

꼬마색깔감자 초고압 추출물이 고지방식이를 섭취한 흰쥐의 혈청지질농도개선 미치는 영향

나영아¹⁾ · 최미숙¹⁾ · 권민수²⁾ · 황영정³⁾ · 박성진[¶]

울지대학교 식품산업외식학과¹⁾ · 농업회사법인 룩야 주식회사²⁾ ·

한국국제대학교 외식조리학과³⁾ ·

한림성심대학교 관광외식조리과/ 한림성심대학교 생물소재연구소[¶]

Effects of Small Colored Potato Extracts by High-Pressure Extraction on Serum Lipid Levels in High Fat Diet Fed Rats

Young-Ah Rha¹⁾ · Mi-Sook Choi¹⁾ · Min-Soo Kwon²⁾ ·
Young-Jeong Hwang³⁾ · Sung-Jin Park[¶]

*Dept. of Food Science and Services, Eulji University, Seongnam, Gyeonggi-do, 461-713, Korea¹⁾
Rokya Agricultural Corp., Chuncheon 200-933, Korea²⁾*

Dept. of Food Science & Culinary Arts, International University of Korea³⁾

Dept. of Tourism Food Service Cuisine, Hallym Polytechnic University, Chuncheon, 200-711, Korea[¶]

Research Institute of Biomaterial, Hallym Polytechnic University, Chuncheon, 200-711, Korea[¶]

Abstract

We investigated the anti-obesity effects of small colored potato extracts by high pressure water extraction process on body weight, plasma lipid levels in high-fat diet-induced obese mice. Experimental groups were divided into basal diet only (Normal), high fat diet control (HFD), small colored potato water extracts (CP), and high-fat diet and small colored potato water high pressure extracts (HCP) groups. The levels of hematological variables were not significantly different among the four groups. Compared with the HFD group's serum total cholesterol level of 86.01±1.16 mg/dL, the levels of the CP and HCP groups were significantly lowered to 80.29±1.28 and 77.21±4.21 mg/dL, respectively. Compared with the HFD group's LDL-cholesterol level of 18.92±2.44 mg/dL, the LDL-cholesterol levels of the CP and HCP groups were significantly lowered to 13.52±1.26 and 12.93±1.26 mg/dL, respectively. Also, compared to the HFD group's serum triglyceride level of 82.71±3.94 mg/dL, the level of the HCP group was significantly lowered to 63.24±6.32 mg/dL. These results suggested that dietary supplementation of small colored potato extracts using high pressure water extraction does not have any adverse effects on the hematological variables, while improving the lipid content and reducing hepatic damage of the high-fat fed rats.

Key words: Small colored potato, high-pressure extract, high-fat diet, serum lipid, HDL-cholesterol, total cholesterol

I. 서 론

식생활이 서구화되면서 동물성 식품 및 가공식품 등을 통하여 열량의 섭취가 증가하고 있고, 비만, 당뇨병, 고혈압, 동맥경화 및 심혈관계 질환 등의 성인병이 늘어나고 있다(Law MR & Wald NJ 1994). 특히 동물성 지방의 과다한 섭취로 인한 혈액내의 고 콜레스테롤과 고 중성지방이 만성 성인병 발병에 중요한 원인으로 여겨지고 있다. 근래에 well-being에 대한 욕구가 매우 높아지면서 올바른 지방섭취에 관한 관심이 매우 높아지기는 하였으나 이러한 지방섭취가 여러 가지 만성퇴행성 성인병 질환발생이 증가하여 심각한 사회문제로 대두되고 있다. 한편으로 지질은 필수지방산을 공급하고 에너지원으로서 효율적인 체내 에너지 저장원인 영양소인 반면, 섭취량의 과소 및 구성 지방산 비율에 따라서 동맥경화증이나 심장순환계 질환 등의 여러 가지 만성질환을 일으킨다. 이러한 심장질환이나 동맥경화증의 유발에는 혈중 지질 조성인 triglycerides, phospholipids, cholesterol 함량과 혈중 지단백질의 농도 영향이 아주 큰 것으로 알려져 있다(Park KS 2006). 특히 지방의 양적인 문제뿐만 아니라 질적인 내용을 바탕으로 한 역학조사의 결과를 보게 되면, 심혈관 질환의 발생률은 지방의 섭취량이 많을수록 상관관계가 크며 섭취하는 유지의 종류도 큰 영향을 미치는 것으로 명백하게 밝혀져 있다(Schaefer EJ *et al* 1995). 그 결과 1970년대 이후로 고혈압, 뇌졸중, 동맥경화증을 포함한 순환기계 질환이 암에 이어 우리나라 주요 사망원인의 2위를 차지하여 선진국과 비슷한 양상으로 급속히 변했으며, 지난 20년 동안 순환기 질환으로 인한 사망률은 약 10배가 증가하여 전체 사망원인의 약 30%를 차지하게 되었다(Kang HK *et al* 1997). 이에 따라 이의 예방 및 치료를 위해서는 약물 이외의 식생활 변화가 절실히 요구되고 있다. 따라서 무엇을 어떻게 먹을 것인지에 대한 관심이 증대되면서 건강보조식품, 영양보충용 및

식사대용식품 등의 특수영양식품과 다양한 형태의 먹거리가 소개되어 있으며 최근에는 건강기능식품의 개발에 많은 관심이 집중되면서(Park SH & Han JH 2003), 특히 식물자원들의 성분과 기능에 관한 과학적인 연구가 활발히 진행되고 있다(Choi MS *et al* 2002; Cha WS *et al* 2002; Kim JH *et al* 2002). 그러나 식물자원을 이용한 건강기능식품의 제조·사용이 늘어나고 있는 만큼 고가의 비용과 효능에 대한 논란 및 형태의 제한 등이 맹점으로 대두되면서(Han JH *et al* 2004), 국민의 건강과 복지를 위해서는 또 다른 대안이 요구되고 있다. 따라서 식품의 3차 기능은 물론 영양 가치와 기호성이 동시에 충족될 수 있으며 과학적인 근거를 바탕으로 접근한 경제적인 약리성 식품 또는 음식이 대안 중의 하나가 될 수 있으며 이 분야의 연구가 필요하리라 보여진다.

