사염화탄소를 투여한 자색고구마 첨가군(EP)의 순서로 증가한 경향이나, C군에 비해 EC군은 감소한 경향이고 P군에 비해 EP군은 증가를 하는 경향이였다. 총 콜레스테롤은 P군, EP군, EC군의 순서로 감소한 경향이고 C군에 비해 EC군이 감소하는 경향이고 또한 P군에 비해 EP군도 감소하는 경향이였지만 C군과 EC군에 비해 각각 높은 경향이였다. LDL-콜레스테롤도 P군, EP군, EC군 순서로 감소한 경향으로 총 콜레스테롤과 유사하게 변화했다. 이는 사염화탄소 투여의 영향 때문에 감소하는 경향으로 나타났다고 사료된다. HDL-콜레스테롤은 EC군, P군, EP군의 순서로 증가한 경향이고 중성지방과 비슷

한 관계를 나타냈다. 정상적인 간 세포내의 지질함량은 합성과 이용의 균형을 이루지만 CCl₄에 의한 간 장해를 받으면 P-450에 의하여 반응성이 높은 CCl₄ radical이 생성되어 간세포의 기능을 저하시키고 콜레스테롤과 중성지방의 함량이 증가된다고 보고²⁸⁾ 했지만 이 실험에서는 중성지방과 HDL-콜레스테롤이 사염화탄소를 투여한 자색고구마 첨가군에서 증가를 하는 경향이였다. 그러나 유의적 변화는 관찰할 수 없었다.

3. 혈청중 GPT와 GOT

간기능 지표효소인 alanine aminotransferase(GPT)는 C군에 비하여 P군이 유의적 ($p < 0.05$)감소를 했고 EC군과 EP군도 유의적($p < 0.05$)증가를 하였다 (Fig. 1). 그러나 EP군이 EC군보다 감소하였으며, aspartate aminotransferase(GOT)도 C군 및 P군과 비교하면 EC군과 EP군이 유의적($p < 0.05$)증가를 하



<Figure 1> The effect of experimental diet on alanine aminotransferase (GPT) in rats.

1) Values are mean \pm SD.

2) Values different alphabets are significantly ($p < 0.05$) among the group by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

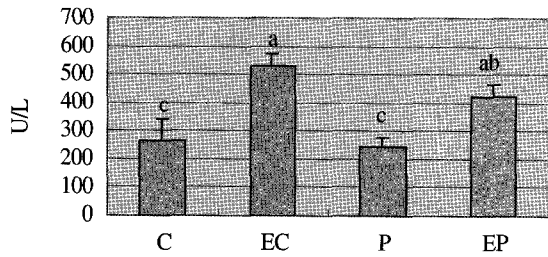
<Table 3> The effect of experimental diet on serum lipid concentration in rats (mg/dl).

Groups	C ^{NS}	EC ^{NS}	P ^{NS}	EP ^{NS}
Triglyceride	57.78 \pm 11.93 ^{1)2)a}	50.75 \pm 9.99 ^a	52.88 \pm 10.00 ^a	59.73 \pm 26.60 ^a
Cholesterol	97.05 \pm 21.59 ^a	85.48 \pm 16.02 ^a	100.24 \pm 25.10 ^a	93.78 \pm 13.13 ^a
HDL-cholesterol	23.56 \pm 6.87 ^a	22.04 \pm 8.46 ^a	23.68 \pm 9.36 ^a	27.08 \pm 8.00 ^a
LDL-cholesterol	61.96 \pm 16.96 ^a	53.27 \pm 16.27 ^a	67.16 \pm 18.72 ^a	54.90 \pm 13.27 ^a

1) Values are mean \pm SD.

2) Values within the same row with different alphabets are significantly ($p < 0.05$) among the group by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

3) Not significant.



<Figure 2> The effect of experimental diet on aspartate aminotransferase (GOT) in rats.

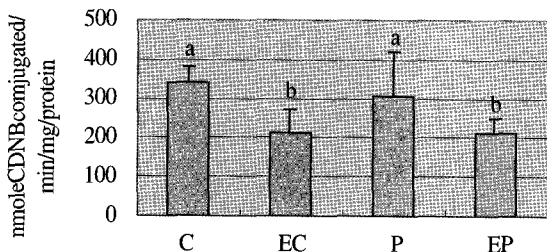
- 1) Values are mean ± SD.
- 2) Values different alphabets are significantly ($p < 0.05$) among the group by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

였다(Fig. 2). GPT와 같이 EP군이 EC군 보다 감소하는 경향으로 자색고구마가 사염화탄소에 의한 간 손상을 방어하는 가능성을 관찰할수 있었다. 이 결과는 간 손상으로 인한 간세포의 괴사와 간 조직의 파괴가 진행됨에 따라 transaminase가 혈중으로 운반되어 GPT와 GOT의 높은 활성치를 나타냈다는 보고²⁸⁾와 일치하였다.

