

빨간배추가 고지방식을 급여한 랫트의 장기무게 및 혈청지질 수치에 미치는 영향

김다원 ·곽정현* · 이효정** · 유수인*** · 김동희**** · 이민호***** · 임용표***** · †백진경*****

을지대학교 식품영양학과 대학원생, *을지대학교 식품영양학과 연구교수, **경희대학교 한의과대학 부교수,
을지대학교 식품산업외식학과 겸임교수, *을지대학교 식품영양학과 대학생, *****을지대학교 식품산업외식학과 부교수,
*****충남대학교 원예학과 교수, *****을지대학교 식품영양학과 부교수

Effect of Red Chinese Cabbage on the Organ Weight and Serum Lipid Levels of Rats Fed High Fat Diet

Da Won Kim, Jung Hyun Kwak*, Hyo-Jeong Lee**, Soo In Ryu***, Donghee Kim****,
Minho Lee*****, Yong Pyo Lim***** and †Jean Kyung Paik*****

Graduate Student, Department of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

*Research Professor, Department of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

**Associate Professor, Department of Science in Korean Medicine, Graduate School, Kyung Hee University, Seoul 02453, Korea

***Adjunct Assistant Professor, Department of Food Technology and Services, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

****University Student, Department of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

*****Associate Professor, Department of Food Technology and Services, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

*****Professor, Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 34148, Korea

*****Associate Professor, Department of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea

Abstract

Red Chinese cabbage is rich in anthocyanins, with beneficial effects on anti-obesity and lipid profiles. The purpose of this study was to examine the anti-obesity effects of red Chinese cabbage. Four-weeks old Spague-Dawley male rats were divided into four groups for six weeks as follow: Normal Diet (ND), High Fat Diet (HFD), HFD + Red Chinese Cabbage Diet (RCD), HFD + Red Chinese Cabbage Juice (RCJD). After six weeks, the liver weight was significantly higher in the HFD group than in the other groups, and the RCD and RCJD groups showed similar values to the ND group. The epididymal fats were significantly higher in all high fat diets (HFD, RCD, RCJD) than in the ND group and there was statistical significance in the post-tests when comparing the RCD and RCJD groups with the HFD group. Triglycerides significantly decreased in the RCD group. In conclusion, red Chinese cabbage is rich in anthocyanins, with beneficial effects on organ weight and lipid profiles.

Key words: red Chinese cabbage, obesity, weight, rat, anthocyanin

서 론

세계보건기구(World Health Organization; WHO)는 비만을 “건강을 손상시킬 정도의 비정상적이거나 과도한 지방이 축적된 상태”라고 정의하였으며, 2016년에는 전 세계 18세 이

상 성인 중 19억 명이 과체중이며, 이들 중 6.5억 명이 비만이라고 보고하였다(WHO 2018). 비만은 당뇨병, 심장질환, 간질환 등의 합병증을 유발할 수 있으며(Fontana 등 2007; Ventura 등 2017), 자존감 하락 및 우울증과 같은 정신건강에도 부정적인 영향을 미쳐 삶의 질을 떨어뜨린다(Kolotkin 등

† Corresponding author: Jean Kyung Paik, Associate Professor, Department of Food and Nutrition, Eulji University, Seongnam 13135, Korea. Tel: +82-31-740-7141, Fax: +82-31-740-7370, E-mail: jkpaik@eulji.ac.kr

2001). 비만으로 인한 과도한 지방 축적은 체내 산화스트레스를 일으키며, 항산화 효소 활성을 감소시키고, 항산화 방어 시스템을 저하시키며, 지방세포 내 생성된 활성산소종(Reactive oxygen species, ROS)은 지방조직에서 분비되는 물질인 adipokines의 조절 장애를 일으켜 비만과 관련한 만성질환에 영향을 미칠 수 있다(Furukawa 등 2004; Lee 등 2009). 이처럼 비만과 산화스트레스 및 만성질환이 서로 관련되어 있다고 밝혀져 국내외에서 이들을 개선하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 건강을 추구하고 웰빙 생활에 대한 관심이 증대함에 따라 약물이나 합성된 첨가물보다는 안전하고 다양한 생리활성을 가지는 과일, 채소와 같은 천연물의 섭취를 통하여 이를 달성하고자 연구가 활발히 이루어지고 있다(Lee 등 2014; Kim 등 2017; Seo 등 2017).

