

고지방식이 병행섭취 시 연잎, 연 줄기, 연자방 분말가루가 흰쥐의 혈중 생화학적 인자에 미치는 영향

김용환 · 최경순* · †신경옥*

경기대학교 식품생물공학과, *삼육대학교 식품영양학과

The Effect of Lotus (*Nelumbo nucifera*) Leaf, Stem, and Yeonjabang Powder Extract on the Biochemical Factors in Serum in Mice Fed a High-Fat Diet

Yong-Hwan Kim, Kyung-Soon Choi* and †Kyung-Ok Shin*

Dept. of Food Science & Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 16227, Korea

*Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea

Abstract

In this study, we analyzed the biochemical factors in lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf, stem, and yeonjabang and their effects on serum factor levels in mice fed a high-fat (HF) diet. The lotus leaf showed 9.47±0.30% moisture content, 8.25±0.39% ash, 21.45±1.25% crude protein, and 2.21±0.13% crude fat content; the lotus stem showed 11.84±0.43% moisture, 10.21±0.64% ash, 17.55±0.92% crude protein, and 4.16±0.23% crude fat content; and the lotus yeonjabang showed 11.86±0.50% moisture, 6.81±0.51% ash, 18.71±1.02% crude protein, and 3.95±0.15% crude fat. Blood triglyceride levels were higher in the HF group (146.43±38.81 mg/dL), and lower in the HF+yeonjabang groups (98.00±17.18 mg/dL). In particular, blood triglyceride levels were significantly lower in the groups that had 10% dry yeonjabang powder added to the high-fat diet. The inclusion of excessive high-fat diet increased concentrations of serum insulin and leptin. Serum leptin concentrations were highest in the HF group mice (3.00±1.35 ng/dL), whereas they were significantly lower in the HF+yeonjabang groups by 1.34±0.52 ng/dL ($p<0.05$). Thus, addition of dry yeonjabang powder to the high-fat diet was more effective in regulating the levels of serum triglycerides and leptin in mice. Additional studies would help in the development of yeonjabang as a functional food.

Key words: lotus, high-fat diet, yeonjabang, triglyceride, leptin

서 론

인간의 수명연장으로 인해 노인인구는 지속적으로 늘고 있으며, 노화와 잘못된 식생활로 인한 각종 만성질환의 발생도 증가하고 있는 추세이다. 이러한 문제들을 방지할 경우, 개인의 건강 저하와 질병 발병으로 인한 경제적 손실은 물론 사회적 비용이 증대되어 경제에 악영향을 미칠 수 있다. 최근 소비자들은 안전성(safety)이 보장된다면, 합성물질보다는 천연 생리활성 물질에 대해 관심이 증가하고 있다. 이를 해결

하기 위해 최근 들어 각종 식물로부터 생리활성 효과가 있는 성분을 추출하여 많은 연구가 이루어지고 있다(Choi 등 2013a; Choi 등 2013b; Chung 등 2013). 그 중의 한 재료로 예부터 식용으로 사용해 왔던 연(蓮)에 대한 관심이 크게 증가하였다.

연(*lotus, Nelumbo nucifera*)은 수생식물로서 부엽식물에 속하는 쌍떡잎식물이다(Lee & Lee 2011). 인도와 중국을 중심으로 하여 열대지방이나 아시아 동부를 비롯하여 한국, 중국 및 일본 등에서 널리 분포하고 있으며(Moon 등 2003; Lee 등

† Corresponding author: Kyung-Ok Shin, Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea. Tel: +82-2-3399-1657, Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: skorose@syu.ac.kr

2015; Zhu 등 2016), 주로 연못에서 자연적으로 자라지만, 논밭에서 인위적으로 재배되기도 한다(Dahlgren & Rasmussen 1983; Borsch & Barthlott 1994; Lee 등 2006b; Lee 등 2008; Lee & Lee 2011). 일반적으로 연꽃은 관상용과 차의 재료로 이용되어 왔으며, 잎과 뿌리는 식품으로 사용되어져 왔다(Kim 등 2005; Lee & Lee 2011). 선행연구(Yuk CS 1990; Lee 등 2006a; Lee 등 2006b; Lee 등 2008; Lee & Lee 2011)에서는 건조시킨 연잎은 맛은 쓰지만, 성질이 유하여 예로부터 출혈성 위궤양이나 위염·치질·출혈·설사·두통과 어지럼증·토혈·산후 어혈치료·야뇨증 및 해독작용 등에 민간 치료제로 이용되어 왔다고 보고하고 있다. 특히 연잎의 주요 성분으로는 진통작용과 진정작용이 있는 roemerine, nuciferin, armpavine, N-nornuciferine 및 pronuciferine 등의 alkaloid와 주석산, 구연산, 사과산, 호박산, 타닌 등이 함유되어 있다고 보고되고 있다(Yook CS 1989; Byun 등 2005; Han & Yoon 2007; Kim 등 2011; Lee 등 2015).

전통 중국 의학에서 연근은 출혈 및 토혈 치료에 사용했으며, 항진균, 항염증 및 해열에 대한 보고가 있다(Moon 등 2003; Yang 등 2007a; Park 등 2008; Mukherjee 등 2009; Du 등 2010b; Cho 등 2012; Yi 등 2016). 또한 연근에 관한 선행연구(Kim 등 2011)에서는 연근에 레시틴이 많이 함유되어 있어 섭취 시 혈관벽에 콜레스테롤 침착을 예방하고, 신경전달물질인 아세틸콜린을 생성하여 기억력 감퇴 억제 효과 및 치매 예방 효과도 크다고 보고하고 있다. 연근을 자르면 나오는 가는 실과 같은 끈끈한 액체인 뮤신은 당질과 결합된 복합 단백질로 콜레스테롤 저하작용, 위벽보호, 해독작용 등을 한다(Kim 등 2011).