4. 항산화 효소계에 미치는 영향

1) Glutathione S-transferase(GST) 활성도

간의 GST활성은 정상군(C)과 자색고구마 첨가군(P)에 비해 사염화탄소를 투여한 정상식이군군(EC), 사염화탄소를 투여한 자색고구마첨가군(EP)이 유의적($p < 0.05$)으로 감소했다(Fig. 3). 이 결과는 GST가 체내에서 일차적으로 산화된 대사물을 포함



<Figure 3> The effect of experimental diet on glutathione S-transferase (GST) activity in rats.

- 1) Values are mean ± SD.
- 2) Values different alphabets are significantly ($p < 0.05$) among the group by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).

하는 glutathione을 이용하여 체내의 독성물질을 전이 분해한다는 보고²⁹⁾와 일치한다. 이것은 free radical과 같은 물질이 glutathione에 포함되어 배설을 촉진하기 때문이다. 이 실험에서도 그와 마찬가지로 사염화탄소에 의한 간 손실을 보호하기 위하여 GST활성도가 저하되었다고 사료된다.

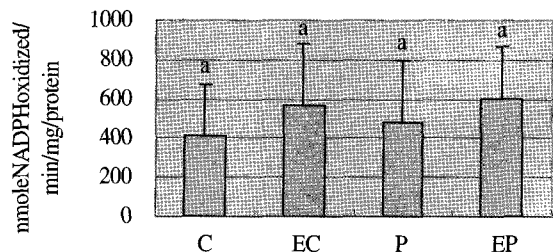
2) Glutathione Peroxidase(GPx) 활성도

간의 GPx활성은 유의적인 차이가 없었으나, 정상식이군(C)과 자색고구마 첨가군(P)에 대하여 비교하면 사염화탄소를 투여한 정상식이군(EC)과 사염화탄소를 투여한 자색고구마군(EP)이 증가하는 경향으로 나타났다(Fig. 4). GSH-Px는 H₂O₂를 제거하면서 환원형 glutathione(GSH)을 산화형 glutathione(GSSG)으로 전환시키는 효소³⁰⁾로써, 이 실험에서는 사염화탄소의 투여로 다량의 H₂O₂가 생성되어 이를 분해하기 위해서 증가한 것으로 사료된다

3) Glucose 6-phosphatase(G6Pase) 활성도

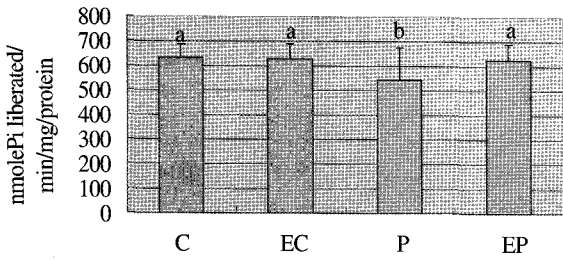
모든 실험군에서 자색고구마섭취군(P)은 간 G6Pase 활성을 저하시켰으며($p < 0.05$), 다른 실험군의 G6Pase 활성은 유의적 차이가 없었다(Fig. 5).

당뇨동물에서 고혈당 현상과 함께 혈장의 protein kinase 활성도와 insulin농도는 감소하였으나, G6Pase 활성도는 증가하였다고 보고되었다³¹⁾. 당뇨동물에서 간의 G6Pase 발현이 증가한다는 많은 보고와³²⁾ 관련하여 G6Pase 발현유도는 포도당내성 손상과 고인슐린혈증의 원인이 되며³³⁾ G6Pase의 mRNA증가



<Figure 4> The effect of experimental diet on glutathione peroxidase (GPx) activity^{3)NS} in rats.

- 1) Values are mean ± SD.
- 2) Values different alphabets are significantly ($p < 0.05$) among the group by Duncan's multiple range test ($a > b > c$).
- 3) Not significant.



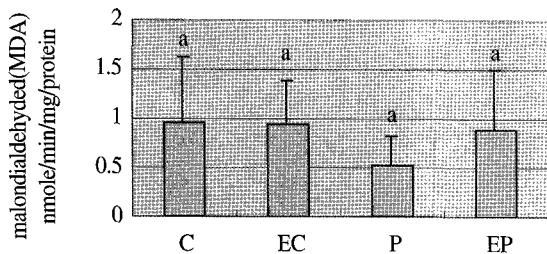
<Figure 5> The effect of experimental diet on glucose 6-phosphatase (G6Pase) activity in rats.

