

감자 폴리페놀이 흰쥐의 생체내 지질과산화에 미치는 영향

차재영 · 조영수[†]

동아대학교 생명자원과학부

Effect of Potato Polyphenolics on Lipid Peroxidation in Rats

Jae-Young Cha and Young-Su Cho[†]

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

Abstract

The total contents of polyphenolics in potatoes measured by Folin-Denis method were 42~76mg/100g in fresh weight. A major phenolic component contained in potato polyphenolics was identified as chlorogenic acid(3.6~15mg/100g in fresh weight). The antioxidative effects of potato polyphenolics and chlorogenic acid on the lipid peroxidation of liver microsomes were studied *in vivo* and *in vitro* systems by measuring the formation of thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) and the content of urine 8-hydroxy-deoxyguanosine(OHdG). The TBARS contents of liver showed an increase in the cholesterol diet compared to those in the normal diet. This trend, however, was minimized when potato polyphenolics and chlorogenic acid were supplemented in the cholesterol diet. On the other hands, urinary 8-OHdG contents showed a marked increase with the supplementation of potato polyphenolics in the cholesterol diet. However, there was a trend of marked decrease by the supplementation of chlorogenic acid. *In vitro* study, potato polyphenolics and chlorogenic acid effectively inhibited the formation of TBARS in liver microsomal system in a dose-dependent manners. These results suggest that potato polyphenolics exerts an antioxidative activity in cholesterol-fed rat liver.

Key words: potato polyphenolics, lipid peroxidation, chlorogenic acid, TBARS

서 론

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이들은 페놀성 수산기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대분자들과 결합하는 성질을 가지며, 항산화 효과 등의 생리활성 기능도 가진다. 페놀계 합성 항산화제인 butylated hydroxytoluene, butylated hydroxyanisole는 지금까지 강한 항산화성 효과와 경제성이 뛰어나기 때문에 식품에 널리 사용되어지고 있다. 그러나 이들의 인체에 대한 독성(1,2)과 발암성(3)이 보고되고나서부터는 이들의 사용이 점차로 줄어들고 있으며, 천연자원으로부터 얻어지고 있는 항산화제의 사용이 점차로 늘어나고 있는 추세에 있다. 지금까지 이러한 천연 항산화제로 알려져있는 것을 보면, 토코페롤(4,5), 카로티노이드(6), 페놀성 화합물(플라보노이드류, 카테킨류, 탄닌류)(7,8) 및 합황화합물(9,10) 등이 있다. 이러한 성분들을 추출해내기 위해서는 값비싼 재료를 이용해야 한다는 점 때문에 경제적인 문제점도 감안되어야 한다. 따라서, 생산량이 많으면서도 값싼 자원으로부터 인체에 안전하고 항산화 효력이 높은 천연 항

산화제를 찾아내는 것이 절실히 요구된다.

국내에서는 채소류 및 과일류와 같은 식물에서 어떤 분획에 대한 항산화성(11,12)과 같은 단편적인 생리활성이 시험되고 있으나, 식물성 식품 중에 실제로 존재하는 형태와 섭취수준에서의 생리적 효과에 대한 체계적인 연구는 아직 부족한 실정이다. 여러 식물성 식품중에 널리 분포되어 있는 페놀성 물질의 함량은 종류와 형태 등에 따라서도 각각 다르므로 이들 식품을 직접 섭취하였을 때의 생리적 효과도 다를 것으로 예상된다.

감자는 미국, 유럽 및 우리나라에서도 중요한 채소 중의 하나이며, 단위면적당 생산량이 높고, 양질의 단백질 을 많이 함유하고 있는 중요한 자원작물이다. 감자는 수확후 즉시 생산량 전부가 소비되거나 가공에 이용되는 것이 아니므로 반드시 저장이 요구되며, 생산직후의 대량출하, 농산물의 유통시장 개방에 의한 수입급증 등의 경제적인 문제점들을 고려해볼 때 부가가치가 높은 고품질의 가공식품의 개발 및 그 이용성에 대해서 많은 연구개발이 절실히 요구된다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 점을 감안하여 식용 작물이면서도 페놀성 화합물을 비교적 많이 함유한 것으로 알려진 감자(13,14)를 시료로 선택하여, 건

[†]To whom all correspondence should be addressed

강증진을 위한 생리기능 활성물질을 탐색할 목적으로 품종간의 총 페놀 함량 및 클로로겐산 함량과 갈변도를 측정하고, 이들 중에서 생산량이 많으면서도 비교적 갈변도가 낮은 품종(*Solanum tuberosum* variety Dejima)을 선택하여 *in vivo* 및 *in vitro* 계에서 항산화 효과를 검토하여 그 결과를 얻었다.