채소나 과일에 주로 존재하는 안토시아닌은 수용성 색소 성분으로 붉은색, 보라색, 푸른색을 띠는 플라보노이드계 화합물이다. 안토시아닌의 Phenolic 구조가 ROS 반응을 억제하여 항산화 및 항염 효과와 더불어 항당뇨, 항비만, 항암 활성 등 다양한 약리 효과를 나타낸다고 알려져 있다(Zafra-Stone 등 2007; Smeriglio 등 2016; Lee 등 2017). 빨간배추는 이러한 안토시아닌을 함유하고 있어 일반 배추와 달리 붉은색을 띠는데, 최근 연구 결과에 의하면 일반배추에 비하여 페놀화합물의 함량이 높고(Lee 등 2018), 염증 반응 및 염증 매개인자를 조절하여 동맥경화를 예방하는 효과(Joo 등 2018)를 나타낸다고 보고되어 많은 관심을 받고 있다.

빨간배추의 풍부한 생리활성 물질은 여러 건강 지표 등에 긍정적인 효과를 나타낼 것으로 판단되나, 이의 생리활성 검증 및 기능성을 살펴본 연구는 아직 미흡하여 많은 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구는 고지방식을 한 랫트에서 빨간배추 섭취가 항비만 효과에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 추후 빨간배추의 기능성 식품 소재로의 개발에 관한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험의 주재료인 빨간배추는 전라남도 해남 영농조합법인 성진에서 생산된 것으로 2017년 온라인을 통해 구입하여, 이물질을 제거하고 가식 부위를 잘라 사용하였다. 빨간배추 추출물은 1cm² 크기로 절단한 빨간배추에 10배의 95% 에탄올(발효주정) 용액을 가하여 37°C 항온수조에서 24시간 동안 추출하였다. 빨간배추즙은 착즙기를 활용하여 즙액을 추출하였다. 추출물은 고형분과 불순물을 제거하기 위하여 여과지(No.1, Whatman International Ltd., Leicestershire, England)를 이용하여 여과시켰다. 여과된 용액은 감압농축기(EYELA

N-1000, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 농축한 후, 동결 건조(FreeZone 2.5, Labconco Co., Kansas, MO, USA)하여 파우더 형태로 제조하여 실험에 사용하였다.

2. 실험동물 사육 및 실험설계

실험동물은 오리엔트바이오에서 생후 4주령의 Spague-Dawley계 수컷 랫트를 구입하였으며, 사료는 (주)중앙바이오에서 구입하였다. 실험에 들어가기 전 일주일 동안 기본사료로 환경에 적응시켰으며, 그 후 평균 체중이 유사하게 일반식이군(normal diet; ND), 고지방식이군(high fat diet; HFD), 고지방식이+빨간배추 추출물 식이군(red Chinese cabbage diet; RCD), 고지방식이+빨간배추즙 식이군(red Chinese cabbage juice; RCJD)으로 나누어 완전임의 배치하여 6주간 사육하였다(Table 1). 식이 사료는 일반식이군(ND)을 제외한 모든 군(HFD, RCD, RCJD)에 고지방 사료(Table 2)를 공급하였으며, 실험군의 경우 각각의 실험재료는 1일 1회(10 mL/kg) 경구 투여하였고, 실험기간 중 동물의 상태를 관찰하면서 체중과 식이섭취량은 매일 측정하였으며, 실험동물 사육실 실내온도는 22±20°C, 상대습도는 55±5%, 명암은 12시간 주기로 조절하였다. 본 실험은 을지대학교 동물실험윤리위원회 승인을 거쳐 실시하였다(EUIACUC17-13).