- 1) Values are mean ± SD.
- 2) Values different alphabets are significantly (p < 0.05) among the group by Duncan's multiple range test (a > b > c).

는 혈당증가와 높은 상관(p < 0.001)을 나타낸다는 보고³⁴⁾등을 고려한다면, 당뇨상태에서는 G6Pase활성증가 억제가 요구되는 것으로 사료된다. 본 실험에서는 자색고구마의 섭취가 G6Pase활성 억제효과를 나타냄으로서 자색고구마의 항산화 작용의 가능성을 관찰할 수 있었다.

5. 지질과산화물(malondialdehyde: MDA) 함량

지질과산화물(malondialdehyde: MDA)의 경우 자색고구마 섭취나, 사염화탄소투여군에 의해 간의 MDA함량 증가는 나타내지 않았다(Fig. 6). 일반적으로 사염화탄소투여군에서 산화적 스트레스의 증가로 인하여 조직내의 지질과산화물이 증가하며, 신장³⁵⁾및 간의 조직에서 MDA함량이 각각 증가했다



<Figure 6> The effect of experimental diet on malondialdehyde(MDA)^{3)NS} in rats.

- 1) Values are mean ± SD.
- 2) Values different alphabets are significantly (p < 0.05) among the group by Duncan's multiple range test (a > b > c).
- 3) Not significant.

는 보고 등이³⁶⁾ 있다. 또 당뇨유도 연령이 어릴수록 MDA함량의 증가폭이 크다고 보고³⁷⁾ 되고있다. 그러나 이 실험에서는 사염화탄소 투여에 의한 지질과산화물이 증가하는 유의적 차이를 보이지 않았다. 또한 자색고구마의 섭취도 유의적인 차이는 없으나 MDA함량을 감소시키는 경향으로 나타났다. Curtis³⁸⁾, Takeda³⁹⁾, Noll⁴⁰⁾은 체내의 과산화지질이 세포막 구성물질인 다가불포화 지방산의 과산화에 의해서 또는 생체내의 요인에 의해 생성된 oxygen free radical에 의해서 생성되며, 특히 사염화탄소는 간 세포에서 free radical를 만들고 생체막의 구조적 변화를 일으켜 내부 효소계가 파괴됨으로써 혈액과 조직내의 과산화지질 함량이 증가한다는 보고가 있었고, Hase등⁴¹⁾이 지구자나무의 씨와 열매의 methanol추출물을 투여할 때 과산화지질 함량이 감소되었다. 이 실험에서도 자색고구마의 섭취군에서 감소한 경향이 나타났다. 이것은 자색고구마의 항산화 가능성이 있다고 사료된다.

IV. 요약 및 결론

자색고구마(Ipomoea batatas, Purple potato)는 수용성 색소인 anthocyanin을 다량 함유하고 인체에 항산화와 간을 보호하는 능력이 있다고 알려졌다. 자색고구마의 이용을 증대시키기 위해서, 자색고구마의 기능과 사염화탄소에 의한 흰쥐의 간손상과 보호에 미치는 영향을 연구하였다. SD계 흰쥐에게 실험식이(정상식리군: C, 사염화탄소를 투여한 정상식이군: EC, 5% 자색고구마 첨가군: P, 사염화탄소를 투여한 5% 자색고구마 첨가군: EP)를 5주간 사육한 후 혈청의 지질농도, GPT, GOT, 간에서 항산화효소의 활성도와 지질과산화물을 관찰하였다.

- 1) 체중, 간의 무게와 식이섭취량은 C군과 P군에 비해 EC군과 EP군에서 감소를 했고, 간의 무게는 자색고구마 첨가군에서 정상식이군보다 증가했으나 유의적 변화는 없었다.
- 2) 혈청지질의 농도는 총 콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤이 C 군과 P 군에 비해 EC 군과 EP군에서 감소한 경향이, 중성지방과 HDL-콜레스테롤은 C군에 비해 EC군에서 감소한 경향이고, P군에 비해 EP 군에서 증가했으나 유의적 변화가 없었다.

3) 혈청GPT는 C군과 P군에 비해 EC군과 EP군에서 증가하고, 자색고구마 첨가군은 정상식이군보다 유의적(p<0.05) 감소했다. 자색고구마 첨가와 사염화탄소를 투여한 정상식이군에 비해 감소했다. 혈청GOT도 C군과 P군에 비해 EC군과 EP군에서 증가했으며, EP군이 EC군 보다 감소했으므로 간손상의 보호를 추측할 수 있었다.