감자(*Solanum tuberosum* L.)는 세계 4대 작물 중의 하나로 연간 3억 5천만 톤이 생산되고 있으며(Choi HD *et al* 2008), 식미가 우수하고 약리적 효능뿐 아니라 다양한 식재료의 원료(Hur J 2007; Oh YS 2007)로 사용이 되며, 비교적 양질의 단백질과 함께 칼슘, 마그네슘 등의 무기질과 비타민 C 등을 많이 함유하고 있어 훌륭한 식량자원으로 이용된다(Kolasa KM 1993). 또한 예로부터 혈액을 맑게 하고, 기운을 좋게 하며, 뱃속을 든든하게 하고, 소화기관을 튼튼하게 한다고 알려져 있으며, 암, 고혈압, 동맥경화, 심장병 및 간장병 등 만성질환을 치료하는 민간요법으로 쓰여 왔다(Jang HL *et al* 2011). 그러나 수분 함량이 높아서 장기 저장이 어려울 뿐만 아니라 가공 시 품질저하와 영양성분의 손실이 많이 일어난다(Lee JS & Hwang YJ 2003). 유색감자는 이러한 일반감자의 단점을 보완하여 개발된 것으로, 일반감자에 비해 독특한 맛과 색을 함유하고 있어 시각적인 장점은 물론 식욕을 증진시키고, 아린 맛이 덜해서 과일처럼 생식이 가능하기 때문에 조리로 인한 영양성분의 손실을 줄일 수 있다. 기존의 천연물 추출에 사용된 전통적인 방법은 추출효율이 낮고

에너지 소비가 많으며 열로 인한 많은 유용성분의 파괴, 단백질의 변성, 성분의 손실, 가용성분 위주의 추출, 열에 대하여 불안정한 것 등의 단점을 드러내고 있다(Park JH et al 2004). 이러한 단점을 극복하기 위하여 초고압 기술을 약용식물의 유용 성분을 추출하는데 적용할 수 있는데, 이러한 추출법을 초고압 추출이라고 한다. 초고압 기술은 약용작물의 유효 성분을 짧은 시간 내에 추출할 수 있으며 순도가 높은 단일 성분과 불순물이 거의 없는 추출물을 얻을 수 있다. 그것은 초고압 하에서 세포막이 파괴(Bennett PB et al 1998) 되어 세포 안으로 용매의 침투가 가능하여 보다 많은 성분이 세포 밖으로 쉽게 용출되어 나오기 때문으로 추정하고 있다. 최근 들어 초고압 기술이 식품의 개발에 직접 응용되면서 일본에서는 초고압을 이용해 과일 잼을 생산하였다. 초고압을 통해 과일 잼을 만든 결과 열처리를 통해 발생하는 향과 색깔의 변화가 적고 과일 특유의 성질이 유지된다고 보고되었다(Horie Y et al 1991). 그리고 꼬마색깔감자와 같은 표면이 외피로 쌓인 조직으로 이루어진 소재의 추출에 있어서 단순 열수 추출 공정으로는 용매의 소재 조직으로의 효과적인 침투가 어려워 유용성분의 추출에 한계가 있고, 이러한 단점을 극복하기 위해 고온의 열수를 이용하게 되면 목적하지 않는 성분의 용출로 식품이나 약용으로서의 이용에 한계가 있다. 따라서, 본 실험에서는 꼬마색깔감자 초고압추출물이 지질대사에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 5주령의 Sprague-Dawley 수컷 흰쥐에 추출물을 7주간 급여한 후 혈청 내 지질 함량의 변화를 측정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 꼬마색깔감자는 농업회사법인 룩아(주)에서 제공받아 즉시 세척하여 사용하였다. 초고압 추출은 예비실험을 통하여 최적의

추출조건을 확립하여 실시하였으며, 그 조건은 꼬마색깔감자 50 g을 비닐 팩에 증류수와 함께 넣어 공기가 들어가지 않도록 잘 밀봉한 후, 초고압 추출 장치(Ilshin autoclave, Daejeon, Korea)를 이용하여 300 MPa의 압력을 30분간 실행하였다. 초고압 추출이 끝난 시료를 각각 수직 환류 냉각기에 부착된 추출 flask에 시료 중량에 대하여 각각 10배의 에탄올을 추출용매로 사용하여 실온에서 24시간 추출하였다. 꼬마색깔감자 50 g을 초고압 추출과정은 제외하고 나머지는 같은 조건인 실온에서 12시간 동안 2회 반복 추출하였다. 얻어진 각각의 추출물들을 감압여과장치(Rotary Vacuum Evaporator N-N series, Berlin, EYELA, Germany)로 여과하여 농축을 하였고, 동결건조를 한 후에 실험에 사용하였다.

2. 실험쥐 및 식이군 배정

꼬마색깔감자 초고압 추출물의 *in vivo* 실험을 위하여 4주령 Sprague-Dawley(SD)계 수컷 흰쥐를 오리엔트바이오(Seongnam, Korea)에서 구입하여 1주일간 적응시킨 뒤 실험에 사용하였다. 흰쥐 10마리를 1군으로 하여 정상군, 대조군, 시험군으로 나누고, 정상군은 일반사료를 대조군은 고지방식이, 시험군(꼬마색깔감자 추출물;CP, 꼬마색깔감자 초고압추출물;HCP)은 꼬마색깔감자 추출물 동결건조물 1.0 g을 증류수 10 mL에 녹여 흰쥐 체중 100 g당 0.1 mL씩 매일 일정 시각에 경구투여 하였으며, 대조군은 동량의 생리식염수를 주사기를 이용하여 경구투여하였다. 물과 식이는 자유롭게 섭취시키면서 사육하였다. 동물 실험실의 사육조건은 온도 23±1°C, 습도 45±5%, 명암은 12시간 주기로 자동 조명 조절되었으며, 체중의 변화는 매일 기록하였다. 실험식이의 조성은 <Table 1>과 같으며, 실험기간 중 식이는 자유급여(*ad libitum*)하였고, 물은 증류수를 섭취하게 하였다.

