pISSN 1225-4339 eISSN 2287-4992
Korean J. Food Nutr. Vol. 30. No. 1, 148~155 (2017)
https://doi.org/10.9799/ksfan.2017.30.1.148

THE KOREAN JOURNAL OF
한국식품영양학회지
FOOD AND NUTRITION

도토리의 일반성분 분석 및 도토리 추출물과 고지방 식이의 병행섭취 시 흰쥐 체내에서 혈중 지질인자와 사이토카인에 미치는 영향

제해종 · 정태환* · †신경옥**
삼육대학교 신학과, *삼육대학교 동물생명자원학과, **삼육대학교 식품영양학과

Analysis of the General Components of Acorns and Effects of Acorn Extracts and High-Fat Diet Supplements on the Blood Lipid Factor and Cytokine Levels in Mice

Haejong Je, Tae-Hwan Jung* and †Kyung-Ok Shin**
Dept. of Theology, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea
**Dept. of Animal Biotechnology and Resource, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea*
***Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 01795, Korea*

Abstract

This study aimed to investigate the effect of acorn powder and starch on the blood parameters of mice fed a high-fat diet. The moisture, crude ash, crude protein, and crude fat contents of acorns were 37.99±0.37%, 1.61±0.06%, 4.36±0.18% and 3.22±0.15%, respectively. Acorn powder and starch contains antioxidant minerals such as selenium and zinc. The iron content was significantly higher in acorn powder than in acorn starch (p<0.05). The total cholesterol concentration was 148.50±29.72 mg/dL in the high-fat starch diet (HFS) group, while in the high-fat diet (HF) group it was 201.50±39.15 mg/dL (p<0.05). Serum LDL-cholesterol concentrations were significantly lower in the HFS group (50.50±10.79 mg/dL) than in the HF group (62.00±20.85 mg/dL; p<0.05). The serum IL-1β levels in mice were not significantly different between the groups. IL-10 levels were higher in the HFP group than other groups. There is a need for strong recognition that acorns are good ingredients worldwide. It is required to develop various products using acorn powder and starch powder. There is also a need for a strategy to globalize food using acorns.

Key words: mineral composition, cholesterol, LDL-cholesterol, IL-1β, IL-10

서 론

도토리는 우리나라 전역에 분포되어 있으며, 참나무속(*Genus querus*) 열매로 청강수, 자목 등으로 불리운다. 도토리 모양은 구형, 난형, 타원형 등이 있으며, 크기도 매우 다양하다(Je & Shin 2016). 겉은 단단하고 매끄러운 껍질로 되어 있고, 그 속에 커다란 씨 1개가 들어 있다(Je & Shin 2016). 과실은 식용으로 묵, 전분, 국수 등을 만드는데 이용하며(Lee 등 2005; Je & Shin 2016), 약용으로는 위장병, 대장염, 인후염, 구내염, 산기 및 설사 등과 같은 증상의 치료제로 사용되었다고 보고되었다(Lee & Kim 2008; Lee 등 2013; Je & Shin 2016). 도토리에는 전분이 65~69% 함유되어 있고, 도토리의 떫은맛과 갈변 현상은 폴리페놀화합물 중 주로 가수분해형 타닌에 의한 것이며(Lee 등 2005), gallic acid, digallic acid, gallotannin 등의 항산화 성분도 다량 함유하고 있다는 보고와 함께 기능성 식품으로써 건강에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kim BN 1995; Shim 등 2004; Yang 등 2011a; Zeng 등 2014; Je & Shin 2016).

도토리에 관한 연구로는 Lee 등(2005)이 제시한 것처럼 도토리 전분 및 도토리묵에 대한 이화학적, 물리적, 관능적 특

† 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

성에 관한 연구(Kim TA 1992), 도토리 추출물이 체내 지질 대사 및 항산화효소에 미치는 영향(Sung 등 1997), 비만에 대한 도토리 식이의 영향(Kang 등 2004), 흰쥐 체내에서 도토리의 항산화 물질의 기능(Lee 등 2013) 등이 보고되고 있다. 그러나 도토리 열매를 과학적인 근거를 바탕으로 전 세계적으로 섭취할 수 있는 기능성 식품으로의 정착화 시킬 수 있는 다양하게 활용할 수 있는 자료는 아직까지 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 도토리의 일반성분과 무기질 성분을 분석하고, 고지방식이와 병행 섭취한 도토리 분말 및 전분가루가 흰쥐의 혈중 지질인자와 사이토카인에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 도토리 채취

도토리는 불암산 근처에서 2015년 9월 중순부터 10월 중순까지 한 달간 채취하였다. 채취된 도토리는 동결 건조시킨 후, 분쇄하여 분말로 만들어 시료로 사용하기 전까지 냉동 보관하였다. 이 분말 중 일부는 물에 가라앉혀서 전분을 분리 및 채취하였다.