4) GST활성도는 C군과 P군에 비해 EC군과 EP군에서 유의적(p<0.05) 감소를 했고, C군에 비해 P군이 감소하는 경향이였다.

5) GPx활성도는 C군과 P군에 비해 EC군과 EP군에서 증가했으나 유의적 변화는 없었다.

6) G6Pase활성도는 정상식이군에 비해 자색고구마군 첨가군만 유의적(p<0.05) 감소를 했다.

7) MDA도 정상식이군에 비해 자색고구마 첨가군에서 감소하는 경향이나 유의적 변화는 없었다.

이상의 결과로 자색고구마는 사염화탄소 투여에 의해서 손상된 간을 보호할 수 있는 가능성이 있다고 사료된다.

감사의 글

이 논문은 목포대학교 2001년도 학술연구비와 호남작물시험장 목포시험장 연구지원에 의해서 시행되었으므로 이에 감사를 표합니다.

■ 참고문헌

- 1) Jackman RL, Yada RA, Jung MA, Spers RA. Anthocyanin as food colorants. J Food Biochem 11: 204-247, 1987
- 2) Jackman RL, Yada RA, Jung MA. Separation and chemical properties of anthocyanin used for their qualitative and quantitative analysis. J Food Biochem 11:279-308, 1987
- 3) Mazza G, Miniati E. Anthocyanins in fruits, vegetables and grains. CRC Press Inc Boca Raton Florida, p29-40, 1993
- 4) Francis FJ. Future trends, In Developemends in Food Color-2, Walford J (ed) Applied Sciences Publishers, New York: p 233-247, 1984
- 5) Francis FJ. Food colorants Amthocyanins. Crit Res Food Sci Nutr 28:273-314, 1989
- 6) Imbert MP, Seaforth CE, William DB. The anthocyanin pigments of the sweet potato Ipomoea batatas. Proc Am Hortic Sci 288: 481-485, 1966
- 7) Shi Z, Bassa LA, Gabriel SL, Fancis FJ. Anthocyanin pigments of sweet potato-Ipomoea batatas. J Food Sci 57: 755-757, 1992
- 8) Kim SJ, Rhim JW, Lee LS, Lee JS. Extraction and characteristics of purple sweet potato pigments(in korean) Korean J Food Sci Technol 28: 345-351, 1996
- 9) Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato(in Korean). Korean J Food Sci Technol. 28: 356-359, 1996
- 10) Lee LS, Rhim JW, Kim SJ, Chung BC. Growth characteristics and changes of pigment content of purple sweet potato during growth (in Korean). Korean J Food Sci Technol 28: 1180-1183, 1996
- 11) Kim SJ, Rhim JW. Characteristics of pigment extracted from purple sweet potato by nanofiltration(in Korean). Korean J Food Sci Technol 29: 492-496, 1997
- 12) Lee LS, Rhim JW. Thermal kinetic of color changes of purple sweet potato anthocyanin pigment(in Korean). Korean J Food Sci Technol 29: 479-501, 1997
- 13) Recknaged RO. Carbon tetrachloride hepatotoxicity. phamacol Rev 19: 145-208, 1967
- 14) Recknaged RO, Glende EA. Carbon tetrachloride hepatotoxicity: an example of lethal cleavage. CRC Crit Rev Toxicol 2:263-297, 1973
- 15) Villarruel MC, Diaz Gomez MI, Castro JA. The nature of the in vitro irreversible binding of carbon tetrachloride to microsomal lipids. Toxicol Appl Phamacol 33: 106-114, 1975
- 16) Glende EA, Pushpendam CK. Activation of phospholipase A2 by carbon tetrachloride in isolated rat hepartocytes. Biochem Phamacol 35: 3301-3307, 1986
- 17) Long RM, Moore L. Inhibition of liver endoplasmic reticulum calcium pump by CCl4 and release of