현재까지 연에 관한 연구는 연잎에 관한 연구가 가장 많고(Yuk CS 1990; Lee 등 2006a; Lee 등 2006b; Lee 등 2008; Lee & Lee 2011), 연 씨앗의 영양성분 분석과 항산화 효과 및 연근의 효능과 연근 조리 시 물성 변화 등에 관한 연구는 많이 이루어져 있다(Na 등 2001; Jung 등 2003; Ling 등 2005; Ko 등 2006; Lee 등 2006b; Rai 등 2006; Chiang & Luo 2007; Bhat & Sridhar 2008; Park 등 2009; Lee & Lee 2011; Chouaibi 등 2012; Zhu 등 2016). 이러한 연구들을 바탕으로 연잎, 연 줄기, 연 씨앗의 생체 내 반응에 관한 연구는 더 이루어져야 할 것이다. 그러나 연 줄기와 연자방은 오랫동안 사찰 등에서 차와 술 등으로 제조되어 음용되어 왔음에도 불구하고, 이를 과학적으로 증명할 만한 연구는 아직 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 고지방식이와 병행 섭취한 연잎, 연 줄기, 연자방 분말가루가 흰쥐의 혈중 인자에 미치는 영향에 대해 알아보고, 기초자료를 제공하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 일반성분 분석

연잎, 연 줄기, 연자방 분말가루의 수분 정량은 105°C 건조법에 의해 분석하였으며, 조단백질의 함량은 Kjeldahl 법에 준하여 조단백 자동분석장치(Kjeltec TM 2300, FOSS, Höganäs, Sweden)로 측정하였다. 회분을 직접회화법으로 도가니의 함량을 구하고, 일정량의 시료를 취하여 회화로에서 200°C에서 1시간, 300°C에서 1시간, 550°C에서 3시간 동안 회화한 뒤 desiccator에서 30분 방냉하여 함량을 구하고, 회화 전·후의 함량 차로써 조회분량을 산출하였다. 조지방의 정량은 Soxhlet 법에 준하여 측정하였다(Choi 등 2016).

2. 실험동물 및 사육조건

실험동물은 (주) 오리엔트 바이오로부터 분양 받아 ICR-mouse 8주령 수컷을 성숙기 모델로 잡아 실험군당 7마리씩을 사용하였다. 실험동물은 시판 고형식이(PicoLab[®] Rodent Diet)로 1주일간 적응시킨 후, 무게에 따라 완전점의 배치한 후 60일간 물과 식이를 충분히 공급(*ad libitum*)해 주면서 사육하였다. 실험 기간 동안 실험실의 사육조건은 실내온도 20±2°C, 습도 40~60%를 항상 유지시켰고, 명암은 11±1시간을 주기로 조절하였다. 대조군과 연잎, 연 줄기 및 연자방 분말가루를 가지고 한 실험기간은 2015년 10월 1일부터 2015년 12월 1일까지이며, 총 7주간씩 실시하였다. 본 실험동물(Approved number; SYUIACUC 2015-007) 과정은 삼육대학교 동물실험윤리위원회(IACUC: Institutional Animal Care and Use Committees)의 지침에 따라 수행하였다.

3. 동물사료 조성에 따른 군의 분류

대조군(control)에 사용된 동물사료는 현재 시판되고 있는 시판용 mice 고형사료를 분말(powder form)로 만든 후 사용하였다. 사료 조성은 무게 비율로 하였으며, 대조군은 탄수화물 60%(starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)을 기준으로 단백질 21%, 지질 13%(소기름), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다. 고지방식이군(high-fat diet groups: HF groups)은 탄수화물 53%(starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)을 기준으로 단백질 21%, 지질 20%(소기름), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다. 또한 고지방식이에 각각 연잎, 연 줄기 및 연자방 분말가루를 첨가한 실험군(HF+leaf groups, HF+stem groups, HF+yeonjabang groups)의 사료 조성은 무게 비율로 하여 탄수화물 43%(starch+sucrose+glucose+fructose+lactose)와 연잎, 연 줄기 및 연자방 분말가루를 기준(10%)으로 하여 단백질 21%, 지질 20%(소기름)를 사용하였으며, 각종 비타민, 무기질 및 섬유질의 배합은 대조군에 사용된 식이 조성과 같이 각각 1%, 3% 및 2%로 첨가하여 구성하였다(Choi 등 2013ab).

4. 평균 체중 및 장기 무게

실험동물의 체중은 7일에 한 번씩 측정하였다. 각 군들은 희생 12시간 전부터 절식시키고, ethyl ether로 마취시킨 후 복부를 절개한 뒤 장기를 적출하여 차가운 생리식염수에 씻은 후, 연결조직을 제거하여 중량을 측정하였다.

5. 혈액 채취

실험동물은 사육 최종일에 12시간 절식시킨 후 ethyl ether로 마취시킨 후 복부를 절개하여 심장에서 주사기를 이용하여 채혈하였다. 채취한 각 혈액은 1시간 정도 4°C 냉장실에 놓아둔 후에 5°C 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm/15 min으로 원심분리를 하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 각각 100 µL씩 micro tube에 넣어 실험에 사용되기 전까지 -70°C 냉동고에 보관하였다.

6. 혈중 지질 농도 분석

혈청 콜레스테롤 함량은 Cho & Choi(2007)와 Rudel & Morris의 방법(1973)에 따라 o-phthaldehyde법으로 측정하였다. 시료를 0.1 mL씩 분취한 다음, 33% KOH 용액 0.3 mL와 95% 에탄올 3.0 mL를 첨가하고 잘 혼합한 다음, 혈청은 15분 동안 60°C 수조에서 가열시킨 후 냉각하였다. 헥산(hexane) 5.0 mL를 첨가하여 혼합하고, 증류수 3.0 mL를 가한 다음 1분간 잘 혼합한 다음, 층을 분리하여 1.0 mL의 헥산층을 분취하였다. 헥산층을 질소로 농축 및 건조시키고, o-phthaldehyde 시약 2.0 mL를 첨가하여 잘 혼합하고, 10분 후 발색시약으로서 진한 황산 1.0 mL를 첨가하여 잘 혼합하였다. 황산 첨가 후 10~90분 내에 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Korea)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하고, 표준검량선에 따라 콜레스테롤의 함량을 정량하였다.

혈청 중의 HDL-콜레스테롤 및 LDL-콜레스테롤 함량의 측정은 Cho & Choi(2007)를 참고하여 HDL-콜레스테롤(HDL-C 555, Eiken Co., Japan)과 LDL-콜레스테롤(BLF, Eiken Co., Japan) Kit 시약을 사용하였다. HDL-콜레스테롤은 혈청 0.3 mL를 시험관에 넣고, 여기서 침전시약 0.3 mL를 넣어 잘 혼합한 다음, 실온에서 10분간 방치 후 700×g에서 10분간 원심분리 하였다. 그 후 상층액 50 µL, 표준용액(100 mg/dL) 50 µL, blank로 증류수 50 µL에 각각 HDL 발색시약 3.0 mL씩을 첨가하고 잘 섞은 후, 37°C 수조상에서 5분간 가온시켰다. Blank를 대조로 하여 555 nm에서 흡광도를 측정하여 HDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다. LDL-콜레스테롤은 혈청 0.1 mL, 표준혈청 0.1 mL를 시험관에 넣고, 여기에 BLF kit 시약 I 및 II를 각각 4.0 mL씩 넣은 후 5초간 잘 혼합하였다. 그 다음 실온(25±3°C)에서 25분간 방치 후 10분 이내에 증류수를 대조로 하여 분광광도계를 사용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하

여 LDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다. Cho & Choi(2007)를 참고하여 혈청 중의 중성지질은 TG kit(Sigma Co., USA) 시약을 사용하여 분석하였다. 혈청 10 µL, 표준용액(300 mL/dL) 10 µL와 blank로 탈이온수 10 µL에 TG kit 시약 1.0 mL씩을 첨가하고 잘 혼합한 다음, 37°C 수조상에서 5분간 반응시켰다. Blank를 대조로 하여 분광광도계를 사용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 TG의 함량을 정량하였다.

7. 혈액 내 생화학적 분석

Reitaman & Frankel(1957) 방법에 의해 혈액에서 phospholipid, alkaline phosphatase(ALP), aspartate transaminase(AST), alanine transaminase(ALT)은 UV/VIS-spectrophotometric(Specord 200, Analytik-Jena, Jena, Germany)을 이용하여 분석하였다. Martinek RG(1972) 방법에 의해 serum lactate dehydrogenase(LDH) 활성은 UV/VIS-spectrophotometric(Specord 200, Analytik-Jena, Jena, Germany)을 이용하여 분석하였다.

혈중 insulin 농도는 실험 종료일에 분리한 혈장에서 ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) kit(Linco, Washington, USA)를 사용하였으며, 분석장비(Molecular device, USA)를 이용하여 녹십자에서 분석을 의뢰하였다. 혈중 leptin 농도는 ELISA를 이용하여 분석하였으며, 분석 방법은 manufacturer's protocols(R&D Systems Inc. Minneapolis, MN, USA)에 의해 분석하였다.

8. 통계처리

수집된 모든 자료는 SPSS package(version 18.0) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 평균치 비교는 one-way ANOVA 방법에 따라 실시하였으며, 평균들 간 차이의 유의성 분석($p < 0.05$)은 Duncan의 다중검정법에 의해 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분 분석

연잎, 연 줄기, 연자방의 일반성분 분석 결과는 Table 1에 제시하였다. 연잎의 수분 함량은 9.47±0.30%, 조회분은 8.25±0.39%, 조단백질은 21.45±1.25% 및 조지방은 2.21±0.13%로 나타났다. 연 줄기의 수분 함량은 11.84±0.43%, 조회분은 10.21±0.64%, 조단백질은 17.55±0.92% 및 조지방은 4.16±0.23%로 나타났다. 또한 연자방의 수분 함량은 11.86±0.50%, 조회분은 6.81±0.51%, 조단백질은 18.71±1.02% 및 조지방은 3.95±0.15%로 나타났다. Lee 등(2008)의 연구에서는 연잎 100 g 당 수분 함량이 0 g, 단백질이 16.9 g, 지방이 1.0 g, 조회분이 9.3 g 및 탄수화물이 63.8 g이라고 보고하였으며, Han & Yoon(2007)은 연구에서 연잎절편을 제조할 때 사용한 멥쌀가루의 수분

Table 1. Proximate composition in lotus leaf, stem, and yeonjabang

Composition (%)	Leaf	Stem	Yeonjabang
Moisture	9.47±0.30 ¹⁾	11.84±0.43	11.86±0.50
Crude ash	8.25±0.39	10.21±0.64	6.81±0.51
Crude protein	21.45±1.25	17.55±0.92	18.71±1.02
Crude fat	2.21±0.13	4.16±0.23	3.95±0.15

¹⁾ Mean±S.D.