3. 평균 체중 및 장기 무게 측정

실험동물의 체중은 디지털 저울(CAS SW, CAS, Korea)을 사용하여 측정하였고, 6주간의 사육 이후 랫트를 12시간 절식시킨 후 마취하여 신장, 간, 비장, 부고환, 부고환 지방, 복부지방을 적출하여 디지털 저울(CAS CB, CAS, Korea)을 이용하여 무게를 측정하였다.

4. 혈액 채취

6주간의 사육 후 랫트를 12시간 절식시킨 후 마취하여 복부 대동맥에서 혈액을 채취하고, 채혈한 혈액은 4°C에서 원심분리(3,000rpm, 15분)하여 혈장을 분리하였다.

5. 혈중 지질 농도 분석

총 콜레스테롤, 중성지방, 유리지방산의 농도는 자동화

Table 1. Experimental design of animals

| Group | Number of rats | Diet |
|-------|----------------|---|
| ND | 6 | Normal diet |
| HFD | 6 | 60% High fat diet |
| RCD | 6 | 60% High fat diet + red Chinese cabbage extract |
| RCJD | 6 | 60% High fat diet + red Chinese cabbage juice |

Table 2. Composition of diet

| Ingredients | ND (D12450B) | | HFD (D12492) | |
|---------------------------------------|--------------|-------|--------------|-------|
| | g | kcal | g | kcal |
| Casein, 80 Mesh | 200 | 800 | 200 | 800 |
| L-Cystine | 3 | 12 | 3 | 12 |
| Corn Starch | 315 | 1,260 | 0 | 0 |
| Maltodextrin 10 | 35 | 140 | 125 | 500 |
| Sucrose | 350 | 1,400 | 68.8 | 275.2 |
| Cellulose, BW200 | 50 | 0 | 50 | 0 |
| Soybean oil | 25 | 225 | 25 | 225 |
| Lard | 20 | 180 | 245 | 2,205 |
| Mineral mix S10026 | 10 | 0 | 10 | 0 |
| DiCalcium phosphate | 13 | 0 | 13 | 0 |
| Calcium carbonate | 5.5 | 0 | 5.5 | 0 |
| Potassium citrate, 1 H ₂ O | 16.5 | 0 | 16.5 | 0 |
| Vitamin mix V10001 | 10 | 40 | 10 | 40 |
| Choline bitartrate | 2 | 0 | 2 | 0 |
| FD&C Yellow Dye #5 | 0.05 | 0 | 0 | 0 |
| FD&C Blue Dye #1 | 0 | 0 | 0.05 | 0 |
| Total | 1,055.05 | 4,057 | 773.85 | 4,057 |

분석기(Cobas 8000, c702, Roche, Germany)를 이용하여 정량용 kit(CHOL2(Roche, Germany), TRIGL(Roche, Germany), NEFA HR.II(Wako, Japan))를 사용하여 측정하였다.

6. 항비만 관련 지표 분석

혈청 Leptin 및 Adiponectin은 Enzyme-Linked Immunosorbent Assay(ELISA)방법으로 각각 RayBio[®]Rat Leptin ELISA Kit (Raybiotech, USA), Rat Adiponectin ELISA Kit(Adipogen, Switzerland)를 사용하였으며, Microplate Reader(VERSA Max, Molecular device, USA) 650nm에서 흡광도를 측정하였다.

7. 통계처리

본 연구에서 얻은 자료는 SPSS 통계 프로그램 (Version 20.0)을 이용하여 통계 분석을 실시하였다. 기술통계를 이용

하여 평균과 표준오차로 나타내었으며, 각 군 간의 차이는 ANOVA 분석을 실시한 후 LSD 다중검정방법에 의해 사후검정을 실시하여 유의성을 검증하였다. 모든 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 수준으로 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중 변화

실험 전후의 평균체중 변화율을 Table 3에 제시하였다. 실험 초기에는 모든 군들 간 체중에 유의한 차이가 없었으며, 6주 후 3군에서(HFD, RCD, RCJD)의 체중이 ND군에 비해 유의하게 증가하였다. 체중변화량 값의 비교에서도 3군에서 HFD, RCD, RCJD의 체중변화량이 ND군에 비해 유의하게 증가하였다. 본 경과에서는 고지방식의 섭취가 랫트 모델에서 비만을 유도하는 것을 확인하였고, 빨간배추 추출물 및 빨간배추즙 섭취시 수치상으로는 HFD군에 비해 수치상으로는 체중의 평균값이 다소 낮았으나, 통계적인 유의성은 확인할 수 없었다.

비만이 진행되면 체내 에너지 조절 이상으로 체중과 여러 조직에서 지방이 증가하게 되며(Smitka & Maresova 2015), 체지방 및 지방조직의 증가는 당뇨병, 심혈관질환 등의 건강상 위해 요인으로 작용할 수 있다고 알려져 있다(Fontana 등 2007; Ventura 등 2017). 따라서 이를 예방할 수 있는 천연 생리활성물질에 대한 연구의 필요성이 증가하고 있다. Badshah 등(2013)은 동일한 랫트 모델에서 검정콩에서 유래한 안토시아닌 투여가 체중에 미치는 영향을 조사한 바 있다. 그 결과, 24 mg/kg의 안토시아닌을 40일간 투여하였을 때 Neuropeptide Y (NPY)의 발현을 감소시키고, γ -amino butyric acid receptor (GABA BIR)를 증가시켜 비만예방에 도움을 줄 수 있음을 보고한 바 있다. Bhaswant 등(2017)은 아로니아와 자색 옥수수에서 유래한 안토시아닌 투여가 대사지표 등에 미치는 영향을 확인한 바 있으며, 16주간 약 8 mg/kg의 안토시아닌 투여가 내장 지방 및 총 체지방량을 감소시키는 것을 보고하였다. 선행연구를 바탕으로 생각해보면 안토시아닌의 투여가 직접적인 체중의 변화에 영향을 미치기까지 투여량과 투여

Table 3. Changes of body weight in experimental rats for 6 weeks

| Groups ¹⁾ (g) | ND | HFD | RCD | RCJD | <i>p</i> |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| Initial weight | 193.6±4.60 | 196.6±4.53 | 197.6±3.23 | 197.5±3.60 | 0.893 |
| Final weight | 387.7±9.77 ^b | 450.8±16.4 ^a | 445.5±9.54 ^a | 438.0±5.56 ^a | 0.002 |
| Weight change | 194.1±5.46 ^b | 252.7±13.5 ^a | 247.9±9.64 ^a | 240.5±4.94 ^a | 0.000 |

¹⁾ ND, Normal diet; HFD, High fat diet; RCD, high fat diet with red Chinese cabbage extract; RCJD, high fat diet with red Chinese cabbage juice. All the data were expressed as mean±SE.

Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with LSD multiple range test.

기간 등에 따라 차이가 나타날 것으로 생각된다. 따라서, 본 소재의 투여가 체중 변화량에 미치는 영향을 규명하기 위해서는 투여량 및 투여기간의 재설정을 통한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 장기무게

실험 후 채취된 장기의 무게는 Table 4에 제시하였다. 신장 및 비장 무게는 4군에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았다. 간 무게는 HFD군에서 15.5 ± 0.81 g으로 다른 군들에 비해 유의하게 높았으며, RCD군과 RCJD군은 고지방식을 했음에도 ND군과 비슷한 수치를 나타내었고, HFD군에 비해 유의적으로 낮았다. 부고환 무게는 고지방식을 섭취한 모든 군에서 HFD, RCD, RCJD ND군에 비해 유의적으로 높았다. RCD군 및 RCJD군에서 부고환 무게는 수치상으로는 HFD군보다 낮았으나, 통계적으로 유의하지는 않았다. 부고환 지방의 경우는 ND군에 비해 고지방식을 섭취한 모든 군에서 HFD, RCD, RCJD에서 유의하게 증가하였으나, 빨간배추 성분이 첨가된 RCD군과 RCJD군이 HFD군에 비해 유의하게 낮은 결과를 보였다. 복부지방은 ND군에 비해 고지방식을 섭취한 모든 군에서 중량이 증가하였으나, RCD와 RCJD의 중량은 수치상으로 HFD군보다 낮았으나, 통계적으로 유의