- sequestered calcium pool. *Biochem Pharmacol* 35: 4131-4137, 1986
- 18) Plaa GL, Hewitt WR. Quantative evaluation of indicies of hepatotoxicity. In *Toxicology of the Liver*. Zakim D, Boyer TD, eds Raven Press , New York. pp. 103-120, 1982
 - 19) Recknagel RO. A new direction in the study of carbon tetrachloride hepatotoxicity. *Life Sci* 33: 401-408, 1983
 - 20) Bucolo G, Gavid H. Quantitative determination of serum triglyceride by use of enzymes. *Clin Chem* 19: 476-482, 1973
 - 21) Friedwald WT, Levy RL, Fedreicson DS, Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without was of the preparative ultracentrifuge. *Clin Chem* 18: 499-506, 1972
 - 22) Baginski ES, Foa PP, Zak B. Glucose 6-phosphatase In *Methods of Enzymemetic Analysis Vol. 2*. Academic Press, New York, pp876-880, 1983
 - 23) Buege JA, Aust SD, Sidney F, Lester P. *Methods in Enzymology Vol. 52*, Academic Press, New York, pp302-310, 1978
 - 24) Habig WH, Pabst MJ, Jakoby WB. Glutathione S-transferase. *J.Biol. Chem.* 249:7130-7139, 1974
 - 25) Tappel AL. Glutathione peroxidase and hydroperoxides, In *Methods in enzymology (Fleisher S & Packer L ed)* 52: 506-513, 1978
 - 26) Lowry OH, Rosebrough NJ, Farr AL, Randall RT. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J Biol Chem*, 193:265-275, 1951
 - 27) Bang MA, Cho YJ, Kim HA. Effect of Indongcho (*L.japonica* Thumb)on glucose and lipid metabolism and antioxidative enzymes system in streptozotocin-induced diabetic rats. 17(4): 377-386, 2002
 - 28) Hayes. *Principles and medthods of toxicology*. Gabriel LP, William RH(eds), Raben Press, New York, p. 407-445, 1982
 - 29) Vos RM, Van BlademPJ. Glutathione S-transferase in relation to their role in the biotransfermation of xenobiotics. *Chem Biol Interact*, 75: 241-265, 1990
 - 30) Jones DP, Eklow L Thor H, Orrenius S. Metabolism of hydrogen peroxide in isolated hepatocytes relative contributions of catalase and glutathione peroxidase jn decomposition of endogeneously generated H2O2. *Arch Biochem Biophys*, 210: 505-516, 1981
 - 31) Ghosh R, Mukherjee B, Chatterjee M. A novel effect of selenium on streptozotocin-induced diabetic mice. *Diabetes Res* 25(4):165-71, 1994
 - 32) Argaud, D., Zhang, Q., Pan, W., Maitra, S., Pilkis, S. J., and Lange, A. J. *Diabetes* 45, 1563-1571, 1996
 - 33) Trinh, K. Y., O' Doherty, R. M., Anderson, P., Lange, A. J., and Newgard, C. B. Perturbation of Fuel Homeostasis Caused by Overexpression of the Glucose-6-phosphatase Catalytic Subunit in Liver of Normal Rats. *J. Biol. Chem.* 273, 31615-31620, 1998
 - 34) Liu Z, Barrett EJ, Dalkin AC, Zwart AD, Chou JY Effect of acute diabetes on the rat hepatic glucose-6-phosphatase activity and its messenger RNA level. *Biochem Biophy Res Commun* 30:205(1) 680-686, 1994
 - 35) Kedziora-Kornatowska K, Luciak M. Effect of aminoguanidine on lipid peroxidation and activities of antioxidant enzymes in the diabetic kidney *iochem Mol Biol Int* Oct;46(3):577-83, 1998
 - 36) Celik S, Baydas G, Yilmaz O. Influence of vitamin E on the levels of fatty acids and MDA in some tissues of diabetic rats. *Cell Biochem Funct.* 20(1):67-71, 2002
 - 37) Kinalski M, Sledziewski A, Telejko B, Zarzycki W, Kinalska I. Lipid peroxidation and scavenging enzyme activity in streptozotocin-induced diabetes. *Acta Diabetol* 37(4): 179-8, 2000
 - 38) Curtis MT, Gilfor D, Farber JL. Lipid peroxidation increased the molecular order of microsomal membranes. *Arch Biochem Biophy*, 235: 644-651, 1984
 - 39) Takeda S, Funo S, Iizuka A, Kase Y, Arai I, Ohkura Y, Sudo K, Kiuchi M, Yoshida C, Maeda S Abarada n, Hosoya E. *Phamacological studies on schzandra fruits. III. Effects of wuweizisu C, a ligan component of schixanda fruits, on experimental liver injuries in rats.* *Folia Phamacol Japan*, 85:194-

- 208, 1985
- 40) Noll T, Groot H. The critical steady state hypoxic conditions in carbon tetrachloride induced lipid peroxidation in rat liver microsomes. *Biochem Biophys Acta*, 795: 356-362, 1984
- 41) Hase K, Ohsugi M, Xiong Q, Basnet P, Kadota S, Namba T. Hepatoprotective effect of *Hovenia dulcis* THUNB on experimental liver injuries induced by carbon tetrachloride or D-galactosamine/lipopolysaccharide. *Biol Pharm Bull*, 20: 381-385, 1997