재료 및 방법

재료 및 시약

실험재료의 감자는 일본 나가사키 농업시험장에서 1997년 가을에 직접 수확한 것을 공급받아 5~7°C로 보관하면서 실험에 사용하였다. 이 중에서 Dejima 품종에서 추출한 폴리페놀은 일본 나가사키 농업시험장에서 공급받아 동물실험에 사용하였다(Table 1). 클로로겐산은 Wako Junyaku Co.(Osaka, Japan)로부터 구입하였으며, 8-hydroxydeoxyguanosine(8-OHdG)는 일본 노화제어 연구소(Sizuoka, Japan)에서 구입하였다.

실험동물, 사육조건 및 식이조성

실험동물은 4주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(Kyudo Experimental Animal Co. Tosu, Japan)를 구입하여 사용하였다. 스테인레스 개별 cage에 한 마리씩 넣어 사육실 온도 22±2°C, 습도 50±5%, 명암주기 12시간(명주기; 07:00~19:00)이 자동 설정된 동물 사육실에서 사육하였다. 본 실험의 식이조성은 Table 2와 같이 조성하였다. 실험군은 정상식이군(CON) 및 0.5% 폴레스테를 첨가 식이군(CHOL)에 감자 폴리페놀(potato polyphenolics; PP) 0.5% 첨가 식이군(CHOL+PP) 및 클로로겐산(chlorogenic acid; CA) 0.2% 첨가 식이군(CHOL+CA)으로 구성하였다. 실험동물은 각 군마다 6마리씩 나누고, 식이와 물을 14일간 자유섭취(*ad libitum*)시켰다. 사육 기간중 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하고, 체중은 이틀에 한번씩 측정하였다.

Table 1. Relationship between total polyphenolics or chlorogenate contents and browning rate in potato varieties

Potato	Total polyphenolics	Chlorogenic acid	A480
	(mg/100g fresh weight)		
Dejima	43±0.9	6.8±0.03	0.025±0.001
Nishyuka	44±0.8	4.6±0.05	0.028±0.001
Sebago	42±0.8	3.6±0.02	0.062±0.002
Multa	56±0.2	12.6±0.07	0.120±0.001
Pentland Howk	55±0.3	4.5±0.03	0.122±0.001
Urtica	65±0.3	6.0±0.03	0.162±0.002
Pommerubote	76±0.8	10.3±0.07	0.205±0.001
Norin-1-go	66±0.5	15.0±0.06	0.420±0.002

Table 2. Composition of experimental diets (%)

Ingredients	CON ¹⁾	CHOL ²⁾	CHOL+PP ³⁾	CHOL+CA ⁴⁾
Casein	20.0	20.0	20.0	20.0
α-Corn starch	15.0	15.0	15.0	15.0
Palm oil	10.0	10.0	10.0	10.0
Cellulose	5.0	5.0	5.0	5.0
Mimeral mixture ⁵⁾	4.0	4.0	4.0	4.0
Vitamin mixture ⁵⁾	1.0	1.0	1.0	1.0
L-Methionine	0.3	0.3	0.3	0.3
Choline bitartrate	0.2	0.2	0.2	0.2
Cholesterol	-	0.5	0.5	0.5
Sodium cholate	-	0.125	0.125	0.125
Potato polyphenol	-	-	0.5	-
Chlorogenic acid	-	-	-	0.2
Sucrose	to make 100			