하지는 않았다. 본 결과를 통해 고지방식에 빨간배추 성분이 함유된 식이가 첨가될 경우 HFD군에 비해 간과 부고환의 지방의 무게가 유의적으로 낮은 것을 확인하였다. 부고환 무게와 복부지방 무게는 HFD군과 비교하여 통계적으로 유의적이지 않았지만, 수치상으로는 다소 감소된 결과를 보여 빨간배추 추출물과 빨간배추즙 섭취가 고지방식으로 유도된 지방의 증가를 다소 감소시키는 효과가 있을 것으로 사료되었다.

3. 혈중 지질 수준

실험 후의 혈중 지질 수준은 Table 5에 제시하였다. 총 콜레스테롤은 RCD군에서 41.2 ± 4.90 mg/dL로, HFD군에 61.4 ± 3.36 mg/dL에 비해 유의적으로 낮은 결과를 보였으며, RCJD군에서는 49.2 ± 5.74 mg/dL 수치상으로는 HFD군에 비해 낮았으나 통계적으로 유의적인 차이가 없었다. 유리지방산의 경우 4군에서 모두 유의적인 차이가 없었다. 중성지방의 경우, RCD군에서 37.2 ± 1.99 mg/dL로 다른 세 군에 비해 수치상으로는 낮았으나 통계적인 유의성이 나타나지는 않았다.

Jang & Jeong(2011)의 연구에서는 고지방식이군에서 혈청 총 콜레스테롤과 중성지방이 대조군에 비해 유의하게 증가한 결과를 보였는데, 본 연구에서는 고지방식이 섭취에 의한 뚜렷한 혈중 지질 수치의 증가가 나타나지 않았다. 본 연구

Table 4. Organ weight of experimental rats fed for 6 weeks

| Groups ¹⁾ (g) | ND | HFD | RCD | RCJD | <i>p</i> |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------|
| Kidneys | 3.40 ± 0.09 | 3.46 ± 0.07 | 3.62 ± 0.23 | 3.57 ± 0.13 | 0.743 |
| Liver | 12.5 ± 0.41^b | 15.5 ± 0.81^a | 12.8 ± 0.71^b | 12.0 ± 0.37^b | 0.002 |
| Spleen | 0.88 ± 0.05 | 0.94 ± 0.06 | 0.83 ± 0.08 | 0.90 ± 0.04 | 0.555 |
| Epididymis | 7.35 ± 0.71^b | 14.4 ± 1.11^a | 12.5 ± 0.78^a | 12.7 ± 1.39^a | 0.000 |
| Epididymal fat | 4.61 ± 0.56^c | 12.2 ± 1.57^a | 7.38 ± 0.76^b | 7.63 ± 1.04^b | 0.000 |
| Abdominal fat | 10.8 ± 0.64^b | 19.4 ± 2.16^a | 18.0 ± 1.42^a | 16.2 ± 1.87^a | 0.003 |

¹⁾ ND, Normal diet; HFD, High fat diet; RCD, high fat diet with red Chinese cabbage extract; RCJD, high fat diet with red Chinese cabbage juice. All the data were expressed as mean \pm SE.

Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with LSD multiple range test.