2. 일반성분과 무기질 분석

도토리 분말가루의 수분함량 측정은 105℃ 건조법에 의해 분석하였고, 조단백질 함량 측정은 Kjeldahl법에 의하여 조단백 자동분석장치(Kjeltec TM 2300, FOSS, Höganäs, Sweden)로 측정하였다(Choi 등 2016). 회분함량은 직접회화법으로 도가니의 항량을 구하고, 시료 2 g을 취하여 회화로에서 550℃에서 1시간씩 여러 번 회화한 후, desiccator에서 30분씩 방냉하여 항량을 구하고, 회화 전·후의 항량 차로써 조회분량을 산출하였다(Choi 등 2016). 조지방의 정량은 Soxhlet법에 의하여 측정하였다(Choi 등 2016). 도토리 분말가루와 전분가루의 무기질 중 구리, 아연, 철, 셀레늄 및 망간의 함량 분석은 Lee & Lee(1999)의 연구에서 제시한 방법에 따라 원자흡광광도계(Atomic absorption spectrophotometer, Shimadzu, AA-6401F, Japan)을 이용하여 측정하였다.

3. 실험동물 사육조건 및 실험설계

실험동물은 (주)한림실험 동물로부터 분양 받아 ICR-mouse 8주령 수컷을 성숙기 모델로 잡아 실험군당 7마리씩을 사용하였다(Shin 등 2015). 실험동물은 시판 고형식이(PicoLab® Rodent Diet)로 일주일간 적응시킨 다음, 무게에 따라 완전임의 배치한 후, 식이와 물을 공급해 주면서 사육하였다(Shin 등 2015). 실험기간 동안 동물실험실의 습도 40~60%, 실내온도 20±2℃를 항상 유지시켰고, 명암은 11±1시간을 주기로 조절하였다(Shin 등 2015). 실험기간은 2016년 2월 22일부터 2016년 5월 16일까지이며, 총 12주간씩 실시하였다. 본 실험동물(Approved number; SYUIACUC 2016-004) 과정은 삼육대학교 동물실험윤리위원회(IACUC: Institutional Animal Care and Use Committees)의 지침에 따라 수행하였다.

4. 동물사료 조성에 따른 군의 분류

Choi 등(2013)의 연구에서 제시된 방법을 사용하여 사료 조성은 무게 비율로 하였다. 대조군은 starch+sucrose+glucose+fructose+lactose를 포함하는 탄수화물 60%를 기준으로 단백질 21%, 지질 13%(면실유), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다(Choi 등 2013). 고지방식이군(high-fat diet groups: HF groups)은 탄수화물 53%, 단백질 21%, 지질 20%(면실유), 비타민 1%, 무기질 3% 및 섬유질 2%로 구성하였다(Choi 등 2013). 고지방식이에 각각 도토리 분말가루와 도토리 전분가루를 첨가한 실험군(high-fat powder groups: HFP, high-fat starch groups: HFS)의 사료 조성은 무게 비율로 하여 탄수화물 43%와 도토리 분말가루와 전분가루를 각각 10% 기준으로 하였으며, 단백질 21%, 지질 20%(면실유)를 사용하였다. 또한 각종 비타민, 무기질 및 섬유질의 함량은 대조군에 사용된 식이조성과 같이 각각 1%, 3% 및 2%로 첨가하여 구성하였다(Choi 등 2013).

5. 평균 체중 및 장기 무게

본 연구에서 흰쥐의 체중은 일주일에 한 번씩 총 12주간 동안 측정하였다. 각 군들의 실험동물은 희생 12시간 전부터 절식하였고, 에테르로 마취시켜 복부를 절개한 뒤 간, 비장, 신장의 장기를 적출하여 생리식염수에 씻은 후에 중량을 측정하였다(Shin 등 2015).