¹⁾CON: basal diet

²⁾CHOL: basal diet+0.5% cholesterol

³⁾CHOL+PP: basal diet+0.5% cholesterol+0.5% potato polyphenol

⁴⁾CHOL+CA: basal diet+0.5% cholesterol+0.2% chlorogenic acid

⁵⁾AIN-93

간장 homogenate 및 microsome 분획의 조제

실험동물은 디에틸에테르로 가볍게 마취시켜 개복하여 적출한 간장을 냉각된 생리식염수로 즉시 씻고 여과지로 물기를 흡수시킨 다음 일정량 취해 1.15% KCl-10mM phosphate buffer(pH 7.4)를 가하여 homogenizer로 균질화시켰다. 이 용액의 일부를 homogenate 분획으로 하고, 나머지 용액을 4°C로 설정된 냉각원심분리기(Kubota, KR-20000 T, Tokyo, Japan)로 12,000rpm에서 20분간 원심분리한 후 상정액을 4점의 가아제로 여과하고, 여액을 4°C로 설정된 초원심분리기(Hitachi 55p-72, Tokyo, Japan)에서 45,000rpm으로 45분간 원심분리하여 침전된 분획에 1.15% KCl-10mM phosphate buffer(pH 7.4)을 일정량 가하여 microsome 분획으로 하였다. 이렇게 얻어진 분획의 단백질량은 BCA protein assay kit(Pierce, Illinois, USA)를 이용하여 microplate reader(Model 1550, Bio-Rad Co., Tokyo, Japan) 570nm 흡광도에서 측정하였다.

간장 homogenate 및 microsome 분획의 과산화 지질 정량

과산화 지질량은 Buege와 Aust의 방법(15)에 준하여 정량하였다. 즉, 단백질량으로 1mg을 함유한 간장 homogenate 용액 및 microsome 용액 1ml에 각각 thiobarbituric acid(TBA) 시약 2ml를 가하여 잘 혼합하고, 수조 상에서 30분간 가열한 후 실온에서 방냉하였다. 이를 3000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상정액을 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 간장 및 microsome 분획의 과산화지질 함량은 간조직 g당 및 단백질 mg당 malondialdehyde를 nmol로 표시하였다.

간장 microsome 분획을 이용한 *in vitro* 계에서의 항산화 효과

정상식이를 급여한 흰쥐의 microsome(1mg protein/ml), 50mM Tris-HCl buffer(pH 7.5), 0.1mM ascorbate, 80 μ M FeCl₃ 및 각 시료 0(대조군), 40, 80, 160 μ g/ml를 첨가하여 총 2ml를 혼합하여, 37°C에서 1시간 동안 반응시켜 지질과산화를 유도하였다. 3M trichloroacetate와 2.5 N-HCl의 혼합액을 0.5ml 첨가 후 원심분리하여 상정액 1ml를 취하여 0.67% thiobarbiturate/ml와 혼합하여 수조 상에서 30분간 가열한 후 발색시켜 상정액을 535nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질과산화 억제율은 대조군에 대한 저해율(%)로 나타내었다.

감자의 갈변도, 총페놀 및 페놀성분의 함량분석

각 시료는 먼지와 불순물을 제거하고 물로 씻은다음 증류수로 헹구고 감자 10g에 증류수 40ml를 가하여 균질화시켜 37°C에서 30분간 진탕한 후 3,000rpm으로 원심분리하여 상정액을 480nm에서 흡광도를 측정하여 갈변도로 하였다. 총 페놀 함량 분석은 페놀성 물질이 phosphomolybdate와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 Folin-Denis법(16)을 사용하였다. 각 클로로겐산 성분은 80% 메탄올 추출액에 대하여 STRODS-II column (4.6 × 150mm: Shinwa Chemical Ind., Tokyo, Japan)을 이용한 HPLC(JASCO, Spectroscopic Co., Tokyo, Japan)법으로 측정하였다.

노단백질량 및 8-OHdG 정량

노는 실험기간의 최종전일의 것을 채집하였으며, 노단백질은 Lowry 방법(17)으로 정량하였다. 8-OHdG량은 ELISA kit(일본 노화케어 연구소, Sizuoka, Japan)를 사용하여 Microplate reader(Model 1550, Bio-Rad Co., Tokyo, Japan)에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

실험으로부터 얻어진 결과는 Duncan's multiple range test를 이용하여 통계처리하였다(18).