Table 5. Effects of red Chinese cabbage on serum lipid parameters and anti-obesity parameters of experimental rats

| Groups ¹⁾ | ND | HFD | RCD | RCJD | <i>p</i> |
|-------------------------------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------|
| Total-cholesterol (mg/dL) | 59.2 ± 3.26^a | 61.4 ± 3.36^a | 41.2 ± 4.90^b | 49.2 ± 5.74^{ab} | 0.018 |
| Free fatty acid (μ Eq/L) | 519.8 ± 49.3 | 553.2 ± 28.7 | 536.2 ± 38.2 | 531.3 ± 21.6 | 0.891 |
| Triglyceride (mg/dL) | 58.4 ± 8.04^a | 51.8 ± 5.52^{ab} | 37.2 ± 1.99^b | 53.0 ± 3.69^a | 0.066 |
| Adiponectin (μ g/mL) | 20.3 ± 1.85 | 20.2 ± 2.05 | 16.9 ± 2.20 | 19.4 ± 1.85 | 0.592 |
| Leptin (ng/mL) | 1.26 ± 0.30 | 2.02 ± 0.47 | 2.75 ± 1.52 | 1.12 ± 0.39 | 0.409 |

¹⁾ ND, Normal diet; HFD, High fat diet; RCD, high fat diet with red Chinese cabbage extract; RCJD, high fat diet with red Chinese cabbage juice. All the data were expressed as mean \pm SE.

Values with different superscripts are significantly different by ANOVA with LSD multiple range test.

의 소재인 빨간배추 추출물에서 총 콜레스테롤 및 중성지방 수치가 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었는데, 이는 열수, 50% 에탄올, 50% 메탄올 등 추출용매에 따라 아로니아 추출물의 생리 활성 결과에 차이가 나타났다는 Park & Hong (2014)의 연구를 토대로 생각해볼 때 빨간배추 추출방식이 생리활성물질에 영향을 미치고, 결과적으로 지질 감소 효과에 차이를 발생시킨 것으로 사료된다. 이러한 빨간배추 추출물의 지질 농도 감소 효과는 서양식이 급여 Apo^E 마우스에게 고농도의 빨간배추 안토시아닌 추출물을 급여하여 LDL 및 VLDL과 총 콜레스테롤이 유의하게 감소한 Joo 등(2018)의 최근 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 또한 Liu 등(2012)이 보고한 것처럼 배추에 풍부한 섬유소 등 다양한 영양성분들도 또한 지질 대사 개선에 영향을 준 것으로 사료된다. 많은 선행연구 결과들을 통해(Zhang 2003; Patel 2004) 혈중 지질 농도의 감소는 심혈관계질환의 위험을 감소시키는 것이 보고되었다. 특히 Zhu 등(2013)은 고콜레스테롤혈증이 있는 150명의 성인을 대상으로 안토시아닌 혼합물을 24주간 공급하였을 때 LDL 및 HDL 콜레스테롤을 개선시켰으며, 심혈관계질환과 관련이 있는 염증지표 hs-CRP, sVCAM-1도 유의적으로 감소시켰다고 보고한 바 있다. 따라서 빨간배추의 섭취가 지질 농도 개선뿐 아니라, 심혈관계질환의 위험도에 어떠한 영향을 미치는지를 검증하기 위해서는 지속적이며 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 비만지표

실험 후의 비만관련 지표는 Table 5에 제시하였다. 네 군에서 모두 adiponectin과 leptin의 농도의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Adiponectin은 인슐린 민감성을 향상시키고, 지방 산화를 자극하며, 정상인에서 농도가 높고 비만인에서 감소하는 것으로 알려졌다(Engeli 등 2003). 또한 leptin은 음식 섭취를 감소시키고, 에너지 소모를 증가시켜 체지방을 조절하는 호르몬으로 비만에서 농도가 증가한다고 보고되었다(Otero 등 2005). 당뇨 모델에서 안토시아닌 섭취가 adiponectin 및 leptin 농도를 증가시켜 혈당 조절에 도움을 주는 선행연구들이 보고된 바 있다(Rozanska & Regulska-Ilow 2018). 반면, Graf 등(2013)은 동물모델에서 15 mg/kg의 안토시아닌을 10주간 투여했을 때 adiponectin의 농도는 변화가 없었고, leptin 농도가 감소함을 보고하였다. 본 연구에서는 모든 군에서 adiponectin과 leptin 농도의 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 이는 실험동물 모델, 안토시아닌 투여량 및 기간 등에 따라 결과가 다르게 나타날 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구는 빨간배추의 항비만 효능을 확인하기 위하여 생

후 4주령의 Spague-Dawley계 수컷 랫트로 수행되었다. 6주간 일반식이 또는 고지방식이를 공급하였고, 고지방식이군은 3군으로 나누어 각각 추가로 빨간배추 추출물, 빨간배추즙을 1일 1회 경구 투여하였다. 그 결과, 모든 고지방식이군(HFD, RCD, RCJD)에서 체중이나 장기무게가 ND군에 비해 유의하게 증가하여 비만이 유도되었음을 확인할 수 있었다. 빨간배추로 인한 장기 무게의 감소 효과를 살펴보았을 때, 고지방식이 + 추출물이나 즙을 추가로 섭취한 군(RCD, RCJD)의 간 무게와 부고환지방무게에서 고지방식이만 섭취한 군에 비해 감소된 효과를 보였으며, 혈청 지질 농도를 살펴보았을 때, 고지방식이 + 빨간배추 추출물을 섭취한 군에서 총 콜레스테롤과 중성지방 수치가 고지방식이만 섭취한 군에 비해 낮음을 확인하였다. 그러나 비만 지표인 혈청 adiponectin 및 leptin에서는 유의한 결과를 나타내지 않았다. 따라서 본 연구를 통해 빨간배추 추출물의 랫트의 장기무게 및 지질개선과 관련된 지표에 미치는 영향을 검증하였고, 본 결과는 향후 건강기능 소재 개발을 위한 기초연구의 자료로 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단 (NRF-2015R1C1A1A01052866) 및 을지대학교(2015) 지원을 받아 수행된 연구임.

References

- Badshah H, Ullah I, Kim SE, Kim TH, Lee HY, Kim MO. 2013. Anthocyanins attenuate body weight gain via modulating neuropeptide Y and GABAB1 receptor in rats hypothalamus. *Neuropeptides* 47:347-353
- Bhaswant M, Shafie SR, Mathai ML, Mouatt P, Brown L. 2017. Anthocyanins in chokeberry and purple maize attenuate diet-induced metabolic syndrome in rats. *Nutrition* 41:24-31
- Engeli S, Feldpausch M, Gorzelniak K, Hartwig F, Heintze U, Janke J, Mohlig M, Pfeiffer AF, Luft FC, Sharma AM. 2003. Association between adiponectin and mediators of inflammation in obese women. *Diabetes* 52:942-947
- Fontana L, Eagon JC, Trujillo ME, Scherer PE, Klein S. 2007. Visceral fat adipokine secretion is associated with systemic inflammation in obese humans. *Diabetes* 56:1010-1013
- Furukawa S, Fujita T, Shimabukuro M, Iwaki M, Yamada Y, Nakajima Y, Nakayama O, Makishima M, Matsuda M, Shimomura I. 2004. Increased oxidative stress in obesity and its

- impact on metabolic syndrome. *J Clin Invest* 114: 1752-1761
- Graf D, Seifert S, Jaudszus A, Bub A, Watzl B. 2013. Anthocyanin-rich juice lowers serum cholesterol, leptin, and resistin and improves plasma fatty acid composition in fischer rats. *PLOS ONE* 8:e66690
- Jang YS, Jeong JM. 2011. Anti-obesity effects of black bean Chungkugjang extract in 3T3-L1 adipocyte and obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1235-1243
- Joo HK, Choi S, Lee YR, Lee EO, Park MS, Park KB, Kim CS, Lim YP, Park JT, Jeon BH. 2018. Anthocyanin-rich extract from red Chinese cabbage alleviates vascular inflammation in endothelial cells and apo E^{-/-} mice. *Int J Mol Sci* 19:E816
- Kim H, Shin JY, Lee AR, Hwang JH, Yu KW. 2017. Physiological activity of the fermented small black soybean (*Rhynchosia volubilis*) with a solid state culture of the bearded tooth mushroom (*Hericium erinaceum*) mycelia. *Korean J Food Nutr* 30:1348-1358
- Kolotkin RL, Meter K, Williams GR. 2001. Quality of life and obesity. *Obes Rev* 2:219-229
- Lee H, Oh IN, Kim J, Jung D, Cuong NP, Kim Y, Lee J, Kwon O, Park SU, Lim Y, Kim B, Park JT. 2018. Phenolic compound profiles and their seasonal variations in new red-phenotype head-forming Chinese cabbages. *LWT-Food Sci Tech* 90:433-439
- Lee OH, Kwon YI, Hong HD, Park CS, Lee BY, Kim YC. 2009. Production of reactive oxygen species and changes in antioxidant enzyme activities during differentiation of 3T3-L1 adipocyte. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 52:70-75
- Lee YJ, Kim JH, Oh JW, Shin GH, Lee JS, Cho JH, Park JJ, Lim JH, Lee OH. 2014. Antioxidant and anti-adipogenic effects of Kohlrabi and Radish sprout extracts. *Korean J Food Sci Technol* 46:531-537
- Lee YM, Yoon Y, Yoon H, Park HM, Song S, Yeum KJ. 2017. Dietary anthocyanins against obesity and inflammation. *Nutrients* 9:1089
- Liu W, Ko KH, Kim HR, Kim IC. 2012. The effect of insoluble dietary fiber extracted from Chinese cabbage waste on plasma lipid profiles in rats fed a high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:33-40
- Otero M, Lago R, Lago F, Casanueva FF, Dieguez C, Gomez-Reino JJ, Gualillo O. 2005. Leptin, from fat to inflammation: Old questions and new insights. *FFBS Lett* 579:295-301
- Park HM, Hong JH. 2014. Physiological activities of *Aronia melanocarpa* extracts on extraction solvents. *Korean J Food Preserv* 21:718-726
- Patel A, Barzi F, Jamrozik K, Lam TH, Ueshima H, Whitlock G, Woodward M. 2004. Serum triglycerides as a risk factor for cardiovascular diseases in the Asia - Pacific region. *Circulation* 110:2678-2686
- Rozanska D, Regulska-Ilow B. 2018. The significance of anthocyanins in the prevention and treatment of type 2 diabetes. *Adv Clin Exp Med* 27:135-142
- Seo D, Cheon W, Kim Y. 2017. Antioxidant activity and anti-adipogenic effect of *Ligularia stenocephala* extract. *Korean J Food Nutr* 30:1292-1298
- Smeriglio A, Barreca D, Bellocco E, Trombetta D. 2016. Chemistry, pharmacology and health benefits of anthocyanins. *Phytother Res* 30:1265-1286
- Smitka K, Maresova D. 2015. Adipose tissue as an endocrine organ: An update on pro-inflammatory and anti-inflammatory microenvironment. *Prague Med Rep* 116:87-111
- Ventura LL, Fortes NC, Santiago HC, Caliar MV, Gomes MA, Oliveira DR. 2017. Obesity-induced diet leads to weight gain, systemic metabolic alterations, adipose tissue inflammation, hepatic steatosis, and oxidative stress in gerbils (*Meriones unguiculatus*). *Peer J* 5:e2967
- World Health Organization. 2018. Obesity and overweight-fact sheet. Available from <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> [cited 12 December 2018]
- Zafra-Stone S, Yasmin T, Bagchi M, Chatterjee A, Vinson JA, Bagchi D. 2007. Berry anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention. *Mol Nutr Food Res* 51:675-683
- Zhang X, Patel A, Horibe H, Wu Z, Barzi F, Rodgers A, MacMahon S, Woodward M. 2003. Cholesterol, coronary heart disease, and stroke in the Asia Pacific region. *Int J Epidemiol* 32:563-572
- Zhu Y, Ling W, Guo H, Song F, Ye Q, Zou T, Li D, Zhang Y, Li G, Xiao Y, Liu F, Li Z, Shi Z, Yang Y. 2013. Anti-inflammatory effect of purified dietary anthocyanin in adults with hypercholesterolemia: A randomized controlled trial. *Nutr Metab Cardiovasc Dis* 23:843-849