6. 혈액 채취

실험동물은 에테르로 마취시킨 후, 복부를 절개하여 주사기를 이용하여 심장에서 채혈하였다(Shin 등 2015). 채취한 혈액은 혈청을 분리하기 위해 1시간 정도 4℃ 냉장실에 보관한 후에 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm/15 min으로 원심분리하였다(Shin 등 2015). 분리된 혈청은 각각 100 μL씩 micro tube에 넣어 본 실험에 사용되기 전까지 −30℃ 냉동고에서 보관하였다(Shin 등 2015).

7. 혈중 지질 농도 분석

1) 총콜레스테롤 분석

혈청 총콜레스테롤 함량은 Cho & Choi(2007)와 Rudel &

Morris의 연구에서 제시된 방법(1973)에 따라 측정하였다. 시료 0.1 mL에 33% KOH 용액 0.3 mL와 95% 에탄올 3.0 mL를 첨가한 다음, 15분 동안 60℃ 수조에서 가열시켜 다시 냉각하였다. 헥산 5.0 mL와 증류수 3.0 mL를 첨가한 다음 1분간 잘 혼합한 후, 층을 분리하여 1.0 mL의 헥산층을 분취하였다. 헥산층을 질소로 농축하여 건조시키고, o-phthaldehyde 시약 2.0 mL를 첨가하여 혼합하였으며, 황산(발색시약)을 10분 후에 1.0 mL를 첨가하였다. 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Korea)를 사용하여 흡광도를 550 nm에서 측정하고, 표준검량선에 따라 콜레스테롤의 함량을 정량하였다.

2) HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 분석

Cho & Choi(2007)의 방법을 참고하여 혈청 중의 HDL-콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 함량의 측정은 각각 HDL-콜레스테롤(HDL-C 555, Eiken Co., Japan)과 LDL-콜레스테롤(BLF, Eiken Co., Japan) Kit 시약을 사용하였다. HDL-콜레스테롤은 시험관에 혈청 0.3 mL와 침전시약 0.3 mL를 넣어 잘 섞어 실온에 10분간 두었다가 원심분리 하였다. 상층액 50 μL, 표준용액(100 mg/dL) 50 μL 및 blank로 증류수 50 μL에 각각 HDL 발색시약 3.0 mL씩을 첨가하여 혼합한 후에 37℃ 수조상에서 5분간 가온시켰다. Blank를 대조로 하여 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Korea)를 사용하여 흡광도를 555 nm에서 측정하여 HDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다. LDL-콜레스테롤은 시험관에 혈청 0.1 mL, 표준혈청 0.1 mL를 넣고, 여기에 BLF kit 시약 Ⅰ 및 Ⅱ를 각각 4.0 mL씩 넣은 후 5초간 잘 혼합한 다음, 실온(25±3℃)에서 25분간 방치하였다. 증류수를 대조로 하여 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Korea)를 사용하여 흡광도를 650 nm에서 측정하여 LDL-콜레스테롤의 함량을 정량하였다.

3) 중성지질 분석

혈청 중의 중성지질은 Cho & Choi(2007)를 참고하여 TG kit(Sigma Co., USA) 시약을 사용하여 분석하였다. 혈청 10 μL, 표준용액(300 mL/dL) 10 μL 및 blank로 탈이온수 10 μL에 TG kit 시약 1.0 mL씩을 첨가하고 잘 섞은 다음에 37℃ 수조상에서 5분간 반응시켰다. 분광광도계(Spectrophotometer; Human corporation, Korea)를 사용하여 흡광도를 540 nm에서 측정하여 중성지질의 함량을 정량하였다.