결과 및 고찰

감자의 총폴리페놀 및 클로로겐산 함량과 갈변도와 의 관계

감자의 갈변도는 식품제조 및 알콜발효의 원료로 사용될 때 크게 문제가 되므로 갈변을 억제시킬 필요가 있다. 식물에 있어서 갈변현상은 비효소적 갈변과 polyphenol oxidase, peroxidase 등이 관여하는 효소적 갈변으로 구

분된다(19). 효소적 갈변반응에 관여하는 효소들은 품종, 성장시기, 성장조건 등에 따라 활성도에서 큰 차이를 보여주고 있으며, 식물체내의 기질 함량에 따라서도 갈변도가 다르게 나타난다(20). 대부분 식물체의 polyphenol oxidase의 주요기질은 *O*-diphenol이며, 이중에서도 클로로겐산에서 가장 높은 활성을 나타내어 갈변반응의 주요 기질로 알려지고 있다(21,22). 본 연구에 사용된 감자는 모두 8품종으로 총 폴리페놀 함량이 42~76mg/100g 습중량으로 나타났으며, 클로로겐산 함량은 4.5~15mg/100g 습중량으로 나타났다(Table 1). 우리나라 감자품종의 하나인 남작에서도 건물 중량당 0.25%(습중량당 50mg/100g)의 총 페놀성 물질이 함유되어 있는 것으로 보고되고 있다(14). 총 폴리페놀 함량에 대한 클로로겐산 함량의 비율은 9.2~23%를 차지하여 품종간 큰 차이를 보였다. 감자의 갈변도는 클로로겐산 함량이 비교적 많을수록 높게 나타나 갈변효소의 주요 기질이 되는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 갈변효소의 주요한 기질이 되는 클로로겐산의 함량이 비교적 낮고, 실제로 감자 껍질을 박피하여 한시간 동안 방치한 후 조사한 결과에서도 갈변도가 낮은 것으로 나타난 Dejima 품종을 선택하여 폴리페놀을 다량 추출하여 동물 실험에 사용하였다.

동물의 체중, 식이섭취량 및 간중량에 미치는 폴리페놀의 영향

식물계에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조를 가지며, phenolic acid 및 coumarin류, flavonoid류, tannin류로 크게 분류되는데 그 구조에 따라 생리적 기능이 달리 나타난다. 이러한 페놀성 물질은 식물의 고유한 색을 부여하고, 떫은맛과 쓴맛의 주체로 식물성 식품의 고유한 맛에도 깊이 관여한다. 일반적으로 식품 중의 페놀성 물질 농도로는 경험상 동물이나 사람에게 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려지고 있으나, 한방 등의 생약에서 종종 나타나고 있는 부작용중의 하나가 이러한 물질에 기인하고 있는지에 대해서는 부인할 수 없다(23). 동물 실험에서 총페놀과 축합형 탄닌의 섭취량이 건물기준시의 3.8% 수준까지는 독성을 발휘하지 않는 것으로 전해지고 있다(24). 본 실험에서 감자 폴리페놀을 0.5% 수준으로 식이에 첨가하여 2주간 투여한 결과 체중 증가량 및 식이 섭취량에서 정상군과 전혀 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3). 따라서 감자 폴리페놀의 0.5%의 수준에서는 독성을 나타내지 않는 것으로 생각되어진다. 그러나, 정상군에 비교하여 콜레스테롤 첨가식에서 상대적 간중량이 17~23% 유의적으로 증가 하였으나, 감자 폴리페놀 첨가식에서 다소 낮은 값을 보여주는 것으로 보아서 간장내의 지질 대사에도 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 3. Effects of potato polyphenolics and chlorogenic acid on body weight, food intake, relative liver weight

	CON ¹⁾	CHOL	CHOL+PP	CHOL+CA
Initial body weight(g)	149±3 ²⁾	149±2	149±2	149±2
Final body weight(g)	260±5	268±4	264±3	273±6
Food intake(g/day)	21.6±0.2	21.6±0.3	22.1±0.3	22.0±0.3
Liver weight(g/100g body weight)	4.41±0.2 ³⁾	5.70±0.2 ^{b)}	5.33±0.2 ^{b)}	5.47±0.3 ^{b)}

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Values are means±SE of six rats per group.

³⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

감자 폴리페놀 및 클로로겐산 첨가식이에 의한 간조직의 지질과산화 억제효과

지질과산화 반응은 여러 가지 독성 화합물이나 약물 또는 당뇨병 등에 의한 간손상 발생의 가장 중요한 기전으로서 인정되어지고 있다(25). 이러한 기전은 세포내 산화적 스트레스의 증가, 즉 유리라디칼 생성의 증가 및 항산화 방어력의 감소로 인해 야기된다. 동물 체내에서 생체막 지질의 과산화물 생성 정도의 지표(26)로 알려져 있는 TBARS를 측정된 결과, 콜레스테롤을 첨가하지 않는 정상식에 비교하여 콜레스테롤 첨가식에서 간조직 중의 과산화지질 함량은 유의적으로 증가되었다. 이러한 결과는 고지방식 또는 고콜레스테롤식을 투여한 실험군에서 간장 조직과 혈청중의 총 지질 과산화물가는 정상군에 비교하여 증가한 것과 일치하고 있다(27). 콜레스테롤식에 의한 간조직 중의 과산화지질 함량의 증가는 감자 폴리페놀을 투여한 경우에 있어서는 다소 억제되었다. 또한, 클로로겐산 0.2% 수준을 첨가한 식이에서도 약간 억제되는 경향을 나타내고 있다(Table 4). 이러한 결과는 감자의 폴리페놀 중 약 16%가 클로로겐산이 차지하고 있기 때문에 이러한 지질 과산화반응 억제는 클로로겐산에 의한 작용으로 추측되어진다. 그러나, 유의성은 없으나 microsome 분획을 이용한 실험 결과도 총 간조직 결과와 같은 경향이였다. 따라서, 고콜레스테롤 식이에 의한 TBARS량의 증가는 감자 폴리페놀 첨가식에서 억제 효과가 나타나 생체 내에서의 지질과산화 방어기구의 하나로 감자 폴리페놀 중의 한 성분인 클로로겐산에 의한 것으로 생각되어진다. 클로로겐산은 흰쥐의 microsome 분획을 이용한 항산화 실험계에서 지질과산화를 억제시키며, paraquat-유도 산화스트레스를 억제시킨다고 보고되고 있어 이를 더

욱 지지해준다(28,29).

감자 폴리페놀 및 클로로겐산 첨가식이에 의한 8-OHdG량의 변화

생체내에서 산화스트레스에 의해 DNA가 산화장해를 받게되면, 그 산화 장애물인 8-HOdG가 뇨중으로 배출되는 것으로 알려져 있다. 본 실험에서는 실험 최종전일의 뇨를 채취하여 뇨중의 8-HOdG량을 측정하였다(Table 4). 그 결과, 정상식이 및 콜레스테롤 식이에서는 유의차가 인정되지 않았으나, 감자 폴리페놀을 첨가한 식이에서는 유의적으로 증가한 결과를 나타내고 있다. 그러나 클로로겐산을 첨가한 식이에서는 유의적으로 감소하였다. 이러한 상반된 두 결과에서 볼 때, 감자에 함유되어 있는 폴리페놀중의 클로로겐산 이외의 성분에 의해 DNA가 산화장해를 받는 것으로 추측된다. 따라서 감자 폴리페놀의 체내 흡수후 대사과정에서의 변화와 생체내에서의 항산화 기작과의 관련에 대해서도 금후보다 자세히 검토하여야 할 것으로 사료된다.

감자 폴리페놀 및 클로로겐산에 의한 *in vitro*계에서의 항산화효과

콜레스테롤 식이군에서 유의적으로 증가한 TBARS량은 감자 폴리페놀 및 클로로겐산 첨가 식이에 의하여 다소 억제되는 경향이 동물 실험에서 관찰되었다(Table 4). 이 두 성분을 이용하여 *in vitro*계에서 흰쥐 microsome 분획을 이용한 실험계에서 TBARS량을 측정된 결과를 Table 5에 표시하였다. 그 결과, 두 성분 모두 첨가량에 비례해서 항산화 활성을 나타내고 있는데, 특히 클로로겐산 160µg/ml 첨가에서 현저한 효과가 보여지고 있

Table 4. Effects of potato polyphenolics and chlorogenic acid on the liver contents of TBARS and urinary excretion of 8-OHdG in rats

	CON ¹⁾	CHOL	CHOL+PP	CHOL+CA
Liver TBARS(nmol/g)	106±1.9 ^{2)a3)}	132±4.8 ^{b)}	118±3.7 ^{ab)}	113±8.2 ^{ab)}
Microsomal TBARS value(A ₅₃₅) ⁴⁾	60.2±0.9	70.7±1.1	62.6±1.3	63.0±2.4
(nmol/mg protein)×10 ²	29.6±1.1	33.4±3.1	34.9±1.3	35.4±1.1
Urine 8-OHdG(ng/day/100g body weight)	308±19 ^{a)}	313±13 ^{a)}	420±21 ^{b)}	252±14 ^{c)}

¹⁾See the legend of Table 2.

²⁾Values are means±SE of six rats per group.

³⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

Table 5. Antioxidative activity of potato polyphenol and chlorogenic acid in the rat microsomal system *in vitro*

Content(µg/ml)	Potato polyphenol (%)	Chlorogenic acid (%)
Control	100±1.6 ¹⁾	100±1.6
40	92±2.9	95±0.8
80	89±1.8	85±0.8
160	83±3.1	61±2.2

¹⁾Values in the table are the average of four samples.

다. 또한, 감자와 고구마로부터 추출한 페놀성 화합물에서도 항산화 활성이 있었으며, 그 주요 구성성분은 클로로젠산으로 밝혀졌다(30). 따라서, 감자 폴리페놀과 그의 한 구성성분인 클로로젠산에 의한 지질과산화 억제에는 동물 실험에서 뿐만 아니라 *in vitro*계에서도 확인되었다.

요 약

식생활에서 널리 이용되고 있는 식물성 식품 중의 하나인 감자로부터 생리활성 인자를 탐색할 목적으로 감자 8품종을 선택하여 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법으로, 클로로젠산 함량은 HPLC법으로 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 42~76mg/100g(습중량)이었으며, 폴리페놀의 주요한 구성성분은 클로로젠산(3.6~15mg/100g 습중량)으로 확인되었다. 감자의 갈변도는 클로로젠산 함량이 많을수록 높게 나타났다. 갈변도가 가장 낮은 품종인 Dejima로부터 추출한 폴리페놀을 동물 실험에 이용하였는데, 그 식이 조성은 정상식과 고콜레스테롤식에 0.5% 감자 폴리페놀 첨가식 및 0.2% 클로로젠산 첨가식으로 하여, 간장 중의 TBARS 농도와 뇨중의 8-OHdG 농도를 측정하였으며, 간장 microsome 분획을 사용한 *in vitro* 항산화 실험계에서 이들 두 성분의 항산화효과도 검토하였다. 그 결과, 간장 중의 TBARS 농도는 정상식이에 비교하여 고콜레스테롤 식이에서 현저한 증가가 나타났으나, 감자 폴리페놀과 클로로젠산 첨가식에서는 감소하는 경향이 있었다. 한편, 산화 스트레스에 의해 뇨중으로 배출되는 8-OHdG 농도는 고콜레스테롤 식이에 감자 폴리페놀 첨가식에서 현저하게 증가하고, 클로로젠산 첨가식에서는 감소하였다. *in vitro* 실험계에서, 감자 폴리페놀과 클로로젠산은 간장 microsome 분획을 이용한 실험계에서 측정된 TBARS 농도는 첨가농도 의존적으로 억제되는 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 감자에서 추출한 폴리페놀은 콜레스테롤을 투여한 흰쥐의 간장에서 지질과산화를 억제하는 것으로 나타났다.

문 헌

1. Branen, A. S. : Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylatedhydroxytoluene. *J. Am. Oil Chem. Sco.*, **1**, 59-63(1975)
2. Maura, Y., Weisburger, J. H. and Williams, G. : Dose-

dependent reduction of N-2-fluorenylacamide-induced liver cancer and enhancement of bladder cancer in rats by butylated hydroxytoluene. *Cancer Res.*, **44**, 1604-1610(1984)

3. Koshiyama, A. and Fukushima, D. : Antioxidative properties of proeyanidins B-1 and B-3 from azuki beans in aqueous systems. *Agric. Biol. Chem.*, **52**, 2717-2723(1988)
4. Jialal, I. and Grundyl, S. : Effects of dietary supplementation with alpha-tocopherol on the oxidative modification of low density lipoprotein. *J. Lipid Res.*, **33**, 899-906(1992)
5. Koskas, J. P., Cillard, J. and Cillard, P. : Autoxidation of linoleic acid and behavior of its hydroperoxides with and without tocopherols. *J. Am. Oil Chem. Sco.*, **61**, 1467-1472(1984)
6. Terao, J. : Antioxidant activity of β-carotene-related carotenoids in solution. *Lipids*, **24**, 657-661(1989)
7. Vinson, J. A. and Hontz, B. A. : Phenol antioxidative index : Comparative antioxidant effectiveness of red and white wines. *J. Agric. Food Chem.*, **43**, 401-403(1995)
8. Papadopoulos, G. and Boskou, D. : Antioxidant effect of natural phenols on olive oil. *J. Am. Oil Chem. Sco.*, **68**, 669-675(1991)
9. Ra, K. S., Suh, H. J., Chung, S. H. and Son, J. Y. : Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 595-600(1997)
10. Pratts, D. B. : Lipid antioxidants in plant tissue. *J. Food Sci.*, **29**, 27-33(1965)
11. Mun, S. I., Ryu, H. S. and Choi, J. S. : Inhibition effects of *Zanthoxylum schinifolium* and its active principle on lipid peroxidation and liver damage in carbon tetrachloride-treated mice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 943-951(1997)
12. Sung, I. S., Park, E. M., Lee, M. K., Han, E. K., Jang, J. Y. and Choi, S. Y. : Effects of acorn extracts on the antioxidative enzyme system. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **26**, 494-500(1997)
13. Gebhardt, R. : Inhibition of cholesterol biosynthesis in primary cultured rat hepatocytes by artichoke(*Cynara scolymus* L.) extract. *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, **286**, 1122-1128(1998)
14. Lee, J. H. and Lee S. R. : Analysis of phenolic substances content on Korea plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **26**, 310-316(1994)
15. Buege, A. J. and Aust, K. S. : Microsomal lipid peroxidation. In "Methods in enzymology" Gleischer, S. and Parker, L. (eds.), Academic Press, New York, Vol. 52, p.302(1978)
16. Swain, T., Hillis, W. E. and Oritega, M. : Phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. Quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 83-88(1959)
17. Lowry, O. H., Rosenbrough, N. J., Farr, A. L. and Randall, R. L. : Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**, 265-275(1951)
18. Duncan, D. B. : Multiple range test for correlated and heteroscedastic means. *Biometrics*, **13**, 164-176(1957)
19. Mater, L. H. : *Food chemistry*. Science Press Inc., New York, p.245(1968)
20. Walter, W. M. and Purcell, A. E. : Effect of substrate levels and PPD activity on darkening in sweet potato cultivars. *J. Agric. Food Chem.*, **28**, 941-947(1980)
21. Park, E. B., Lee, J. S. and Chio, E. H. : Isolation and characteristic of polyphenol oxidase from Jerusalem Artichoke Tuber. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 414-

- 419(1991)
22. Patil, S. S. and Zucker, M. J. : Potato phenolase. Purification and properties. *J. Biol. Chem.*, **240**, 3938-3943 (1965)
 23. Lin, J. L. and Ho, Y. S. : Flavonoid-induced acute nephropathy. *Am. J. Kidney Disease*, **23**, 433-440(1994)
 24. Singleton, V. L. : Naturally occurring food toxicants phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv. Food Res.*, **27**, 149-242(1981)
 25. Plaa, G. L. and Witschi, H. : Chemicals, drugs and lipid peroxidation. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.*, **16**, 125-141(1976)
 26. Alordmann, R., Ribierre, C. and Rouach, H. : Ethanol induced lipid peroxidation and oxidative stress in extrahepatic tissues. *Alcohol Alcohol.*, **25**, 231-237(1990)
 27. Kim, S. O., Rhee, S. J., Rhee, I. K., Joo, G. J. and Ha, H. P. : Effects of dietary xylooligosaccharide on lipid levels of serum in rats fed high cholesterol diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **27**, 945-951(1998)
 28. Tsuchiya, T., Suzuki, O. and Igarashi, K. : Protective effects of chlorogenic acid on paraquat-induced oxidative stress in rats. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **60**, 765-768 (1996)
 29. Kono, Y., Kashine, S., Yoneyama, T., Sakamoto, Y., Matsu, Y. and Shibata, H. : Iron chelation by chlorogenic acid as a natural antioxidant. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **62**, 22-27(1998)
 30. Hayase, F. and Kato, H. : Antioxidative components of sweet potatoes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**, 37-46(1984)

(1999년 6월 18일 접수)