함량은 35.40%였으며, 연잎가루의 수분 함량은 6.20%였다고 보고하였다. 일반적으로 가장 많이 섭취하는 녹차와 비교했을 때, 단백질 함량은 녹차가 33%인데, 본 실험에서 연잎의 단백질 함량은 21.45%로 낮은 편이었다(식품성분표 2007). 선행연구(Han & Koo 1993)에서는 연근의 일반성분은 수분 80.2%, 단백질 2.1%, 지질 0.1%, 탄수화물 17.5%, 회분 1.2% 등이며, 다른 농산물에 비해 철분함량이 높아 철 결핍성 빈혈 환자나 임신, 출산 등으로 철분의 균형을 잃게 될 수 있는 여성에게 좋은 영양식으로 좋다고 강조하고 있다. 식품성분표(2007)에는 연근(lotus root) 생것의 일반성분의 함량은 가식부 100 g당 수분 함량은 80.2 g, 조회분은 1.2 g, 조단백질은 2.1 g 및 조지방은 0.1 g으로 제시되고 있으며, 연씨앗 생것의 경우에는 일반성분의 함량은 가식부 100 g당 수분 함량은 77.5 g, 조회분은 1.2 g, 조단백질은 5.9 g 및 조지방은 0.5 g으로 제시되고 있다. 연근의 경우, 무안의 백련이 나주의 홍련에 비해 수분 함량이 3.87% 적은 반면 조회분, 탄수화물 등의 다른 성분은 높게 나타났으며, 연잎은 나주의 홍련이 수분, 조단백질, 회분 함량이 높았다고 보고하였다(Yang 등 2007b). 또한 연씨앗의 경우는 무안과 나주의 두 품종 모두 수분 함량이 7% 이하로 낮았고, 뿌리나 잎에 비해 조단백질이 4배 이상 높았으며, 그 중에서도 백련이 조단백질이 22.87%로 홍련의 19.53%보다 높았다고 보고하였다(Yang 등 2007b).

2. 평균 체중 및 장기 무게

Table 2. Organ weight in mice

Organ (g/100 g body wt.)	Control	HF	HF+leaf	HF+stem	HF+yeonjabang	Total	Significance
Liver	1.92±0.77 ¹⁾	1.90±0.57	2.20±0.21	1.86±0.30	1.89±0.25	1.96±0.46	NS ²⁾
Spleen	0.23±0.15	0.18±0.05	0.20±0.07	0.15±0.02	0.16±0.03	0.18±0.08	NS
Kidney	0.89±0.09	0.89±0.11	0.82±0.06	0.83±0.12	0.84±0.09	0.85±0.10	NS

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ NS: Statistically no significant difference at $p<0.05$ by ANOVA-test

HF: High-fat diet, Total: The mean±S.D. for the entire experimental groups

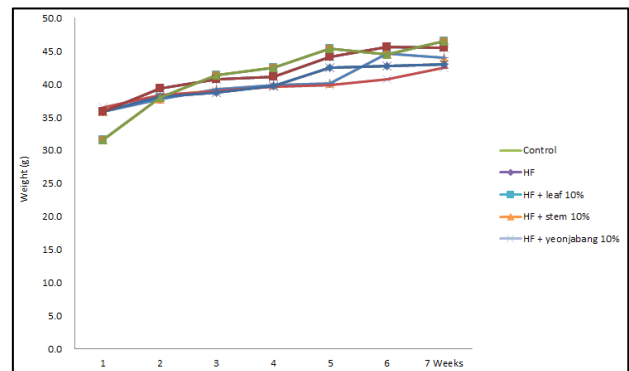


Fig 1. The rate of weight change in mice. HF: high-fat diet

흰쥐의 체중증가율과 장기무게는 각각 Fig. 1과 Table 2에 제시하였다. 고지방식이와 고지방식이에 연의 추출물인 잎, 줄기, 연자방을 병행시켰을 때, 흰쥐의 체중증가율과 흰쥐의 간, 비장, 신장의 장기무게는 군 간에 유의성이 없었다.

3. 혈중 지질 농도

흰쥐의 혈중 지질 농도는 Table 3에 제시하였다. HF군과 비교하여 HF+leaf군, HF+stem군 및 HF+yeonjabang군에서 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 유의한 차이가 없었다. 흰쥐의 혈중 HDL-콜레스테롤 농도는 HF군에 비해 HF+stem군에서 185.00±14.14 mg/dL로 높은 수치를 보였으나, 전체적으로 군 간의 유의한 차이는 없었다.

혈중 중성지방 농도는 HF군이 146.43±38.81 mg/dL로 높은 반면에, HF+leaf군은 135.00±44.30 mg/dL, HF+stem군은 115.83±27.46 mg/dL, HF+yeonjabang군은 98.00±17.18 mg/dL 순으로 유의하게 낮은 수치를 보였으며, 특히 HF+yeonjabang군에서 유의하게 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). 허준이 지은 동의보감에서는 연자방은 맛이 달고, 오장을 보호하고, 갈증과 이질을 멈추고, 불면증과 신경 안정에 효과적이라고 서술하고 있다. Mkadmini 등(2016)은 *Zizyphus lotus* fruit속에 uronic acid 함량과 항산화 효과가 높다고 보고하였다. Lee 등(2015)의 연구에

Table 3. Serum lipid levels and atherogenic index (AI) in mice

Variables	Control	HF	HF+leaf	HF+stem	HF+yeonjabang	Total	Significance
Total cholesterol (mg/dL)	178.33±29.30 ¹⁾	171.43±28.97	182.00±22.53	190.83±22.68	179.00±44.64	180.19±28.69	NS ²⁾
HDL-cholesterol (mg/dL)	178.33±29.30	167.86±29.28	174.00±17.10	185.00±14.14	177.00±40.87	175.96±25.85	NS
LDL-cholesterol (mg/dL)	21.67±5.77	15.71±1.89	20.00±6.12	25.00±10.49	19.00±8.94	20.00±7.48	NS
Triglyceride (mg/dL)	131.67±52.04 ^{ab}	146.43±38.81 ^b	135.00±44.30 ^{ab}	115.83±27.46 ^{ab}	98.00±17.18 ^a	126.15±37.53	0.05 ³⁾
AI	0	0.02	0.05	0.03	0.01	0.02	-