8. 혈액 내 IL-1β와 IL-10 분석

Kang 등 (2015)의 연구에서 제시한 방법에 의해 다음과 같이 분석을 실시하였다. 흰쥐에서 분리한 혈청을 24-well plate에 5×10^6 cells/well이 되도록 분주하고, 1 μg/mL의 ConA를 첨가하여 48시간 동안 배양하였다. 배양액에 유리된 IL-1β와 IL-10의 양을 ELISA kit(R&D Systems, Minneapolis, MN, USA)를 이용하여 실험하였다. 96-well 플레이트에 capture antibody를 18시간 동안 부착시켰으며, 이것을 washing buffer(0.05% Tween 20 in phosphate buffered saline, pH 7.2~7.4)로 세척하였다. Reagent diluent(0.1% bovine serum albumin, 0.05% Tween 20 in Tris-buffered saline) 200 μL를 분주하여 실온에서 1시간 반응시켰다. 다시 washing buffer로 세척한 후, 각 IL-1β와 IL-10의 표준액 및 배양액을 50 μL 분주하여 실온에서 2시간 동안 반응시킨 후, washing buffer로 3회 세척한 후에 detection antibody를 100 μL 첨가하여 실온에서 2시간 동안 반응시켰다. 다시 세척한 후 horseradish peroxidase가 결합된 streptavidin을 100 μL 분주하여 20분간 어두운 곳에서 반응시켰다. 반응한 플레이트를 세척한 후, tetramethylbenzidine 용액을 넣고 다시 20분간 어두운 곳에서 반응시켰다. 2N H_2SO_4를(반응정지액) 50 μL 넣어 반응을 정지시킨 후, 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. IL-1β와 IL-10의 농도는 표준액을 사용하여 얻은 표준곡선에 따라 계산하였다.

9. 통계처리

모든 자료는 SPSS version 18.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 평균치 비교는 대응표본 T검정(*t*-test)과 일원분산분석(one-way ANOVA)방법에 따라 실시하였으며, 평균들 간 차이의 유의성 분석($p<0.05$)은 Duncan의 다중검정법에 의해 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분 및 무기질 분석

도토리 열매의 일반성분 및 무기질 분석 결과는 Table 1과 Table 2에 제시하였다. 도토리의 수분 함량은 37.99±0.37%, 조회분은 1.61±0.06%, 조단백질은 4.36±0.18% 및 조지방은 3.22±0.15%로 나타났다. 식품성분표(2007)에는 도토리 분말 가루의 일반성분의 함량은 가식부 100 g당 수분 함량은 13.8 g, 조

Table 1. General composition of acorn

Composition (%)	Acorn
Moisture	37.99±0.37[1)]
Crude ash	1.61±0.06
Crude protein	4.36±0.18
Crude fat	3.22±0.15

[1)] Mean±S.D.

Table 2. Contents of mineral composition in acorn

Composition (mg/100 g)	Acorn powder	Acorn starch	Significance
Copper	0.28±0.03[1)]	0.26±0.02	NS[2)]
Zinc	0.47±0.04	0.45±0.04	NS
Iron	1.97±0.23	1.78±0.17	0.05[3)]
Selenium	0.02±0.003	0.02±0.002	NS
Manganese	2.08±0.19	2.17±0.24	NS

[1)] Mean±S.D.
[2)] NS statistically no significant difference at $p<0.05$ by t-test
[3)] Significant at $p<0.05$ by t-test

회분은 0.3 g, 조단백질은 1.1 g 및 조지방은 1.1 g으로 제시되고 있으며, 도토리 녹말가루의 경우에는 일반성분의 함량은 가식부 100 g당 수분 함량은 18.5 g, 조회분은 0.2 g, 조단백질은 2.3 g 및 조지방은 1.7 g으로 제시되고 있다. Chae & Yu(1973) 연구에서는 청평 근교에 분포한 도토리의 일반성분은 조단백질이 7.3%, 수분이 6.5%, 회분이 3.4%, 조지방이 2.1%였으며, Kim & Shin(1975)의 연구에서는 수락산에서 채취한 도토리 가루의 경우 수분이 10.2%, 조단백질이 5.8%, 회분이 2.8%, 조지방이 1.1%라고 보고하였다. 또한 Lee 등(1992)은 충남 계룡산에서 채취한 도토리의 수분 함량은 11.8~12.1%, 단백질 7.1~7.4%, 전분 65.5~69.4%, 조지방 2.1~2.6%, 조섬유 2.1~3.6% 및 조회분 2.4~2.6%라고 보고하였다. Lee 등(2005)은 연구에서 도토리의 일반성분은 전분이 65~69%, 조단백질이 5.8~7.8%, 조지방이 1.1~5.0%, 조회분이 1.9~3.4%, 수분이 6.5~13.7% 및 타닌이 4.6~9.3% 함유되어 있다고 보고하고 있다. 또한 국가별로 비교해 보면(Yang 등 2011b), 국내산 도토리 전분가루의 경우, 수분이 13.28%, 탄수화물 84.27%, 조단백질 1.42%, 조지방 0.51%, 조회분 0.52%로 나타났고, 북한산의 일반성분 함량은 수분 5.67%, 탄수화물 91.55%, 조단백질 1.65%, 조지방 0.68%, 조회분 0.44%였으며, 중국산 도토리묵 제조용 조전분의 경우는 수분 12.41%, 탄수화물 85.51%, 조단백질 1.06%, 조지방 0.60%, 조회분 0.43%로 분석결과를 보고하였다. 본 연구에서는 분석된 도토리의 수분 함량이 다른 지역에서 채취해서 분석한 도토리의 수분 함량에 비해 2배 정도 높았는데, 이는 불암산 인근 제명호 호숫가 부근에서 채취한 도토리를 사용하여 일반성분을 분석하여 수분 함량이 높게 측정된 것으로 사료되며, 선행 연구(Yang 등 2011b)에서는 도토리의 일반성분의 함량은 원산지, 도토리의 수확시기, 지역적인 면, 도토리의 품종, 유통경로 및 보관방법 등에 따라 성분에 차이가 있다고 제시하고 있다.

도토리 열매의 무기질 성분은 100 g 당 분말가루에는 구리가 0.28±0.03 mg, 아연이 0.47±0.04 mg, 철이 1.97±0.23 mg, 셀레늄이 0.02±0.003 mg 및 망간이 2.08±0.19 mg 함유되어 있었으며, 전분가루에는 100 g 당 구리가 0.26±0.02 mg, 아연이 0.45±0.04 mg, 철이 1.78±0.17 mg, 셀레늄이 0.02±0.002 mg 및 망간이 2.17±0.24 mg 함유되어 있는 것으로 분석되었다. 특히 철의 함량은 도토리 전분가루에 비해 분말가루에서 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$). 식품성분표(2007)에는 도토리 분말 가루의 철의 함량이 100 g당 3.3 mg으로 제시되어 있다.

2. 평균 체중 및 장기 무게

흰쥐의 평균 체중과 장기 무게는 Fig. 1과 Table 3에 각각 제시하였다. 각 군의 체중은 실험시작 시에 평균 36.41 g부터 시작하였으며, 최종 무게는 대조군이 42.15±3.56 g(5.74 g 증가), HF군이 42.34±3.59 g(5.93 g 증가), HFP군이 42.43±3.78 g(6.02 g 증가) 및 HFS군이 43.25±3.56 g(6.84 g 증가)으로 나타났으며, 각 군 간의 유의한 차이는 없었다. 흰쥐의 장기 중 간, 비장, 신장의 무게를 군 간에 비교하였으나, 고지방식이에 따른 군 간의 유의한 차이는 없었다. 본 연구와 동일하게 Kim 등(2016)의 연구에서도 연의 추출물인 잎, 줄기, 연자방을 고지방식이와 병행 섭취시켰을 때, 흰쥐의 체중증가율 및 흰쥐의 간, 비장, 신장의 장기무게는 군 간에 유의성이 없었다고 보고하였다. Choi 등(2016)의 연구에서는 고지방식이 섭취군에 비해 고지방식이에 뽕잎가루 10%를 첨가한 군에서 체중증가율이 낮아진 경향을 볼 수 있었으나, 각 군 간에 유의한 차이는 없었다고 보고하였다. Lee 등(2003)의 연구에서도 streptozotocin의 투여로 당뇨를 유발시킨 당뇨쥐에서 체중 100 g당 간, 신장, 심장 및 지방조직의 무게는 실험군 사이에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. Awad 등(1990)은 연구

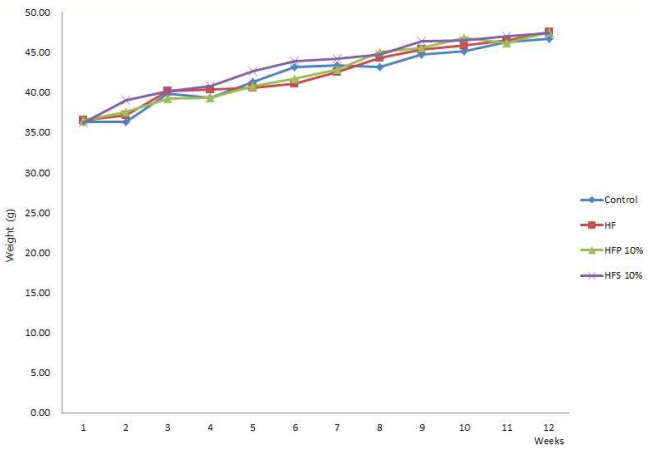

Fig. 1. Weight change in mice. [NS] statistically no significant difference at $p<0.05$ by ANOVA-test

Table 3. Weight of mice organs

Organ (g/100 g body wt.)	Control (n=7)	HF (n=7)	HFP (n=7)	HFS (n=7)	Significance
Liver	2.03±0,22[1)]	2.14±0.15	2.06±0.27	2.07±0.29	NS[2)]
Spleen	0.13±0.02	0.13±0.03	0.12±0.02	0.14±0.02	NS
Kidney	0.72±0.07	0.76±0.08	0.78±0.11	0.74±0.09	NS

[1)] Mean±S.D.
[2)] NS statistically no significant difference at $p<0.05$ by ANOVA-test
HF: high-fat diet, HFP: high-fat powder diet, HFS: high-fat starch diet

에서는 섭취한 식이 지방의 종류가 체중 증가에 큰 영향을 주지 않는다고 보고하였다.

3. 혈중 지질 농도

흰쥐의 혈중지질 농도는 Table 4에 제시하였다. 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤 농도는 HF군(201.50±39.15 mg/dL)에 비해 HFS군에서 148.50±29.72 mg/dL로 유의하게 낮았다($p<0.05$). LDL-콜레스테롤 농도는 HF군에서 62.00±20.85 mg/dL이었으나, HFS군에서는 50.50±10.79 mg/dL로 유의하게 낮았다($p<0.05$). 그러나 HDL-콜레스테롤과 중성지질은 군 간에 유의한 차이가 없었다. 선행연구(Yook 등 2002)에서 밤과 도토리의 과육 및 내피 분말을 흰쥐에게 4주간 식이로 섭취시킨 결과, 혈장 내 총 지질수준은 밤보다 도토리의 시료를 섭취한 군에서 더욱 감소 효과를 보였다고 보고하였다. 선행연구(Yu & Shaw 1994; Sheo HJ 2001)에서 흰쥐의 정상 혈중 HDL-콜레스테롤 농도는 68.94 mg/dL(1.78 mmol/L)이고, 정상 혈중 LDL-cholesterol 농도는 10.47~82.7 mg/dL로 측정자에 따라 큰 차이를 보인다고 하였다. 선행연구(Yook 등 2002; Kang 등 2004; Lee 등 2013; Kim 등 2016)에서는 도토리의 과육 및 내피가 흰쥐의 항산화 능 및 항혈전능에 영향을 주는 것으로 보고하였으며, 고지방 식이로 유도된 비만 쥐에서 항산화 효소 활성에 효과가 있는 것으로 보고되었다.

또한 도토리에는 떫은맛을 나타내는 타닌 성분도 함유되어 있는데, Choi 등(1997)의 보고에 의하면, 일정량의 타닌의 섭취는 담즙산의 배설을 증가시켜 체내 혈청 콜레스테롤 농도를 감소시켰다고 보고하였으며, 중성지방의 생성을 억제하여 비만을 방지하는 효과가 있다고 보고하였다. 이와 더불어 본 연구에서 일반성분 분석에서 중 도토리의 분말가루와 전분가루에는 항산화 효과가 있는 셀레늄, 아연 등의 무기질이 함유되어 있음을 제시하였다. 따라서 도토리 추출물(분말가루 및 전분가루)에 함유되어 있는 항산화력을 가진 셀레늄, 아연 및 타닌(Lee 등 2005; Yang 등 2011a) 등의 성분들이 고지방 식이에 있어서 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도의 조절에 기인하는 것으로 사료된다.

4. 혈액 내 IL-1β와 IL-10

흰쥐의 혈중 사이토카인 중 IL-1β과 IL-10의 농도는 Table 5에 제시하였다. 흰쥐의 혈중 IL-1β는 군 간에 유의한 차이는 없었으며, IL-10는 다른 군에 비해 HFP군(48.80±30.48 pg/mL)에서 높은 경향을 보였다. 그러나 각 군 간의 통계적으로 유

Table 4. Serum lipid levels in mice

Variables	Control (n=7)	HF (n=7)	HFP (n=7)	HFS (n=7)	Significance
Total cholesterol (mg/dL)	159.00±26.81[1)ab]	201.50±39.15[b]	189.25±10.75[ab]	148.50±29.72[a]	0.05[2)]
HDL-cholesterol (mg/dL)	109.00±22.00	120.25±0.50	111.50±17.00	95.50±28.12	NS
LDL-cholesterol (mg/dL)	40.25±16.09[a]	62.00±20.85[ab]	77.75±19.60[b]	50.50±10.79[ab]	0.05
Triglyceride (mg/dL)	214.25±50.82	181.00±25.86	192.00±29.97	208.50±32.40	NS[3)]

[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
HDL-cholesterol: high density lipoprotein-cholesterol, LDL-cholesterol: low density lipoprotein-cholesterol, HF: High fat diet, HFP: high-fat powder diet, HFS: high-fat starch diet

Table 5. Serum cytokine concentration in mice

Variables	Control (n=7)	HF (n=7)	HFP (n=7)	HFS (n=7)	Significance
IL-1β (pg/mL)	12.50±0.00[1)]	12.50±0.00	12.50±0.00	12.50±0.00	NS[2)]
IL-10 (pg/mL)	31.20±0.00	31.20±0.00	48.80±30.48	31.20±0.00	NS

1) Mean±S.D.
2) NS statistically no significant difference at $p<0.05$ by ANOVA-test
HF: High fat diet, HFP: high-fat powder diet, HFS: high-fat starch diet, IL: cytokine

의한 차이는 없었다. 선행연구(Ryu HS 2010; Kim 등 2016)에서는 도토리 물추출물의 경구투여가 염증성 사이토카인인 IL-1β와 IL-10의 생성을 증가시키는 것으로 나타났으며, 도토리 추출물이 개체의 면역능력의 향상에도 영향을 준다고 보고하였다. 따라서 Ji 등(1997)은 연구에서 도토리 가루에 포함된 천연 항산화 성분은 면역능력을 증가시키는데 있어서 우수한 천연식품이라고 강조하였다. 다른 선행연구(Ryu HS 2010)에서는 도토리 추출물은 흰쥐의 복강 대식세포를 활성화하여 IL-1β의 생성을 촉진함으로써 면역력 증가에 효과가 있다고 강조하고 있다. Park & Ryu(2013)의 연구에서는 세포간의 협력은 사이토카인의 중재를 통해 이루어지며, 외부 항원에 대한 면역반응은 여러 면역세포의 상호작용에 달려있다고 보고하였다. 영양과 관련하여 보고된 많은 연구(Meydani SN 1990; Miossec P 1997; Park & Ryu 2013)에서는 IL-1β, IL-6 및 TNF-α는 여러 종류의 알레르기 반응과 자가 면역 질환의 발병과 진행에 있어 중요한 역할을 하며, 활성화된 대식세포로부터 생성되는 주요 사이토카인이라고 보고하였다. 특히 IL-1은 IL-1α, IL-1β의 2가지 형태를 가지며, IL-1은 대식세포에서 합성되어 T-세포에 대하여 lymphokine의 생산을 촉진, B-세포의 성장과 분화 자극, 항체의 생산을 증가 및 염증반응을 일으키는데 중요한 역할을 한다고 보고되었다(Arend & Dayer 1995; Park & Ryu 2013). 선행연구(Ryu HS 2010)에서는 IL-10은 Help T-2 cell(Th2) 세포에서 IL-1β, IL-6 및 TNF-α의 사이토카인 생산을 조절하여 염증성 사이토카인 생성의 균형을 조절하는 것으로 알려져 있다. 또한 Ryu HS(2010)는 연구에서 IL-10의 결과를 통해 도토리 추출물이 외부 항원 자극 시 전구염증성 사이토카인과 항염증 사이토카인간의 균형을 조절하여 면역기능을 발휘할 것이라고 지적하였다. 그러나 본 연구에서는 고지방식이에 도토리 추출물의 첨가가 혈중 IL-10의 농도에 있어서 각 군별로 유의한 결과는 나타나지 않았지만, 지속적인 도토리 추출물의 섭취는 외부항원 침입 시 면역세포의 활성화에 관여하여 면역능을 향상시키는 인자로의 가능성을 시사할 수 있다고 사료된다.

요약 및 결론

1. 도토리의 수분 함량은 37.99±0.37%, 조회분은 1.61±0.06%, 조단백질은 4.36±0.18% 및 조지방은 3.22±0.15%로 나타났다. 도토리의 무기질 성분 중 항산화력을 가진 셀레늄이 분말가루에는 100 g당 0.02±0.003 mg, 전분가루에는 셀레늄이 0.02±0.002 mg 함유되어 있으며, 철의 함량은 도토리 전분가루에 비해 분말가루에서 유의하게 높게 나타났다($p<0.05$).

2. 고지방식이 섭취 시 도토리 추출물 첨가가 흰쥐의 체중 및 장기 중 간, 비장, 신장의 무게에 미치는 군 간의 유의한 차이는 없었다.

3. 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도는 HF군에 비해 HFS군에서 유의하게 낮았다($p<0.05$).

4. 흰쥐의 혈중 IL-1β는 군 간에 유의한 차이는 없었으며, IL-10는 다른 군에 비해 고지방식이에 도토리 분말가루를 첨가한 군에서 높은 경향을 보였다.

본 연구의 실험결과는 고지방식이에 도토리 추출물 첨가 시 도토리 전분가루가 흰쥐의 혈중 총콜레스테롤과 LDL-콜레스테롤 농도를 낮추는데 효과적이었다. 또한 고지방식이에 도토리 분말가루의 첨가 시 혈중 IL-10의 농도에 영향을 줄 수 있는 인자로 분석되어 면역능을 향상시킬 수 있는 가능성을 시사하였다. 따라서 본 연구를 바탕으로 도토리 추출물과 면역능에 대한 추가 실험이 필요할 것으로 사료된다. 일상생활에서 식재료로 도토리 추출물의 사용이 증가하는 추세에 있지만, 도토리가 좋은 식재료라는 강력한 인식의 필요성과 함께 도토리 분말 및 전분가루를 이용한 다양한 상품개발이 필요하며, 이를 세계화 시킬 수 있는 전략이 필요할 것으로 사료된다.

References

Arend WP, Dayer JM. 1995. Inhibition of the production and effects of interleukin-1 and tumor necrosis factor α in rheumatoid arthritis. *Arthritis Rheum* 38:151-160

Awad A, Bernaedis LL, Fink CS. 1990. Failure to demonstrate an effect of dietary fatty acid composition on body weight, body composition and parameters of lipid metabolism in mature rats. *J Nutr* 120:1277-1282

Chae SK, Yu TJ. 1973. Studies on the hydrolysis of tannin in food by fungal tannase. *Korean J Food Sci Technol* 5:17-22

Cho WK, Choi JH. 2007. Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. *Korean J Nutr* 40:24-30

Choi IS, Lee KH, Lee SS, Oh SH. 1997. Effects of tannin on lipid metabolism in 6 college women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:920-926

Choi KS, Kim YH, Kim SO, Shin KO, Chung KH. 2013. 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

Je HJ, Shin KO. 2016. A review of the general characteristics and functions of acorns. *Korean J Food Nutr* 29:58-64

Ji WD, Jeong HC, Lee SJ, Chun YG. 1997. Antimicrobial activity and distilled components of garlic and giger. *J Agric Chem Biotechnol* 40:514-518

Kang IS, Kim RI, Kim GS, Kim NR, Shin JY, Kim CK. 2015. Effects of *Agaricus blazei* Murill water extract on immune response in BALB/c mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1629-1636

Kang MH, Lee JH, Lee JS, Kim JH, Chung HK. 2004. Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activities in high fat diet-induced obese rats. *Korean J Nutr* 37:169-175

Kim BN. 1995. A study on the literature review of acorn in Korea. *Korea J Soc Food Sci* 11:158-163

Kim CS, Shin ET. 1975. Studies on the utilization of varieties of acorn in Korea. *Korean J Appl Microbiol Bioeng* 3:17-22

Kim TA. 1992. The morphological properties of acorn starch granules and starch gels. *Korean J Soc Food Sci* 8:9-14

Kim YH, Choi KS, Shin KO. 2016. 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. *Korean J Food & Nutr* 29:684-691

Lee JM, Kim SH. 2008. