

식이성 고지혈증에 미치는 감자 폴리페놀의 영향

차재영 · 조영수[†]

동아대학교 생명자원과학부

Effect of Potato Polyphenolics on the Hyperlipidemia in Rats

Jae-Young Cha and Young-Su Cho[†]

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

Abstract

Effect of potato polyphenolic compound on the concentrations of serum and liver lipids, serum glucose, and urine protein was investigated in Sprague Dawley rats by feeding a diet containing 0.5% of cholesterol for 2 weeks. Polyphenolic compound extracted from potato (*Solanum tuberosum* variety Dejima) was supplemented at a 0.5% level in the basal diet or the cholesterol diet. The supplementation of potato polyphenolic compounds decreased slightly the concentrations of total cholesterol and VLDL+LDL-cholesterol in serum, and atherosclerotic index in rats fed the cholesterol diet, while those measurements were not altered by the supplementation of potato polyphenolic compounds in rats fed the basal diet. In the rats fed the basal diet or the cholesterol diet containing potato polyphenolic compounds, urine protein increased by 12% and 27% at 1st week, respectively, but this change was not seen at 2nd week. The concentration of serum glucose, however, was not significantly different in the dietary groups.

Key words: potato polyphenolics, lipid, rat, cholesterol

서 론

페놀성 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물의 하나로서 플라보노이드류, 카테킨류 및 탄닌류 등으로 크게 구분된다. 최근 이러한 성분의 기능성에 관한 연구 평가도 여러 측면에서 이루어지고 있는데, 항산화 작용(1,2), 항혈전 작용(3), 고지혈증 억제작용(4,5), 및 지방간 억제작용(6) 등이 보고되어 있다. 한편, 역학적인 연구조사에서 야채 및 과일 등에서 유래된 폴리페놀 화합물의 섭취량과 심혈관 순환계 질환에 의한 사망률과 압으로 인한 사망률과의 사이에 역상관 관계를 나타내는 여러 연구 보고가 있어서, 페놀성 화합물의 유효성이 더욱 지지되어지고 있다(7-9). 그러나, 감자와 같은 근채류에서 분리한 페놀성 화합물에서는 단편적인 생리활성 시험이 시도 되고 있으나(10,11), 이들 식품 재료 중에 실제로 존재하는 형태와 섭취 수준에서의 생리적 효과에 대한 체계적인 연구는 아직 부족한 실정이다. 여러 식물성 식품 중에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 품종, 형태, 생산지 등에 따라서 각각 함량의 차이가 있어 이들 식품을 직접 섭취하였을 때 생리적인 효과도 다를 것으로 예상된다. 감자는 우리 나라를 비롯하여 세계적으로 중요한 채소

류 중의 하나이며, 단위 면적당 생산량이 높고, 양질의 영양가를 많이 함유하고 있는 중요한 자원작물이다. 감자에는 생리활성 성분인 폴리페놀 화합물을 비교적 많이 함유하고 있는데(12), 생체 내에서 과산화지질의 억제효과(13), 흰쥐 간장의 초대배양 세포에서의 콜레스테롤 생합성 억제효과(10) 등이 보고되어 있다. 그러나, 감자에 있어서 유효성분을 적절하게 이용한다는 관점에서 볼 때는 아직도 이에 대한 체계적인 연구는 부족한 실정이다. 그러므로, 감자로부터 부가가치가 높은 고품질의 가공식품 개발 및 그 이용성에 관한 많은 연구개발이 절실히 요구된다. 또한, 최근에는 일상적으로 섭취하는 식품 재료로부터 체내 지질 개선효과가 있는 생리활성 성분을 찾고자 하는 노력도 활발하게 전개되고 있다(13,14). 따라서, 본 연구에서는 자원작물인 감자로부터 추출한 페놀성 화합물을 정상 식이 및 콜레스테롤 식이에 첨가하여 섭취시킨 흰쥐의 혈청 및 간장 지질농도, 혈당치 및 뇨 단백질 농도에 미치는 영향에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재료

감자(*Solanum tuberosum* variety)의 폴리페놀 화합

[†]To whom all correspondence should be addressed

물은 일본 나가사키 농업시험장에서 1997년 가을에 수확한 Dejima 품종으로부터 추출한 것을 공급받아 실험에 사용하였다.

감자 폴리페놀 화합물 및 클로로겐산의 함량분석

감자 폴리페놀 화합물로부터 총 폴리페놀 함량 분석은 페놀성 물질이 phosphomolybdate와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 Folin-Denis법(15)으로, 클로로겐산 성분의 분석은 80% 메탄올 추출액을 시료로 사용하였다. 클로로겐산의 HPLC(Jasco, Spectroscopic Co., Tokyo, Japan) 분석은 STRODS-II column(4.6 mm ϕ \times 150 mm; Shinwa Chemical Ind. Tokyo, Japan)을 이용하여 UV 280 nm에서 검출 하였으며, 시료 주입량은 20 μ L이었다. 용출 속도는 0.9 mL/min이었으며, 용매는 5%(v/v) formic acid와 methanol을 사용하였다.

실험동물, 사육조건 및 식이 조성

실험동물은 4주령의 Sprague-Dawley계 수컷 흰쥐(Kyudo Experimental Animal Co. Tosu, Japan)를 구입하여 사용하였다. 스테인레스 개별 케이지에 한 마리씩 넣어 사육실 온도 $22 \pm 2^\circ\text{C}$, 습도 $50 \pm 5\%$, 명암주기 12시간(명주기: 07:00~19:00)이 자동 설정된 동물 사육실에서 사육하였다. 본 실험의 식이 조성은 Table 1과 같으며, 실험 식이는 콜레스테롤 첨가 및 무첨가 식이에 각각 감자 폴리페놀 화합물을 0.5% 수준으로 첨가하였다. 실험동물은 각 군마다 6마리씩 나누고, 식이와 물을 14일간 자유섭취(ad libitum)시켰다. 사육 기간중 식이 섭취량은 매일 일정한 시간에 측정하고, 체중은 이틀에 한번씩 측정하였다.

분석시료의 조제

실험기간이 끝난 동물을 에테르로 가볍게 마취시킨 후 복부 대정맥으로부터 채혈하여 혈액을 얻었다. 혈액은 약

30분간 실온에서 방치시킨 후 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 얻어진 혈청을 지질 분석에 사용하였다. 각 장기는 적출한 후 냉각된 생리식염수로 충분히 세척하고 물기를 제거한 다음 장기 무게를 측정하였다.

혈청지질 분석

혈청 총 콜레스테롤은 Cholesterol C-test wako(Wako Junyaku, Osaka, Japan)를 이용하여 cholesterol oxidase-DAOS 법으로 측정하였고, 혈청 HDL-cholesterol은 HDL-cholesterol E-test wako(Wako Junyaku, Osaka, Japan)의 효소 발생법에 의한 시판 kit로 측정하였다. 혈청 중성지질은 Triglyceride E-test wako(Wako Junyaku, Osaka, Japan)를 이용하여 GPO-DAOS법에 의하여 측정하였고, 혈청 인지질은 Phospholipid C-test wako(Wako Junyaku, Osaka, Japan)를 이용한 choline oxidase-DAOS법에 의한 효소 발생법으로 측정하였다. 혈청 유리지방산은 NEFA zaimu-S(Eiken Ind., Tokyo, Japan)의 시판 kit를 이용한 ACS-ACOD법에 의하여 측정하였다.

간장 지질추출 및 분석방법

간장 총 지질은 Folch 등의 방법(16)에 준하여 추출하였다. 즉, 간장 1g을 chloroform:methanol 2:1 혼합액으로서 지질을 추출하여 -80°C 의 냉동고에서 보관하면서 지질분석에 이용하였다. 간장 중성지질 농도는 Fletcher의 방법(17)으로, 인지질 농도는 Bartlett의 방법(18)으로, 총 콜레스테롤 농도는 Sperry 및 Webb의 방법(19)으로 정량하였다.

혈당 및 뇨 단백질 양의 정량

혈당은 glucose oxidase 법에 따라 조제된 시판 kit (Wako Junyaku, Osaka, Japan)를 이용한 효소법으로 측정하였다. 뇨는 실험기간의 1주일째 및 실험 최종 전일의

Table 1. Composition of experimental diets (%)

Ingredients	Cholesterol (-)		Cholesterol (+)	
	Control	Potato polyphenolics	Control	Potato polyphenolics
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
AIN-93 mineral mixture	4.0	4.0	4.0	4.0
AIN-93 vitamin mixture	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
Sodium cholate	-	-	0.125	0.125
Potato polyphenolics	-	0.5	-	0.5
Sucrose	added to make 100			

Cholesterol (-): Basal diet not containing 0.5% cholesterol.
 Cholesterol (+): Hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

것을 채집하였으며, 뇨 단백질 양은 BCA protein assay kit (Pierce, Illinois, USA)를 이용하여 Microplate reader (Model 1550, Bio-Rad Co., Tokyo, Japan)로 570 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

실험으로부터 얻어진 결과치는 통계 처리하여 평균치와 표준편차를 계산하였으며, 각 실험군간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test로 실시하였다.

결과 및 고찰

감자의 폴리페놀 화합물 및 클로로겐산 함량

감자의 갈변화는 식품 제조의 원료로 사용될 때 크게 문제가 되므로 갈변을 억제시킬 필요가 있다. 식물에 있어서 갈변현상은 주로 polyphenol oxidase, peroxidase가 관여하는 효소적 갈변으로 일어난다(20). 이러한 반응에 관여하는 효소들은 품종, 성장시기, 성장조건 등에 따라 활성도에서 큰 차이를 보여주고 있으며, 식물체내의 기질 함량에 따라서도 갈변도가 다르게 나타난다(21). 대부분 식물체의 polyphenol oxidase의 주요 기질은 *o*-diphenol이며, 이 중에서도 클로로겐산에서 가장 높은 활성을 나타내어 효소적 갈변반응의 주요 기질로 알려지고 있다(22,23). 본 연구에 사용된 감자의 총 폴리페놀 화합물 함량을 측정된 결과 감자 100 g 습중량당 43 mg으로 나타났으며, 클로로겐산 함량은 100 g 습중량당 6.8 mg으로 나타났다. 우리 나라 감자 품종의 하나인 남작에서도 건물중량당 0.25%(습중량당 0.05%)의 총 페놀성 화합물이 함유되어 있는 것으로 보고된 바 있다(12). 감자의 총 폴리페놀 화합물의 함량에 대한 클로로겐산 함량의 비율은 (9.2~23%) 품종간에 큰 차이를 보여 주었는데, 감자의 갈변도는 클로로겐산 함량이 많을수록 높게 나타나 갈변 효소의 주요 기질이 되는 것으로 나타났다(13). 본 실험에서는 갈변 효소의 주요한 기질이 되는 클로로겐산의 함량

이 비교적 낮고, 실제로 감자 껍질을 박피하여 한시간 동안 방치한 후 480 nm에서 흡광도를 조사한 결과에서 갈변도가 낮은 것으로 나타난 Dejima로부터 폴리페놀 화합물을 다량 추출하여 동물 실험에 사용하였다.

동물의 체중, 식이 섭취량 및 장기 중량에 미치는 영향

식물계에 널리 분포되어 있는 페놀성 화합물은 2차 대사산물의 하나로서 다양한 구조를 가지고 있기 때문에 그 구조에 따라 생리적 기능도 달리 나타난다. 이러한 페놀성 화합물은 식물의 고유한 색을 부여하고, 짙은맛과 쓴맛의 주체로 식물성 식품의 고유한 맛에도 깊이 관여한다. 일반적으로 식품중의 페놀성 화합물 농도로는 경험상 사람이나 동물에게 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려지고 있으나, 한방 등의 생약에서 종종 나타나고 있는 부작용(24) 중의 하나가 이러한 물질에 기인하고 있는지에 대해서는 부인할 수 없다. 동물 실험에서 총 페놀과 총합형 탄닌의 섭취량이 건물 기준시의 3.8% 수준까지는 독성을 나타나지 않는 것으로 전해지고 있다(25). 또한, 감귤류 플라보노이드의 한 종류인 hesperidin을 식이 중에 10% 수준으로 첨가하여 동물에 섭취시켰을 때 도식이 섭취량 및 체중 증가량에서 대조군에 비해 오히려 증가된 결과가 보고된 바 있다(26). 본 실험에서도 감자 폴리페놀 화합물을 0.5% 수준으로 식이에 첨가하여 2주간 섭취시킨 결과 체중 증가량 및 식이 섭취량에서 전혀 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 2). 따라서 식이 중 감자 폴리페놀 화합물의 0.5% 수준에서는 생육에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다.

혈청 지질 농도에 미치는 감자 폴리페놀의 영향

혈청 중의 지질농도 변화는 Table 3과 같다. 콜레스테롤 무첨가 식이에 비하여 콜레스테롤 첨가 식이에서 혈청 중성지질 농도는 낮게 나타났으며, 총 콜레스테롤 및 VLDL + LDL 콜레스테롤 농도는 약 3배정도 증가하였다. 이러한 결과는 식이 구성 조건에서 지방산 조성이 비슷한 우

Table 2. Effect of potato polyphenolic compound on body weight, food intake, and tissues weight in rats

Ingredient	Cholesterol (-)		Cholesterol (+)	
	Control	Potato polyphenolics	Control	Potato polyphenolics
Body weight gain (g)	111.2±4.2 ¹⁾	116.8±3.8	119.1±4.2	114.7±2.4
Food intake (g/day)	21.6±0.2	22.0±0.3	21.6±0.3	22.1±0.3
Tissue weight (g/100 g body weight)				
Liver	4.41±0.22	4.40±0.14	5.70±0.15	5.33±0.16
Kidney	0.84±0.01	0.80±0.02	0.85±0.02	0.78±0.02
Spleen	0.30±0.02	0.31±0.01	0.32±0.01	0.32±0.01
Heart	0.40±0.02	0.41±0.01	0.40±0.01	0.40±0.01
Adipose tissue	1.86±0.27	1.74±0.27	1.47±0.16	1.57±0.17

¹⁾Values are means±SE of six rats per group.

Cholesterol (-): Basal diet not containing 0.5% cholesterol.

Cholesterol (+): Hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

Table 3. Effect of potato polyphenolic compound on the concentrations of serum lipids in rats (mg/100 mL)

Ingredient	Cholesterol (-)		Cholesterol (+)	
	Control	Potato polyphenolics	Control	Potato polyphenolics
Triacylglycerol	182.1±25.8 ¹⁾²⁾	166.8±25.2 ^a	125.2±8.34 ^b	118.8±9.5 ^b
Phospholipid	150.9±9.41 ^a	153.4±8.77 ^a	155.5±7.44 ^a	143.4±8.19 ^a
Total cholesterol	80.2±3.0 ^a	85.1±5.9 ^a	210±24 ^b	171±17 ^b
HDL-cholesterol	48.2±1.7 ^a	48.6±3.5 ^a	26.6±1.1 ^b	29.2±2.7 ^b
VLDL+LDL-cholesterol	32.0±1.3 ^a	36.5±2.4 ^a	183.2±22 ^b	151.9±14 ^b
Atherosclerotic index ³⁾	0.66±0.09 ^a	0.75±0.03 ^a	6.89±0.38 ^b	4.86±0.71 ^b
Free fatty acid (μEq/100 mL)	580.1±39.8 ^a	670.0±50.4 ^a	569.7±44.6 ^a	590.4±49.6 ^a

¹⁾Values are means±SE of six rats per group.

²⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p<0.05.

³⁾Atherosclerotic index = total cholesterol - HDL-C/HDL-C

Cholesterol (-): Basal diet not containing 0.5% cholesterol.

Cholesterol (+): Hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

지를 사용한 실험 조건에서의 결과와도 일치하였다(27). 식이성 콜레스테롤 섭취로 인해 간조직 중의 콜레스테롤 농도는 증가함으로써 혈중으로의 VLDL 분비가 증가하게 되는데, 이때 분비되는 VLDL 입자 중의 콜레스테롤 에스테르 농도의 증가에 의해 상대적으로 중성지질 농도가 감소하게 됨으로서 혈중에서의 콜레스테롤 농도 증가와 중성지질 농도의 감소가 일어나는 것으로 생각된다. 한편, 콜레스테롤 첨가 식이에 의한 혈중 총 콜레스테롤 농도 및 VLDL+LDL-콜레스테롤 농도의 증가는 감자 폴리페놀 화합물의 첨가에 의해서 감소되었고, HDL-콜레스테롤 농도는 약간 증가되는 경향을 나타내었다. 그러나, 콜레스테롤 무첨가 식이에 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의해서는 이러한 지질 농도의 차이는 나타나지 않았다. 이러한 결과는 감자 폴리페놀 화합물이 정상 식이 조건에서는 지질 농도에 어떠한 영향도 미치지 않고, 다만 고지혈증의 조건에서만 콜레스테롤의 상승 억제 작용을 발휘하는 것으로 시사되었다(5). 식이성 폴리페놀 화합물은 혈청 총 콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 농도를 저하시켜 고지혈증 및 심장 순환계 질환을 예방하는 것으로 알려져 있는데(3,4), 이것은 간장에서 콜레스테롤 에스테르 합성의 중요 조절효소(28,29)로 알려진 간장 acyl co-enzyme A: cholesterol acyltransferase 활성 저해, 장관 내에서의 콜레스테롤 흡수 억제, 분변 중으로의 담즙산 배설 증가 등의 기작에 의한 것으로 시사되어 있다(28, 29). 또한, 돼지감자로부터 추출한 페놀성 화합물은 흰쥐의 간장 초대배양 세포에서 콜레스테롤 핵분해의 [¹⁴C] acetate 표적량을 현저하게 감소시켜 콜레스테롤 생합성을 억제시키는 것으로 나타났다(10). 이러한 돼지감자의 주요 성분으로는 chlorogenic acid, cynaroside, luteolin, caffeic acid 등이 확인되었고, 특히 chlorogenic acid에 의해서 상당한 억제 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서, 본 실험에 사용한 감자 폴리페놀 화합물의 주요 구성 성분 중의 하나가 chlorogenic acid로서 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 주요 인자중의 하나로 시사된다. 동맥경화 지

수는 정상 식이에 비하여 콜레스테롤 식이에서 약 10배 정도의 증가를 보여주었고, 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의해 약 42% 정도의 감소를 보여주었다. 최근, 식물성 폴리페놀 화합물이 많이 들어있는 야채, 과일 등의 식물성 식품의 섭취량이 많을수록 심순환계 질환에 의한 사망률과 암으로 인한 사망률이 낮다는 여러 임상적 역학조사 결과가 있어서, 이들 물질의 유효성이 더욱 주목받고 있는 실정이다(7-9). 혈청 중성지질 농도 및 인지질 농도는 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의한 영향은 약한 것으로 나타나, 다른 페놀성 화합물에 의한 이전의 연구 결과와 일치하였다(3). 혈청 유리지방산 농도는 정상식이 및 콜레스테롤 식이에서 감자 폴리페놀 첨가에 의해 각각 13% 및 3% 증가하였다. 따라서, 감자 폴리페놀 화합물은 동맥경화 지수를 낮춤으로서 동맥경화와 심순환계 질환의 예방효과에 일익을 담당할 수 있을 것으로 사료된다.

간장 지질농도에 미치는 폴리페놀 화합물의 영향

간장의 지질 농도 변동은 Table 4와 같다. 중성지질 및 콜레스테롤 농도는 콜레스테롤 무첨가 식이에 비해 콜레스테롤 첨가 식이에서 증가하였다. 이러한 결과는 고지방식이 및 고콜레스테롤 식이에서 보여주는 간장 지방 침착 현상과 유사하다(27,30). 정상 식이 및 콜레스테롤 첨가 식이에 감자 폴리페놀 화합물의 첨가는 중성지질 농도를 각각 24% 및 8% 감소시켰다. 특히, 정상 식이에서 이러한 현상은 더욱 현저하였다. 콜레스테롤 농도는 정상 식이에 감자 폴리페놀 화합물의 첨가에 의해 17% 감소하였으나, 콜레스테롤 첨가 식이에서는 이러한 감소는 나타나지 않았다. 인지질 농도는 정상 식이에 비해 콜레스테롤 첨가 식이에서 약간 낮은 값을 보여주었으나, 이들 식이에 감자 폴리페놀 화합물의 첨가에 의한 영향은 전혀 없었다. 이러한 결과로 볼 때, 감자 폴리페놀 화합물은 정상 식이의 조건하에서는 간장 지질 농도에 영향을 미치지나, 콜레스테롤 첨가 식이에서 간장 지질 농도에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

Table 4. Effect of potato polyphenolic compound on the concentrations of liver lipids in rats (mg/g liver)

Ingredient	Cholesterol (-)		Cholesterol (+)	
	Control	Potato polyphenolics	Control	Potato polyphenolics
Triacylglycerol	46.88 ± 6.41 ^{1)a2)}	37.94 ± 2.01 ^a	78.67 ± 5.55 ^b	72.81 ± 3.74 ^b
Total cholesterol	2.74 ± 0.23 ^a	2.35 ± 0.11 ^a	39.11 ± 2.78 ^b	40.42 ± 4.23 ^b
Phospholipid	29.50 ± 0.77 ^a	28.52 ± 1.24 ^a	25.01 ± 0.69 ^a	26.67 ± 0.73 ^a

¹⁾Values are means ± SE of six rats per group.

²⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p < 0.05.

Cholesterol (-): Basal diet not containing 0.5% cholesterol.

Cholesterol (+): Hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

Table 5. Effect of potato polyphenolic compound on the concentrations of serum glucose and urinary protein in rats (mg/100 mL)

Ingredient	Cholesterol (-)		Cholesterol (+)	
	Control	Potato polyphenolics	Control	Potato polyphenolics
Serum glucose	141.7 ± 8.1 ^{1)a2)}	132.3 ± 1.9 ^a	170.9 ± 24 ^a	157.2 ± 14 ^a
Urinary protein				
1 week	206.2 ± 12.0 ^a	232.6 ± 16.6 ^{ab}	198.3 ± 14.3 ^a	269.9 ± 27.8 ^b
2 week	200.1 ± 9.6 ^a	198.4 ± 16.4 ^a	209.9 ± 16.8 ^a	218.0 ± 3.94 ^a

¹⁾Values are means ± SE of six rats per group.

²⁾Between the groups, values with different letters are significantly different at p < 0.05.

Cholesterol (-): Basal diet not containing 0.5% cholesterol.

Cholesterol (+): Hypercholesterol diet containing 0.5% cholesterol.

혈당 및 뇨 단백질 농도에 미치는 폴리페놀 화합물의 영향

혈당 및 뇨 단백질 농도는 Table 5와 같다. 혈당량은 정상 식이 및 콜레스테롤 첨가 식이에 감자 폴리페놀 화합물의 첨가에 의해 각각 8% 정도 감소하였다. 녹차 페놀성 화합물을 투여한 실험에서 혈당치 및 인슐린 농도가 저하되었으며, 소장에서 α -amylase, sucrase, α -glucosidase 활성을 억제시키는 것으로 보고된 바 있다(31). 또한, prunin(naringenin-7-O-beta-glucoside)도 streptozotocin 유발 당뇨병에서 혈당치 및 혈청 지질 수준을 유의적으로 저하시켰다(32). 따라서, 식물성 폴리페놀 화합물은 소장에서 당분해 효소의 활성을 저해시킴으로서 당의 흡수량이 감소하여 혈당치가 낮아지는 것으로 생각되며, 본 실험에서도 감자 폴리페놀 첨가에 의해 저하 경향을 나타내어 이와 유사한 결과로 추측된다. 한편, 뇨 단백질량은 정상 식이 및 콜레스테롤 첨가 식이에 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의해 1주일 째에는 증가 경향을 나타내었으나, 2주일 째에는 이러한 증가가 정상 식이군 수준으로 회복되어 폴리페놀 화합물의 섭취에 의한 식이 적응 능력이 2주일 째부터는 정상적으로 회복된 것으로 생각되어지나 정확한 대사 기작에 대해서는 좀더 심도있는 연구가 있어야 할 것으로 사료된다. 일반적으로 식품중의 페놀성 화합물 농도로는 경험상 동물이나 사람의 생리작용에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 알려지고 있으나, 한방 등의 생약에서 종종 나타나고 있는 급성신장염 등의 부작용이 이러한 물질에 의한 것으로 시사되고 있다(24,33).