〈Table 1〉 Composition of experimental diet

Group Ingredient(g)	Basal Diet	High Fat Diet
Starch ¹⁾	22.68	21.34
Wheat-powder ²⁾	22.68	21.34
Sucrose ³⁾	20.18	18.26
Corn oil ⁴⁾	2.14	3.64
Beef tallow ⁵⁾	4.28	10.94
Casein ⁶⁾	20.18	16.62
Cellulose ⁷⁾	4.60	4.60
Mineral mixture ⁸⁾	1.41	1.41
Vitamin mixture ⁹⁾	1.85	1.85

¹⁾Starch : Woo-li food, Korea

²⁾Wheat-powder : CJ Food, Korea

³⁾Sucrose : Sigma Co. LTD., U.S.A.

⁴⁾Corn oil : CJ Food, Korea

⁵⁾Beef tallow : Lotte Samkang, Korea

⁶⁾Casein : Naarden Agro products BV, Holland

⁷⁾Cellulose : Sigma Co. LTD., U.S.A.

⁸⁾AIN - Mineral mixture : ICN Biomedicals, Germany

⁹⁾AIN - Vitamin mixture : ICN Biomedicals, Germany

3. 식이효율 측정

체중증가량 및 식이 섭취량은 실험 개시일을 시작으로 충분한 양의 사료와 물을 급여하면서 일주일 간격으로 측정하였으며, 식이 섭취량은 급여량에서 잔량을 감하여 계산하였다. 식이효율(food efficiency ratio: FER)은 실험 기간 동안 체중증가량을 같은 기간의 식이 섭취량으로 나누어 환산하였다.

4. 실험동물 처치 및 장기 적출

사육한 실험동물의 혈액을 채취하기 위해 실험 종료 12시간 전부터 절식시키고 마취하여 혈액을 취하였다. 채취 후 CBC(compelte blood count) tube에 3mL를 취하고, 나머지는 원심분리(US-5500CF, Vision, Korea)하여 혈청을 분리한 후 -80℃에서 냉동보관 하였다. 장기는 채혈 후 즉시 간장, 비장, 신장, 폐, 심장을 적출하여 4℃ 생리식염수로 씻어내고 수분을 여과지로 제거한 후 무게를 칭량하였다.

5. 혈액학적 조사

White blood cell(WBC), red blood cell(RBC),

henatocrit(Hct), hemoglobin(Hb) 및 mean corpuscular volume(MCV), mean corpuscular hemoglobin(MCH), mean corpuscular hemoglobin concentration(MCHC)는 자동분석기(Advia 120, Bayer, Japan)를 이용하여 분석하였고 lymphocyte는 Turk solution을 이용·염색하여 수를 카운트 한 후 percentage로 표시하였다.

6. 혈청의 지질 조성 분석

혈중지질 성분의 주요지표가 되는 대사산물로 총콜레스테롤, triglyceride, low density lipoprotein cholesterol(LDL-콜레스테롤), high density lipoprotein cholesterol(HDL-콜레스테롤)을 측정하고, 시료투여로 인한 간 및 신장 기능에 미치는 영향을 알아 보기위해 간 기능 지표인 aspartate aminotransferase(AST), alanine aminotransferase(ALT), γ -glutamyl transferase(g-GT), creatinine을 측정하였다. 총콜레스테롤 측정은 CHOD(cholesterol oxidase), Trinder법, triglyceride는 Enzymatic-Trinder법, LDL-콜레스테롤, HDL-콜레스테롤은 Direct method에 의해 제조된 kit(Asanpharm Co., Seoul, Korea)를 사용하였다. AST,

ALT는 modified IFCC without pyridoxal phosphate법, g-GT는 IFCC법, creatinine은 modified Jaff-1 reagent method법에 의해 제조된 kit (Asanpharm Co.)를 이용하여 생화학 자동분석기 (KONELAB 20XT, Vantaa, Finland)를 이용하여 분석하였다.

7. 통계처리

실험 성적은 SAS 9.1 for windows program을 이용하여 시험군당 평균±표준편차로 표시하였으며 각 군간의 평균치의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test(Sendecor GW & Cochrane WG 1967)에 의해 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식이섭취량, 체중증가량 및 식이효율

실험기간 동안 자유급여(*ad libitum*) 방식에 의한 1일 평균 식이섭취량은 정상군은 3.01±0.25 g으로 나타났으며, 고지방식이 투여군인 대조군은 25.1±0.24 g, 꼬마색깔감자추출물 투여군(CP)은 24.9±0.31 g, 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여군(HCP)는 23.7±1.27 g으로 나타났다<Table 2>. 일반식이를 섭취한 정상군과 고지방식이를 투여한 대조군과 시험군(CP, HCP)을 비교할 때 1일 평균 사료섭취량에서 유의적인 차이를 나타내는 것으로 조사되었다(p<0.05). 그러나 고지방식이 투여

군인 대조군과 시험군에서 꼬마색깔감자 추출물에 의한 1일 평균 식이섭취량의 변화는 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 체중변화는 고지방식이 급여 10주 후 대조군 및 시험군(CP, HCP)에서 모두 정상군과 비교하여 유의한 체중증가량을 나타내었으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 체중증가량 변화는 나타나지 않았다. 식이효율 변화는 고지방식이를 급여한 모든 대조군에서 정상군과 비교하여 높은 식이효율을 보이는 것으로 나타났다. 대조군과 시험군(CP, HCP)에서 식이효율 변화는 꼬마색깔감자 추출물 투여로 감소하는 경향을 보여, 꼬마색깔감자 추출물 투여가 식이효율에 다소 영향을 미치는 것으로 조사되었으나, 초고압 공정이 시험군(CP, HCP)간에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

2. 장기무게 변화

고지방식이로 유발된 고지혈증과 꼬마색깔감자 추출물 및 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여로 인한 간, 비장, 신장, 폐, 심장의 장기무게 변화를 관찰하였다<Table 3>. 일반적으로 지방 또는 콜레스테롤의 섭취에 의해 간 조직에서 지질대사이상이 초래되어 지질의 침착에 의해 간의 무게가 증가하고 간에서의 지질과 콜레스테롤 함량이 증가한다(Kwag JS & Baek SH 2003). 본 실험에서도 대조군의 간 무게가 정상군에 비해 상대적으로 증가하였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여로

<Table 2> Effect of small colored potato extracts using high-pressure on food intake, body weight and food efficiency ratio in SD rats

Group	Food intake (g/day)	Body weight (g)			FER ¹⁾ (%)
		Initial(g)	Final(g)	Gain (g/day)	
Normal	30.1±0.25 ^{a,2)}	239.4±9.5 ^a	461.6±10.7 ^c	3.17±0.28 ^c	10.53±1.43 ^c
HFD ³⁾	25.1±0.24 ^b	240.3±10.4 ^a	581.1±11.2 ^a	4.86±0.13 ^a	19.36±1.22 ^a
CP ⁴⁾	24.9±0.31 ^b	239.6±11.0 ^a	532.9±11.4 ^a	4.19±0.37 ^b	16.83±2.22 ^b
HCP ⁵⁾	23.7±1.27 ^b	239.7±13.1 ^b	512.4±15.3 ^b	3.89±0.41 ^b	16.41±1.77 ^b

¹⁾FER (Food efficiency ratio) = (Body weight gain/Food intake) × 100

²⁾Values are represented as the mean±SD (n=10). a-c values with different superscript within the same column are significantly different at p<0.05.

³⁾High fat diet control group

⁴⁾Small colored potato water extracts group

⁵⁾High-fat diet and small colored potato water high pressure extracts group

<Table 3> Organ weights of high fat diet-induced obese rats fed with the experimental diets of small colored potato extracts by high-pressure

Group	(g/100 g body weight)				
	Liver	Spleen	Kidney	Lung	Heart
Normal	2.97±0.31 ^{b,1)}	0.18±0.32 ^a	0.83±0.11 ^a	0.42±0.05 ^a	0.38±0.01 ^a
HFD	3.94±0.01 ^a	0.19±0.12 ^{ab}	0.85±0.61 ^a	0.37±0.03 ^a	0.40±0.08 ^a
CP	2.80±0.02 ^c	0.13±0.72 ^b	0.78±0.41 ^a	0.37±0.01 ^a	0.41±0.04 ^a
HCP	2.74±0.06 ^c	0.15±0.12 ^{ab}	0.82±0.81 ^a	0.39±0.01 ^a	0.37±0.01 ^a

¹⁾Values are represented as the mean±SD (n=10). a-c values with different superscript within the same column are significantly different at p<0.05.

인한 유의한 간 조직 무게감소 현상은 관찰되지 않았다(p<0.05). 비장, 신장은 정상군과 비교하여 대조군 및 시험군(CP, HCP)에서 다소 장기무게 변화를 보였으나, 꼬마색깔감자 추출물에 의한 유의적인 변화는 관찰되지 않았다. 그리고 폐, 심장의 장기무게는 고지방식이나 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 아무런 변화도 관찰되지 않았다. 따라서 장기무게 변화는 고지방식에 의한 간, 비장 신장의 장기무게 변화는 있었으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 유의성 있는 무게변화는 관찰되지 않았다. 그리고 간 무게변화는 고지방식으로 인한 지질 축적에 의한 것으로 사료된다 (Park CH *et al* 2011; Lee SH & Lee YS 1998).

3. 혈액의 건강 및 영양지표에 미치는 영향

고지방 식이와 함께 꼬마색깔감자 추출물 및 꼬마색깔감자 초고압추출물을 경구투여한 후의 건강상태의 변화를 관찰하기 위해 <Table 4>에는 혈액학적 결과를 정리하였다. <Table 4>에서 보듯이 정상군, 대조군, 시험군(CP, HCP)에서 모두 혈액학적 성상은 정상농도를 유지하고 있었다. 또한 각 군간의 유의적인 차이를 보인 항목은 없

는 것으로 나타났다. 혈액학적 성상은 어떤 질병 상태에 노출되기 전에는 정상농도 범위를 크게 벗어나지 않으므로 혈액학적 정상만으로 건강증진효과를 논하기는 어려우나 10주간의 꼬마색깔감자 추출물 섭취 시 정상농도를 벗어나지 않은 점으로 보아 꼬마색깔감자 추출물 및 꼬마색깔감자 초고압추출물이 혈액학적 요인에 유해한 영향을 미치지 않는 것으로 생각되며 장기적인 연구가 필요하리라 사료된다.

4. 혈청성분 분석

10주 동안 고지방식이와 함께 꼬마색깔감자 추출물을 경구 투여 한 후 혈중 ALT, AST, γ-GT, creatinine, 총단백 함량을 측정하여 <Table 5>에 나타내었다. ALT 활성 변화는 정상군 49.57±4.39 unit/L와 비교하여 대조군 61.69±8.21 unit/L로 유의적인 증가현상을 보였고, 시험군(CP, HCP)에서는 각각 50.24±5.04 unit/L, 51.79±2.13 unit/L로 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 나타내었다(p<0.05). 따라서 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 ALT 활성 변화는 정상군 수준으로 유지되는 것으로 나타났다. AST 활성 변화는 대조군

<Table 4> Hematological variables of the experimental rats^{ns)}

Variable Group ¹⁾	RBC (×10 ⁶ /mm ³)	WBC (×10 ³ /mm ³)	Hct (%)	Hb (g/dL)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	Lymphocyte (%)
Normal	3.94±0.21	3.46±0.28	56.47±3.24	15.14±1.12	64.63±0.91	18.43±0.23	28.17±0.85	71.83±5.00
HFD	3.73±0.39	3.12±0.27	57.05±3.81	16.05±0.47	63.10±0.54	18.11±0.21	28.42±0.81	72.43±2.47
CP	3.51±0.41	3.00±0.19	56.21±3.19	16.24±0.99	62.59±0.54	18.70±0.11	27.90±0.89	72.10±3.14
HCP20	3.21±0.11	3.01±0.02	56.93±1.21	16.20±0.18	63.13±0.85	17.32±1.42	27.22±1.39	71.57±2.38

Values are mean ± SD, ns: Not significant

132.86±19.28 unit/L로 정상군 106.94±10.33 unit/L와 비교하여 유의적인 증가현상을 보였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 CP군과 HCP군에서는 각각 100.62±13.24 unit/L, 110.63±5.08 unit/L로 정상군과 비슷한 수준으로 유지되는 것으로 조사되었다. ALT, AST는 간을 비롯하여 장기에 존재하는 아미노산 합성효소로서 정상적인 세포과괴에 의해서도 혈액중에 일정 수치가 존재하나 간과 특정장기의 손상으로 수치가 상승하는 효소이다(Kim Ji *et al* 1984). 따라서 본 실험에서는 고지방식이에 의한 ALT, AST 활성 증가현상을 보였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 효소활성이 정상군 수준으로 유지되었으며, 초고압 공정을 통한 꼬마색깔감자 추출물 투여에서도 정상군 수준으로 유지되어 간기능 개선에도 효과적으로 영향을 미칠 것으로 사료된다.

또한, 신장 기능을 평가하는 중요한 지표가 되는 creatinine 양을 조사하고, 간과 신장의 건강 유무를 가늠할 수 있는 혈청 총 단백을 측정하였다(Cha JY *et al* 2001). 그리고 신장에 이상이 있으면 혈액 중으로 유출되어 이상치가 나오는 γ -GT 변화도 관찰하였다. 그 결과 creatinine, γ -GT의 경우 대조군 및 시험군(CP, HCP)에서는 변화가 관찰되지 않았다. 그리고 혈청단백 양의 경우 대조군에서 증가하였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 정상군과 비슷한 수준으로 유지되는 것을 관찰 할 수 있었다. 따라서 creatinine, γ -GT, 혈청

단백 지표를 볼 때 꼬마색깔감자 추출물에 의한 이상반응은 없을 것으로 사료된다.

5. 혈중지질에 미치는 영향

추출공정에 따른 꼬마색깔감자 추출물을 경구 투여한 후 혈중 총콜레스테롤, HDL-콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, 중성지방(triglyceride), 동맥경화지수(AI)를 <Table 6>에 나타내었다. 실험기간 중 혈중 총콜레스테롤 수준은 고지방식이 투여로 대조군 86.01±1.16 mg/dL로 정상군의 75.49±2.14 mg/dL와 비교하여 유의적으로 증가하였다. 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중 총콜레스테롤의 변화는 대조군과 비교하여 시험군(CP군, HCP군)에서 유의적인 감소현상을 나타내었다. 특히 꼬마색깔감자 초고압 추출물 투여군인 HCP군에서는 77.21±4.21 mg/dL로 정상군 75.49±2.14 mg/dL와 비교하여 유의적인 감소현상을 보였으며, 시험군(CP, HCP) 모두 혈중 총콜레스테롤을 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다. 혈중 HDL-콜레스테롤 변화는 대조군에서 52.81±1.27 mg/dL로 정상군 53.21±1.31 mg/dL와 비교하여 변화는 관찰되지 않았으며, 고지방식이에 의한 HDL-콜레스테롤 변화는 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중 HDL-콜레스테롤 변화는 시험군(CP, HCP)에서 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 꼬마색깔감자 추출물의

<Table 5> The serum alanine aminotransferase, aspartate aminotransferase, γ -glutamyl transferase, creatinine and total protein levels in the Sprague Dawley rats fed with small colored potato extracts by high-pressure

Group	ALT ¹⁾ (unit/L)	AST ²⁾ (unit/L)	γ -GT ³⁾ (unit/L)	Creatinine (mg/dL)	total protein (mg/dL)
Normal	49.57±4.39 ^{b4)}	106.94±10.33 ^b	3.58±0.43 ^b	0.49±0.04 ^a	4.69±0.12 ^a
HFD	61.69±8.21 ^a	132.86±19.28 ^a	3.70±0.32 ^{ab}	0.51±0.05 ^a	4.78±0.51 ^a
CP	50.24±5.04 ^b	100.62±13.24 ^b	3.62±0.27 ^{ab}	0.49±0.03 ^a	4.71±0.46 ^a
HCP	51.79±2.13 ^b	110.63±5.08 ^b	3.60±0.51 ^a	0.46±0.04 ^a	4.70±0.30 ^b

¹⁾ALT : alanine aminotransferase

²⁾AST : aspartate aminotransferase

³⁾ γ -GT : γ -glutamyl transferase

⁴⁾Values are represented as the mean±SD (n=10). a-b values with different superscript within the same column are significantly different at p<0.05.

투여로 인한 혈중 총콜레스테롤 감소에 따라 동반되는 현상인 것으로 사료 된다.

혈중 LDL-콜레스테롤 변화는 정상군 10.32 ± 1.29 mg/dL와 비교하여 대조군에서 18.92 ± 2.44 mg/dL로 유의적으로 증가하였으며, 고지방식이 투여에 의한 LDL-콜레스테롤의 유의적인 증가를 보이는 것으로 조사되었다. 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 LDL-콜레스테롤 변화는 시험군 CP와 HCP군에서 모두 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다. 혈중 중성지방의 변화는 고지방식으로 인해 정상군 58.31 ± 5.57 mg/dL와 비교하여 대조군 82.71 ± 3.94 mg/dL로 유의적인 증가를 보였다. 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여군인 HCP군에서 유의적인 감소현상을 보였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여군 CP군에서는 대조군과 비교하여 변화를 보이지 않는 것으로 조사되었다. 따라서 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 혈중 중성지방 변화는 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여에서만 유의적인 효과를 보이는 것으로 조사되었다. 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 차이를 HDL-콜레스테롤에 대한 백분비를 나타내는 동맥경화지수(AI, Atherogenic Index)는 정상군 0.42 ± 0.04 와 비교하여 대조군 0.63 ± 0.05 로 유의적으로 증가하였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 동맥경화지수 변화는 CP군 0.60 ± 0.05 와 HCP군 0.56 ± 0.06 으로 대조군과 비교하여 꼬마색깔감자 추출물 투여군에서만 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다.

콜레스테롤은 세포막형성, 호르몬 생성 등에 중요한 역할을 한다. 그러나 혈중에 고농도로 존재하는 상태를 고지혈증(hypercholesterolemia)이라 하는데, 이는 coronary heart disease(CHD)의 주요 위험인자이다. 혈중지질혈중 콜레스테롤 농도를 낮추는 것이 CHD의 발병율을 낮추는데 효과적이라는 많은 역학조사에서 얻은 결과로서 혈장 콜레스테롤을 1% 낮추면 CHD 발병율을 2% 감소시킬 수 있다고 한다(Chapman MJ 2006; Despres JP *et al* 2000). HDL-콜레스테롤은 말초조직으로부터 과잉의 콜레스테롤을 간으로 이동시키고 거품세포 형성을 방해하여 동맥경화의 진행과정을 늦추는 역할을 하는 것으로 알려져 있는데, 최근 동맥경화를 포함한 심혈관계질환의 예방과 치료에서 HDL-콜레스테롤의 역할에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다(Poulter N 1999).

본 실험에서는 추출공정에 따른 꼬마색깔감자 추출물(CP군, HCP군) 투여에서 유의적인 혈중 총콜레스테롤 감소현상을 관찰할 수 있었고, LDL-콜레스테롤 함량 또한 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 나타내는 것으로 볼 때 심혈관계질환 및 대사증후군의 위험을 감소시킬 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 혈중 중성지방 함량을 낮추는 것 또한 심혈관계 질환의 위험을 줄이는 중요한 요소가 되는데, 본 실험의 결과 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여가 일반추출물 투여에 비하여 혈중 중성지방함량을 낮추고 고지혈증을 개선할 수 좋은 추출공정으로 가능성을 보여주고 있다.

<Table 6> Total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol and triglyceride levels in plasma of the rats fed with small colored potato extracts by high-pressure

Group	Total Cholesterol (mg/DL)	HDL-Cholesterol (mg/DL)	LDL-Cholesterol (mg/DL)	Triglyceride (mg/DL)	AI ²⁾
Normal	$75.49 \pm 2.14^{c,1)}$	53.21 ± 1.31^a	10.32 ± 1.29^c	58.31 ± 5.57^b	0.42 ± 0.04^c
HFD	86.01 ± 1.16^a	52.81 ± 1.27^a	18.92 ± 2.44^a	82.71 ± 3.94^a	0.63 ± 0.05^a
CP	80.29 ± 1.28^b	49.94 ± 3.14^b	13.52 ± 1.26^b	82.21 ± 3.29^a	0.60 ± 0.05^a
HCP	77.21 ± 4.21^c	49.21 ± 3.37^b	12.93 ± 1.64^b	63.24 ± 6.32^b	0.56 ± 0.02^b

¹⁾Values are represented as the mean±SD (n=10). a-b values with different superscript within the same column are significantly different at $p < 0.05$.

²⁾AI (Atherogenic Index) = (Total cholesterol - HDL-cholesterol)/HDL-cholesterol

IV. 요약 및 결론

고지방식이로 비만 및 고지혈이 유발된 실험동물에서 체중, 혈중지질, 혈청생화학적 검사 및 장기무게를 측정하여 추출공정에 따른 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중지질 개선 및 꼬마색깔감자 추출물의 간기능 및 장기무게 변화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 1일 평균 식이섭취량은 정상군은 3.01 ± 0.25 g으로 나타났으며, 고지방식이 투여군인 대조군은 25.1 ± 0.24 g, 꼬마색깔감자추출물 투여군(CP)은 24.9 ± 0.31 g, 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여군(HCP)은 23.7 ± 1.27 g으로 나타났으며, 일반식이를 섭취한 정상군과 고지방식이를 투여한 대조군과 시험군(CP, HCP)을 비교할 때 1일 평균 사료섭취량에서 유의적인 차이를 나타내는 것으로 조사되었다. 체중변화는 정상군과 비교하여 유의한 체중증가량을 나타내었으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 체중증가량 변화는 나타나지 않았다. 식이효율 변화는 고지방식이를 급여한 모든 대조군에서 정상군과 비교하여 높은 식이효율을 보이는 것으로 나타났다. 고지방식이로 유발된 고지혈증과 꼬마색깔감자 추출물 및 꼬마색깔감자 초고압추출물 투여로 인한 간, 비장, 신장, 폐, 심장의 장기무게 변화를 관찰한 결과 고지방식이에 의한 간, 비장, 신장의 장기무게 변화는 있었으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 유의성 있는 무게변화는 관찰되지 않았다. 혈액학적 결과 정상군, 대조군, 시험군(CP, HCP)에서 모두 혈액학적 성상은 정상 농도를 유지하고 있었다. 또한 각 군간의 유의적인 차이를 보인 항목은 없는 것으로 나타났다. 혈중 ALT, AST, γ -GT, creatinine, 총단백 함량을 측정된 결과 ALT 활성 변화는 정상군 49.57 ± 4.39 unit/L와 비교하여 대조군 61.69 ± 8.21 unit/L로 유의적인 증가현상을 보였고, 시험군(CP, HCP)에서는 각각 50.24 ± 5.04 unit/L, 51.79 ± 2.13 unit/L로 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 나타내었다. AST 활성 변화는 대조군 132.86 ± 19.28

unit/L로 정상군 106.94 ± 10.33 unit/L와 비교하여 유의적인 증가현상을 보였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 CP군과 HCP군에서는 각각 100.62 ± 13.24 unit/L, 110.63 ± 5.08 unit/L로 정상군과 비슷한 수준으로 유지되는 것으로 조사되었다. 따라서 본 실험에서는 고지방식이에 의한 ALT, AST 활성 증가현상을 보였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 효소활성이 정상군 수준으로 유지되었으며, 초고압 공정을 통한 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 간기능 개선에도 더욱 효과적으로 영향을 미칠 것으로 사료된다. Creatinine, γ -GT의 경우 대조군 및 시험군(CP, HCP)에서는 변화가 관찰되지 않았다. 그리고 혈청단백 양의 경우 대조군에서 증가하였으나, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 정상군과 비슷한 수준으로 유지되는 것을 관찰 할 수 있었다. 따라서 creatinine, γ -GT, 혈청단백 지표를 볼 때 꼬마색깔감자 추출물에 의한 이상반응은 없을 것으로 사료된다. 실험기간 중 혈중 총콜레스테롤 수준은 고지방식이 투여로 대조군 86.01 ± 1.16 mg/dL로 정상군의 75.49 ± 2.14 mg/dL와 비교하여 유의적으로 증가하였다. 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중 총콜레스테롤의 변화는 대조군과 비교하여 시험군(CP군, HCP군)에서 유의적인 감소현상을 나타내었다. 특히 꼬마색깔감자 초고압 추출물 투여군인 HCP군에서는 77.21 ± 4.21 mg/dL로 정상군 75.49 ± 2.14 mg/dL와 비교하여 유의적인 감소현상을 보였으며, 시험군(CP, HCP) 모두 혈중 총콜레스테롤을 유의적으로 감소시키는 것으로 나타났다. 혈중 HDL-콜레스테롤 변화는 대조군에서 52.81 ± 1.27 mg/dL로 정상군 53.21 ± 1.31 mg/dL와 비교하여 변화는 관찰되지 않았으며, 고지방식이에 의한 HDL-콜레스테롤 변화는 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 그러나 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중 HDL-콜레스테롤 변화는 시험군(CP, HCP)에서 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 꼬마색깔감자 추출물의 투여로 인한 혈중 총콜레스테롤 감소에

따라 동반되는 현상인 것으로 사료 된다. 혈중 LDL-콜레스테롤 변화는 정상군 10.32 ± 1.29 mg/dL 와 비교하여 대조군에서 18.92 ± 2.44 mg/dL로 유의적으로 증가하였으며, 고지방식이 투여에 의한 LDL-콜레스테롤의 유의적인 증가를 보이는 것으로 조사되었다. 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 LDL-콜레스테롤 변화는 시험군 CP군과 HCP군에서 모두 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다. 혈중 중성지방의 변화는 고지방식으로 인해 정상군 58.31 ± 5.57 mg/dL 와 비교하여 대조군 82.71 ± 3.94 mg/dL로 유의적인 증가를 보였다. 총콜레스테롤과 HDL-콜레스테롤의 차이를 HDL-콜레스테롤에 대한 백분비를 나타내는 동맥경화지수(AI, Atherogenic Index)는 정상군 0.42 ± 0.04 와 비교하여 대조군 0.63 ± 0.05 로 유의적으로 증가하였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 동맥경화지수 변화는 CP군 0.60 ± 0.05 와 HCP군 0.56 ± 0.06 으로 대조군과 비교하여 꼬마색깔감자 추출물 투여군에서만 유의적인 감소현상을 보이는 것으로 나타났다. 본 실험에서는 추출공정에 따른 꼬마색깔감자 추출물(CP군, HCP군) 투여에서 유의적인 혈중 총콜레스테롤 감소현상을 관찰할 수 있었고, LDL-콜레스테롤 함량 또한 대조군과 비교하여 유의적인 감소현상을 나타내는 것으로 볼 때 심혈관계질환 및 대사증후군의 위험을 감소시킬 수 있는 가능성을 보여주고 있다. 혈중 중성지방 함량을 낮추는 것 또한 심혈관계 질환의 위험을 줄이는 중요한 요소가 되는데, 본 실험의 결과 꼬마색깔감자 초고압 추출물 투여가 일반추출물 투여에 비하여 혈중 중성지방함량을 낮추고 고지혈증을 개선할 수 좋은 추출공정으로 가능성을 보여주고 있다.

한글 초록

고지방식으로 비만 및 고지혈이 유발된 실험동물에서 체중, 혈중지질, 혈청생화학적 검사 및 장기무게를 측정하여 추출공정에 따른 꼬마색깔감

자 추출물 투여로 인한 혈중지질 개선 및 꼬마색깔감자 추출물의 간기능 및 장기무게 변화에 미치는 영향에 대해 조사하였다. 체중 및 사료이용효율은 고지방식에 의해 대조군에서 증가현상을 보였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여군 시험군(CP군, HCP군)에서 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 체중증가량 감소와 식이효율 감소현상을 보였다. 혈청 생화학적 검사에서 고지방식에 의해 혈중 ALT, AST, 총단백의 변화가 관찰되었으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의해 정상군과 비슷한 수준으로 유지되는 것을 볼 수 있었다. 혈중 creatinine과 g-GT의 경우 고지방식이 및 꼬마색깔감자 추출물 투여에 의한 변화는 관찰되지 않았다. 혈중지질 변화는 총 콜레스테롤, LDL-콜레스테롤, triglyceride, 동맥경화지수(AI) 모두 고지방식에 의해 유의적인 증가현상을 보였으며, 꼬마색깔감자 추출물 투여로 인한 혈중지질 변화를 관찰할 수 있었다. 이상의 실험결과, 추출 공정 중 초고압 공정을 통한 꼬마색깔감자 추출물은 비만유도 흰쥐에서 체중, 간, 지방조직의 무게 감소와 더불어 혈청의 지질성상의 개선에 더욱 효과적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 초고압 공정을 통한 꼬마색깔감자 추출물에 함유된 다량의 안토시아닌 및 폴리페놀 등의 생리활성 물질이 지질대사를 개선시키고 지방 축적을 억제하는 것으로 판단된다. 꼬마색깔감자 추출물은 비만, 고지혈증, 이상지혈증의 예방 및 개선 효과를 나타낼 것으로 기대하는 바이며 나아가 심혈관계 질환의 예방 및 치료에 긍정적인 효과가 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 시행한 2013년도 산학연공동기술개발사업지원(과제번호:C0113115)에 의하여 수행된 연구 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Bennett PB, Marquis RE, Demchenko I (1998) High pressure biology and medicine. University of Rochester Press, New York, USA. p. 1-428
- Cha JY, Cho YS, Kim DJ (2001) Effect of chicory extract on the lipid metabolism and oxidative stress in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(6): 1220-1226
- Cha WS, Kim CK, Kim JS (2002) On the Development of functional health beverages using *Citrus reticulata*, *Ostrea gigas*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17(5): 503-507
- Chapman MJ (2006) Therapeutic elevation of HDL-cholesterol to prevent atherosclerosis and coronary heart disease. *Pharmacol Ther* 111(3): 893-908
- Choi HD, Lee HC, Kim SS, Kim YS, Lom HT, Ryu GH (2008) Nutrient components and physicochemical properties of new domestic potato cultivars. *Kor J Food Sci Technol* 40(4): 382-388
- Choi MS, Do DH, Choi DJ (2002) The effect of mixing beverage with *Aralia continentalis* Kitagawa root on blood pressure and blood constituents of the diabetic and hypertensive elderly. *Korean J Food & Nutr* 15(2): 165-172
- Despres JP, Lemieux I, Dagenais GR, Cantin B, Lamarche B (2000) HDL-cholesterol as a marker of coronary heart disease risk: The Quebec cardiovascular study. *Atherosclerosis* 153(2): 263-272
- Han JH, Song YJ, Park SH (2004) Development of drink from composition with medicinal plants and evaluation of its physiological function in Aorta relaxation. *Korean J Oriental Physiology & Pathology* 18(4): 1078-1082
- Horie Y, Kimura K, Ida M, Yosida Y, Ohki K (1991) Jam preparation by pressurization. *Nippon Nogeikagaku Kaishi* 65(6): 975-980
- Jang HL, Hong JY, Kim NJ, Kim NH, Shin SR, Yoon KY (2011) Comparison of nutritive components and physicochemical properties of general and colored potato. *Kor J Hort Sci Technol* 29(2): 144-150
- Hur J (2007) Effect of citrate and phosphate on the inhibition of browning in minimally processed potatoes. *Korean J Culinary Res* 13(2): 254-259.
- Kang HK, No JK, Sung DY, Kim ND, Lee KH, Kim KW, Choi WC, Yim UK, Yoo BP, Jung HY (1997) Effects of aging and dietary restriction on free radical generation and GSH/GSSG level in rat testis. *Kor J Gerontol* 7(3): 92-97
- Kim JH, Park JH, Park SD, Choi SY, Seong JH, Moon KD (2002) Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower(*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Korean J Food Sci Technol* 34(4): 617-624
- Kim JI, Cho SJ, Lee YI, Bae DS, Lee SJ, Kim JS (1984) The serum NPN, BUN and creatinine values in the patient with congestive heart failure. *Korean J Inter Med* 27(2): 145-149
- Kolasa KM (1993). The potato and human nutrition. *Amer J Potato Res* 70(5): 375-384
- Kwag JS, Baek SH (2003) Cytotoxicity and antimicrobial effects of extracts from *Salvia miltorrhiza*. *Korean J Pharmacogn* 34(4): 293-296
- Law MR, Wald NJ (1994) An ecological study of serum cholesterol and ischaemic heart disease between 1950 and 1990. *Eur J Clin Nutr* 48(5): 305-325

- Lee JS, Hwang YJ (2003) A study of rheology with cooking methods of potato. *Korean J Culinary Res* 9(2): 85-97
- Lee SH, Lee YS (1998) Effects of late-harvested green tea extracted on lipid metabolism and Ca absorption in rats. *Korean J Nutr* 31(6): 999-1005
- Oh YS (2007). Quality characteristics of snow crab cream soup with yam and potato as a thickening agents. *Korean J Culinary Res* 13(1): 112-118
- Park CH, Jung HK, Jeong YS, Hong JH, Lee GD, Park CH (2011) Effects of citrus peel ethanol extract on the serum lipid and body fat of high-fat-diet-fed rats. *Korean J Food Preserv* 18(4): 567-574
- Park JH, Lee HS, Mun HC, Kim DH, Seong NS, Jung HG, Bang JK, Lee HY (2004) Effect of ultrasonification process on enhancement of immuno-stimulatory activity of *Ephedra sinica* Stapf and *Rubus coreanus* Miq. *Korean J Biotechnol Bioeng* 19(2):113-117
- Park KS (2006) Metabolic Syndrome. *Korean Diabetes Association* 7(1): 37-44.
- Park SH, Han JH (2003) The effects of uncooked powdered food on nutrient intake, serum lipid level, dietary behavior and health index in healthy women. *J Nutri* 36(1): 49-63
- Poulter N (1999) Coronary heart disease is a multifactorial disease. *Am J Hypertens* 12(S6): 92S-95S
- Schaefer EJ, Lichtenstein AH, Lamon-Fava S, Mcnamara JR, Ordovas JM (1995) Lipoprotein, nutrition, aging and atherosclerosis. *Am J Clin Nutr* 61(3): 726-730
- Sendecor GW, Cochran WG (1967) Statistical methods. 6th ed., Iowa State University Press, Iowa, p.1.

2014년 06월 10일 접수

2014년 07월 20일 1차 논문수정

2014년 07월 30일 2차 논문수정

2014년 08월 05일 3차 논문수정

2014년 08월 10일 논문게재확정