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ NS: statistically no significant difference at $p < 0.05$ by ANOVA-test

³⁾ Significant at $p < 0.05$ by ANOVA-test

HDL-cholesterol: high density lipoprotein-cholesterol, LDL-cholesterol: low density lipoprotein-cholesterol, AI=(Total cholesterol - HDL-C)/HDL-C, HF: High fat diet, Total: The mean±S.D. for the entire experimental groups

서는 연잎 추출물을 섭취한 그룹에서 8주 후, 혈중 중성지방 수치가 현저히 낮아졌다고 보고하였다. 이와 같은 양상으로 본 연구에서는 고지방식이에 연잎 분말가루를 투여한 군에서 중성지방 수치가 낮아진 것을 확인할 수 있었으며, 특히 연지방 분말가루를 투여한 군에서는 혈중 중성지방 수치가 더 낮은 것으로 나타났다. Lee & Lee(2011)의 연구에서는 혈중 중성지방의 경우, 고지방식이에 체중 대비 연잎 추출물 고형분 120 mg 투여군에서 낮은 수치를 보였고, HDL-콜레스테롤 대비 LDL-콜레스테롤 수치를 표현한 AI의 경우 고지방군이 유의적으로 가장 높은 값을 나타내어 연잎 추출물이 흰쥐 혈청 내 콜레스테롤 수치와 조성에 영향을 주었다고 보고하였다. 또한 간 조직 내의 지질 함량에 관한 보고에서는 고지방식이에 체중 대비 연잎 추출물 고형분 120 mg 투여군에서 콜레스테롤과 중성지방 수치가 현저히 낮았다고 강조하였다 (Lee & Lee 2011). Du 등(2010a)의 연구에 의하면 비만 쥐에 연잎추출물만 섭취시킨 것보다는 연잎추출물에 타우린을 첨가하여 섭취시켰을 때 항비만성과 hypolipidemic 효과가 높았

으며, 혈중 중성지방과 LDL-콜레스테롤 수치가 낮다고 보고하였다. 또한 연잎에는 alkaloids, flavonoids, triterpenoids, polyphenols, steroids 그리고, glycosides 등의 물질이 다양하게 함유되어 있다고 강조하였다(Du 등 2010a). 연잎과 비교하여 녹차의 항비만효과를 연구한 Sin 등(1997)의 보고에 따르면, 고지방식이에 녹차를 첨가하여 흰쥐에게 섭취 시 섭취량에 따라 혈청 내 총콜레스테롤 함량이 감소하였고, HDL-콜레스테롤이 증가하였으며, 중성지방이 감소하는 결과를 얻었고, 이는 체중증가 억제율과 비례함을 나타낸다고 강조하였다.

4. 혈액 내 생화학적 분석

흰쥐의 혈액 내 생화학적 분석 결과는 Table 4에 제시하였다. 혈중 인지질 농도는 HF군에서 447.86±48.43 mg/dL였으나, HF+stem군과 HF+yeonjabang군에서는 각각 370.50±81.23 mg/dL와 304.80±103.02 mg/dL로 유의하게 낮았다($p < 0.05$). 이는 연줄기와 연지방에 함유된 다양한 항산화물질의 작용으로 효소의 활성 등에 영향을 미쳐 고지방식으로부터 높아진

Table 4. Comparison of liver function test, insulin and leptin level in mice

	Control	HF	HF+leaf	HF+stem	HF+yeonjabang	Total	Significance
Phospholipid (mg/dL)	241.00±102.81 ^{a1)}	447.86±48.43 ^c	448.80±57.53 ^c	370.50±81.23 ^{bc}	304.80±103.02 ^{ab}	378.81±103.25	0.05 ²⁾
ALP (U/L)	41.67±2.89	41.43±8.02	44.00±19.81	45.83±6.65	38.00±4.47	42.31±9.92	NS ³⁾
AST (U/L)	108.33±82.50	129.00±54.70	108.75±34.25	154.00±50.55	162.00±130.36	135.68±74.90	NS
ALT (U/L)	21.67±2.89	21.00±2.24	35.00±33.54	39.17±37.34	22.00±2.74	28.75±23.83	NS
LDH (U/L)	661.67±395.17	669.00±310.83	913.75±303.68	1,044.00±324.99	953.75±442.27	858.10±353.63	NS
Insulin (ng/dL)	0.82±0.92	1.75±1.09	1.57±0.54	0.87±0.64	0.71±0.37	1.21±0.84	NS
Leptin (ng/dL)	1.92±1.41 ^{ab}	3.00±1.35 ^{ab}	3.66±1.99 ^b	2.71±1.41 ^{ab}	1.34±0.52 ^a	2.62±1.52	0.05

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ Significant at $p < 0.05$ by ANOVA-test

³⁾ NS: Statistically no significant difference at $p < 0.05$ by ANOVA-test

HF: High-fat diet, ALP: Alkaline phosphatase, AST: Aspartate aminotransferase, ALT: Alanine aminotransferase, LDH: Lactate dehydrogenase, Total: The mean±S.D. for the entire experimental groups

혈중의 인지질 농도를 낮춘 것으로 사료된다. 장기의 세포변성이나 괴사를 반영하며(Choi 등 2016), 특히 간질환과 심질환의 유력한 지표로 널리 이용되는 효소인 Alkaline phosphatase (ALP), Aspartate aminotransferase(AST), Alanine aminotransferase (ALT), Lactate dehydronase(LDH)는 본 연구에서는 고지방식이에 따라 혈중 변화는 없었다.

혈중 인슐린 농도는 HF군에서 1.75 ± 1.09 ng/dL로 높았고, HF+stem과 HF+yeonjabang군에서는 각각 0.87 ± 0.64 ng/dL와 0.71 ± 0.37 ng/dL로 낮은 경향을 보였지만, 군 간의 유의한 차이는 없었다. 그러나 연줄기와 연자방 분말가루가 함유된 식이에 의해 인슐린 민감도와 저항성의 개선의 가능성은 있다고 판단된다. 인슐린은 간에서 포도당 신생작용과 당 분해를 억제하여 포도당 생성을 막으며, 말초조직에서 포도당 이용을 증가시킨다(Choi 등 2009). Hong 등(2001)의 연구에서도 흰쥐에 고지방식이를 섭취시켰을 때 혈중 인슐린 농도가 증가하였으며, 흰쥐의 주령에 따른 고지방식이에 따라 혈청 내 인슐린 증가가 내장 지방량의 증가와 관련되어진다고 보고하였다. Ko 등(2006) 연구에서는 백련 뿌리와 조릿대 물추출물은 인슐린 작용을 향상시키는 효능이 있으며, 백련잎 물추출물은 α -amylase를 억제하여 탄수화물의 소화 흡수 작용을 지연시켰다고 보고하였다.

흰쥐의 혈중 렙틴의 농도는 HF군에서 3.00 ± 1.35 ng/dL로 가장 높았으며, HF+yeonjabang군에서는 1.34 ± 0.52 ng/dL로 유의하게 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$). 또한 본 연구에서 고지방식이 섭취 시 인슐린 분비가 증가함과 동시에 렙틴의 수치도 크게 상승한 것으로 나타났으며, 고지방식이에 연자방 분말가루를 첨가한 군에서는 인슐린 분비와 렙틴의 분비가 낮아진 것을 확인할 수 있었다. 즉, 본 연구에서 HF+stem군과 HF+yeonjabang군에서 혈중 인슐린과 렙틴의 농도가 감소되었는데, 이는 고지방식이에서 연줄기와 연자방이 혈당상승을 억제하는 효과를 나타내는 것으로 사료된다. 혈청 렙틴은 비만도를 객관적으로 나타내는 혈액지표로서 중요성이 강조되고 있다(Kim 등 2001). 설치류에서 나타나는 비만의 원인으로 렙틴, 렙틴 수용체 및 carboxypeptidase E 유전자의 변이가 발견되었고, 이는 인간에게서도 발견되었다고 보고되고 있다(Hong 등 2001). 선행연구(Considine 등 1996; M Guerre-Millo 1997; Castracane 등 1998; Lin 등 1998; Hong 등 2001; Lee 등 2007)에서 렙틴은 체중 및 체지방량과 상관관계가 있고, 고지방식이 섭취 시 렙틴의 발현이 증가되며, 혈중 렙틴의 농도가 증가한다고 보고되었다. 본 연구에서 고지방식이에 따라 혈청의 렙틴 수준의 변화를 확인할 수 있었는데, 이는 선행연구(Hong 등 2001)에서도 이미 제시했듯이, 렙틴이 신체 내 영양상태를 전달하는 호르몬으로 체지방의 변화에 따라서 작용함을 나타낸다는 보고와 일치하였다. 고지방식이에 따라

유도된 체내 영양상태는 지방세포에 지방이 다량 축적됨으로써 생성이 증가된 렙틴이 혈중으로 분비되어 식욕과 발열 반응, 에너지 소비율 등을 조절한다고 보고하고 있다(Hong 등 2001). 다양한 선행연구(Havel 등 1996; Havel PJ 2000; Hong 등 2001; Lee 등 2007; Choi 등 2016)에서는 혈중 인슐린 농도와 혈중 렙틴 농도가 상관관계가 있다고 보고하고 있으며, 본 연구에서도 고지방식이 섭취 시 혈중 인슐린 농도와 혈중 렙틴의 농도가 비슷한 변화 양상을 보였다.

결론 및 요약

본 연구는 고지방식이와 병행 섭취한 연잎, 연 줄기, 연자방 분말가루가 흰쥐의 혈중 인자에 미치는 영향에 대해 알아보고자 시행하였다.

1. 연잎의 수분 함량은 $9.47 \pm 0.30\%$, 조회분은 $8.25 \pm 0.39\%$, 조단백질은 $21.45 \pm 1.25\%$ 및 조지방은 $2.21 \pm 0.13\%$ 로 나타났다. 연 줄기의 수분 함량은 $11.84 \pm 0.43\%$, 조회분은 $10.21 \pm 0.64\%$, 조단백질은 $17.55 \pm 0.92\%$ 및 조지방은 $4.16 \pm 0.23\%$ 로 나타났다. 또한 연자방의 수분 함량은 $11.86 \pm 0.50\%$, 조회분은 $6.81 \pm 0.51\%$, 조단백질은 $18.71 \pm 1.02\%$ 및 조지방은 $3.95 \pm 0.15\%$ 으로 나타났다.

2. 혈중 중성지방 농도는 HF군이 146.43 ± 38.81 mg/dL로 높은 반면에, HF+leaf군은 135.00 ± 44.30 mg/dL, HF+stem군은 115.83 ± 27.46 mg/dL, HF+yeonjabang군은 98.00 ± 17.18 mg/dL 순으로 유의하게 낮은 수치를 보였으며, 특히 고지방식이에 연자방 분말가루를 10% 첨가한 군에서 유의하게 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$).

3. 혈중 고지방식이를 섭취할수록 혈중 인슐린과 렙틴의 농도는 증가하였고, 흰쥐의 혈중 렙틴의 농도는 HF군에서 3.00 ± 1.35 ng/dL로 가장 높았으며, HF+yeonjabang군에서는 1.34 ± 0.52 ng/dL로 유의하게 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$).

본 연구에서 연잎, 연 줄기, 연자방 분말가루 중 고지방식이에 연자방 분말가루가 혈중 중성지방 농도와 혈중 렙틴의 수치를 조절하는데 있어서 효과적이었다. 따라서 과학적인 연구 근거를 통해 연자방도 연잎, 연근, 연씨와 더불어 기능성 식품으로의 개발을 활발히 유도할 필요가 있다고 사료된다.

References

- Bhat R, Sridhar KR. 2008. Nutritional quality evaluation of electron beam-irradiated lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds. *Food Chem* 107:174-184
- Borsch T, Barthlott W. 1994. Classification and distribution of the genus *Nelumbo adans* (Nelumbonaccae). *Beitr Biol Pflanzen*

- 68:421-450
- Byun BH, Moon KS, Song YS. 2005. Chinese Nutritional Food. Shinil Sangsa Co., Ltd., Seoul, Korea. p 98-99
- Castracane VD, Kraemer RR, Franken MA, Kraemer GR, Gimpel T. 1998. Serum leptin concentration in women: Effect of age, obesity, and estrogen administration. *Fertil Steril* 70: 472-477
- Chiang PY, Luo YY. 2007. Effects of pressurized cooking on the relationship between the chemical compositions and texture changes of lotus root (*Nelumbo nucifera* Gaertn). *Food Chem* 105:480-484
- Cho JE, Yoo GY, Lee MA, Chung YB, Yang JH, Han ES, Seo HY. 2012. Characteristics of lotus and lance Asia bell as ingredients of kimchi. *Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1144-1150
- Cho WK, Choi JH. 2007. Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. *Korean J Nutr* 40:24-30
- Choi CS, Kim YW, Lee HS, Yoon TH, Cho BM, Lee SI, Kim SS, Hwang IK. 2009. Effects of zinc plus arachidonic acid on insulin resistance in high fructose-fed rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:415-422
- Choi KS, Kim YH, Kim SO, Shin KO, Chung KH. 2013a. Effect of intake of sponge gourd (*Luffa cylindrica*) seed oil and Yukdomok (*Chionanthus retusa* L.) seed oil on lipid levels of blood and organs of a mice. *Food Sci Biotechnol* 22: 757-763
- Choi KS, Kim YH, Shin KO. 2016. Effect of mulberry extract on the lipid profile and liver function in mice fed a high fat diet. *Korean J Food & Nutr* 29:411-419
- Choi KS, Shin KO, Kim YH, Yoo IS, Jeong H, Kim KS, Lee JS. 2013b. The effect of *Prunus sargentii* R. seed oil on the lipid profile in serum in mice. *Korean J Food & Nutr* 26:670-677
- Chouaibi M, Mahfoudhi N, Rezig L, Donsi F, Ferrari G, Hamdi S. 2012. Nutritional composition of *Zizyphus lotus* L. seeds. *J Sci Food Agric* 92:1171-1177
- Chung KH, Hwang HJ, Shin KO, Jeon WM, Choi KS. 2013. Effects of perilla oil on plasma concentrations of cardio-protective (n-3) fatty acids and lipid profiles in mice. *Nutr Res Pract* 7:256-261
- Considine RV, Sinha MK, Heiman ML, Kriauciunas A, Stephens TW, Nyce MR, Ohamesian JP, Marco CC, McKee LJ, Bauer TL, Caro JF. 1996. Serum immunoreactive-leptin concentrations in normal-weight and obese humans. *N Engl J Med* 334: 292-295
- Dahlgren R, Rasmussen FN. 1983. Monocotyledon evolution characters and phylogenetic estimation. *J Evol Biol* 16:255-265
- Du H, You JS, Zhao X, Park JY, Kim SH, Chang KJ. 2010a. Antiobesity and hypolipidemic effects of lotus leaf hot water extract with taurine supplementation in rats fed a high fat diet. *J Biomed Sci* 24;17 Suppl 1:S42
- Du H, Zhao X, You JS, Park JY, Kim SH, Chang KJ. 2010b. Antioxidant and hepatic protective effects of lotus root hot water extract with taurine supplementation in rats fed a high fat diet. *J Biomed Sci* 17:S39
- Han KY, Yoon SJ. 2007. Quality characteristics of lotus leaf *jeolpyun* during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1604-1611
- Han SJ, Koo SJ. 1993. Study on the chemical composition in bamboo shoot, lotus root and burdock-free sugar, fatty acid, amino acid and dietary fiber contents. *Korean J Soc Food Sci* 9:82-87
- Havel PJ, Kasim-Karakas S, Mueller W, Johnson PR, Gingerich RL, Stern JS. 1996. Relationship of plasma leptin to plasma insulin and adiposity in normal weight and overweight women: Effects of dietary fat content and sustained weight loss. *J Clin Endocrinol Metab* 81:4406-4413
- Havel PJ. 2000. Role of adipose tissue in body-weight regulation: Mechanisms regulating leptin production and energy balance. *Proc Nutr Soc* 59:359-371
- Hong KH, Kang SA, Kim SH, Choue RW. 2001. Effects of high fat diet on serum leptin and insulin level and brown adipose tissue UCP 1 expression in rats. *Korean J Nutr* 34:865-871
- Jung HA, Kim JE, Chung HY, Choi JS. 2003. Antioxidant principles of *Nelumbo nucifera* Stamens. *Arch Pharm Res* 26:279-285
- Kim HS, Lee CH, Oh JW, Lee JH, Lee SK. 2011. Quality characteristics of sponge cake with added lotus leaf and lotus root powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1285-1291
- Kim MH, Lee YS, Lee DH, Park HS, Sung CJ. 2001. The study of relation among serum copper, zinc, leptin and lipids of middl-school girls. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:540-546
- Kim SB, Rho SB, Rhyu DY, Kim DW. 2005. Effect of *Nelumbo nucifera* leaves on hyperlipidemic and atherosclerotic bio FIB hamster. *Korean J Pharmacogn* 36:229-234
- Ko BS, Jun DW, Jang JS, Kim JH, Park SM. 2006. Effect of *Sasa borealis* and white lotus roots and leaves on insulin

- action and secretion *in vitro*. *Korean J Food Sci Technol* 38:114-120
- Lee K, Kim J, Lee N, Park S, Cho H, Chun Y. 2015. Effects of potato and lotus leaf extract intake on body composition and blood lipid concentration. *J Exerc Nutr Biochem* 19: 25-30
- Lee KS, Kim MG, Lee KY. 2006a. Antioxidative activity of ethanol extract from lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:182-186
- Lee KS, Kwon YJ, Lee KY. 2008. Analysis of chemical composition, vitamin, mineral and antioxidative effect of the lotus leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1622-1626
- Lee KS, Lee KY. 2011. Effect of lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf extract on serum and liver lipid levels of rats fed a high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1544-1547
- Lee KS, Oh CS, Lee KY. 2006b. Antimicrobial effect of the fractions extracted from a lotus (*Nelumbo nucifera*) leaf. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:219-223
- Lee YS, Park MJ, Choi JE, Kim JY, Nam MS, Jeong YH. 2007. Effects of silk protein hydrolysates on blood glucose level, serum insulin and leptin secretion in OLETF rats. *J Korean Soc of Food Sci Nutr* 36:703-707
- Lin X, Chavez MR, Bruch RC, Kilroy GE, Simmons LA, Lin L, Braymer HD, Bray GA, York DA. 1998. The effects of a high fat diet on leptin mRNA, serum leptin and the response to leptin are not altered in a rat strain susceptible to high fat diet-induced obesity. *J Nutr* 128:1606-1613
- Ling ZQ, Xie BJ, Yang EI. 2005. Isolation, characterization and determination of antioxidative activity of oligomeric procyanidins from the seedpod of *Nelumbo nucifera* Gaertn. *J Agric Food Chem* 53:2441-2445
- M Guerre-Millo. 1997. Regulation of ob gene and overexpression in obesity. *Biomed & Pharmacother* 51:318-323
- Martinek RG. 1972. A rapid ultraviolet spectrophotometric lactic dehydrogenase assay. *Clin Chim Acta* 40:91-99
- Mkadmini Hammi K, Hammami M, Rihouey C, Le Cerf D, Ksouri R, Majdoub H. 2016. Optimization extraction of polysaccharide from Tunisian *Zizyphus lotus* fruit by response surface methodology: Composition and antioxidant activity. *Food Chem* 1:76-84
- Moon SM, Kim HJ, Ham KS. 2003. Purification and characterization of polyphenol oxidase from lotus root (*Nelumbo nucifera* G.). *Korean J Food Sci Technol* 35:791-796
- Mukherjee P, Mukherjee D, Maji A, Rai S, Heinrich M. 2009. The sacred lotus (*Nelumbo nucifera*)-phytochemical and therapeutic profile. *J Pharm Pharmacol* 61:407-422
- Na MK, An RB, Lee SM, Hong ND, Yoo JK, Lee CB, Kim JP, Bae KH. 2001. Screening of crude drugs for antioxidative activity. *Korean J Pharmacogn* 32:108-115
- National Rural Resources Development Institute, R.D.A. 2007. Food Composition Table I. 7 Revision. pp 92, pp 142, pp 362
- Park BH, Jeon ER, Kim SD, Cho HS. 2009. Changes in the quality characteristics of Lotus root pickle with beet extract during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1124-1129
- Park KJ, Jeong JW, Lim JH, Kim BK, Jeong SW. 2008. Quality changes in peeled lotus roots immersed in electrolyzed water prior to wrap- and vacuum-packaging. *Korean J Food Preserv* 15:622-629
- Rai S, Wahile A, Mukherjee K, Pada Saha B, Mukherjee PK. 2006. Antioxidant activity of *Nelumbo nucifera* (sacred lotus) seeds. *J Ethnopharmacol* 104:322-327
- Reitman S, Frankel S. 1957. A colorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases. *Am J Clin Pathol* 28:56-63
- Rudel L, Morris MD. 1973. Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde. *J Lipid Res* 14:364-366
- Sin MK, Han SH, Han GJ. 1997. The Effects of green tea on the serum lipid and liver tissue of cholesterol fed rats. *Korean J Food Sci Technol* 29:1255-1263
- Yang D, Wang Q, Ke L, Jiang J, Ying T. 2007a. Antioxidant activities of various extracts of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn) rhizome. *Asia Pac J Clin Nutr* 16:158-163
- Yang HC, Heo NC, Cheol KC, Ahn YJ. 2007b. Nutritional composition of white-flowered and pink-flowered lotus in different parts. *Korean J Food Sci Technol* 39:14-19
- Yi Y, Sun J, Xie J, Min T, Wang LM, Wang HX. 2016. Phenolic profiles and antioxidant activity of lotus root varieties. *Molecules* 30;21(7). pii: E863. p1-12
- Yook CS. 1989. A Pictorial Book for Korean Curative Herb. Academy Co., Ltd., Seoul, Korea. pp 219-230
- Yuk CS. 1990. Coloured Medicinal Plants of Korea. Academy Book Co., Seoul, Korea. pp 219-230
- Zhu M, Liu T, Guo M. 2016. Current advances in the metabolomics study on lotus seeds. *Front Plant Sci* 20:1-9