이상의 실험 결과에서, 감자로부터 추출한 폴리페놀 화합물에는 콜레스테롤 상승 억제 작용에 의한 혈청 지질 대사 개선 효과가 있는 것으로 나타났다. 따라서, 앞으로 임상적으로 사용함으로써 보다 좋은 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료되며, 기능성 식품 소재 개발의 가능성이 제시되었다.

요 약

중요한 식물성 자원 식품 중의 하나인 감자로부터 생리활성 인자를 탐색할 목적으로, 감자의 폴리페놀 화합물을 추출하여 콜레스테롤 무첨가 식이 및 콜레스테롤 식이에 각각 0.5% 수준으로 첨가한 반합성 식이를 흰쥐에 급여하여 혈청 및 간장 지질 농도, 혈당치, 뇨 단백질량에 미치는 영향을 검토하였다. 콜레스테롤 첨가 식이에서 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의해 혈청 총 콜레스테롤 및 VLDL+LDL-콜레스테롤 농도, 동맥경화 지수는 유의성은 없었으나 약간 감소하였고, 콜레스테롤 무첨가 식이에서는 이러한 경향들이 나타나지 않았다. 뇨 단백질량은 콜레스테롤 무첨가 식이 및 콜레스테롤 첨가 식이에 감자 폴리페놀 화합물 첨가에 의하여 실험 1주일 째에는 각각 12% 및 27% 증가하였으나, 2주일 째에는 콜레스테롤 무첨가 식이군 수준으로 회복되었다. 혈당치는 각 실험군에 유의적인 차이는 없었다.

문 헌

1. Papadopoulos, G. and Boskou, D.: Antioxidant effect of

- natural phenols on olive oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **68**, 669-675 (1991)
2. Laughton, M.J., Evans, P.J., Moroney, M.A., Hoult, J.R. S. and Halliwell, B. : Inhibition of mammalian 5-lipoxygenase and cyclo-oxygenase by flavonoids and phenolic dietary additives: relationship to antioxidant activity and to iron ion-reducing ability. *Biochem. Pharm.*, **42**, 1673-1681 (1981)
 3. Basarkar, P.W. and Nath, N. : Cholesterol lowering action of vitamin P-like compounds in rats. *Indian J. Exp. Biol.*, **19**, 787-789 (1981)
 4. Matsumoto, N., Okushio, K. and Hara, Y. : Effect of black-tea polyphenols on plasma lipids in cholesterol-fed rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **44**, 337-342 (1998)
 5. Yugarani, T., Tan, B.K.H., Teh, M. and Das, N.P. : Effects of polyphenolic natural products on the lipid profiles of rats fed high fat diets. *Lipids*, **27**, 181-186 (1992)
 6. Cha, J.Y., Mameda, Y., Furukawa, J., Rhaman, M., Anno, N. and Yanagita, T. : Preventive effect of hesperetin on orotic acid-induced fatty liver. *51th Ann. Conference Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.*, Tokyo, Japan, p.114 (1997)
 7. Hertog, M.G.L., Fesken, E.J.M., Hollman, P.C.H., Katan, M.B. and Kromhout, D. : Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease the Zutphen Elderly Study. *Lancet.*, **342**, 1007-1011 (1993)
 8. Hertog, M.G.L., Kromhout, D., Aravanis, C., Blackburn, H., Buzina, R., Fidanza, F., Giampaoli, S., Jansen, A., Menotti, A., Nedeljkovic, S., Pekkarinen, M., Simic, B.S., Toshima, H., Fesken, E.J.M., Hollman, P.C.H. and Katan, M.B. : Flavonoid intake and long-term risk of coronary heart disease and cancer in the seven countries study. *Arch. Intern. Med.*, **155**, 381-386 (1995)
 9. Knekt, P., Jarvinen, R., Reunanen, A. and Martela, J. : Flavonoid intake and coronary mortality in Finland: a cohort study. *Br. Med. J.*, **312**, 478-481 (1997)
 10. 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)
 11. Hayase, F. and Kato, H. : Antioxidative components of sweet potatoes. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, **30**, 37-46 (1984)
 12. 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)
 13. Cha, J.Y. and Cho, Y.S. : Effect of potato polyphenolics on lipid peroxidation in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1131-1136 (1999)
 14. Cha, J.Y. and Cho, Y.S. : Effects of hesperidin, naringin and their aglycones on the *in vitro* assay phosphatidate phosphohydrolase, and on the proliferation in cultured human hepatocytes HepG2 cells. *Agri. Chem. Biotech.*, **40**, 577-582 (1997)
 15. AOCS : Methods Cd 1-25. In *AOCS Official and Tentative Methods*. 14th ed., American Oil Chemists' Society, Chicago (1990)
 16. Folch, J., Lees, M. and Sloane-Starley, G.H. : A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, **226**, 497-509 (1957)
 17. Fletcher, M.J. : A colorimetric method for estimating serum triglyceride. *Clin. Chim. Acta*, **22**, 393-397 (1968)
 18. Bartlett, G.R. : Colorimetric assay methods for free and phosphorylated glyceric acids. *J. Biol. Chem.*, **234**, 469-471 (1959)
 19. Sperry, W.M. and Webb, M. : Averision of the Shoenheimer-Sperry method for cholesterol determination. *J. Biol. Chem.*, **187**, 97-106 (1950)
 20. Mater, L.H. : *Food Chemistry*. Science Press Inc., New York, p.245 (1968)
 21. 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)
 22. Park, E.B., Lee, J.S. and Choi, E.H. : Isolation and characteristic of polyphenol oxidase from Jerusalem Artichoke Tuber. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **23**, 414-419 (1991)
 23. Patil, S.S. and Zucker, M.J. : Potato phenolase. *J. Biol. Chem.*, **240**, 3938-3943 (1965)
 24. Lin, J.L. and Ho, Y.S. : Flavonoid-induced acute nephropathy. *Am. J. Kidney Disease*, **23**, 433-440 (1994)
 25. Singleton, V.L. : Naturally occurring food toxicants phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv. Food Res.*, **27**, 149-242 (1981)
 26. Kawaguchi, K., Mizuno, T., Aida, K. and Uchino, K. : Hesperidin as an inhibitor of lipases from porcine pancreas and *Pseudomonas*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **61**, 102-104 (1997)
 27. Cha, J.Y., Cho, Y.S. and Yanagita, T. : Effect of cholesterol on hepatic phospholipid metabolism in rats fed a diet containing fish oil and beef tallow. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **4**, 125-129 (1999)
 28. Yotsumoto, H., Yanagita, T., Yamamoto, K., Ogawa, Y., Cha, J.Y. and Mori, Y. : Inhibitory effect of Oren-Gedoku-to and its components on cholesterol ester synthesis in cultured human hepatocyte HepG2 cells : Evidence from the cultured HepG2 cells and *in vitro* assay of ACAT. *Planta Med.*, **63**, 141-145 (1997)
 29. Yanagita, T., Sonda, K., Yamamoto, K., Yotsumoto, H., Nunez, H.J. and Murakami, S. : Effect of a new acyl-coenzyme A : cholesterol acyltransferase inhibitor, HL-004, on cholesterol esterification and lipid metabolism in HepG2 cells. *Cur. Therapeutic Res.*, **56**, 787-795 (1995)
 30. Fungwe, T.V., Cagen, L.M., Cook, C.G., Wilcox, H.G. and Heimberg, M. : Dietary cholesterol stimulates hepatic biosynthesis of triglyceride reduced oxidation of fatty acids in the rat. *J. Lipid Res.*, **34**, 933-941 (1993)
 31. Matsumoto, N., Ishigaki, F., Ishigaki, A., Iwashima, H. and Hara, Y. : Reduction of blood glucose levels by tea catechin. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, **57**, 525-527 (1992)
 32. Choi, J.Y., Yokozawa, T. and Oura, H. : Improvement of hyperglycemia and hyperlipidemia in streptozotocin-diabetic rats by a methanolic extract of *Prunus davidiana* stems and its main component, prunin. *Planta Med.*, **57**, 208-211 (1991)
 33. Singleton, V.L. : Naturally occurring food toxicants phenolic substances of plant origin common in foods. *Adv. Food Res.*, **27**, 149-242 (1981)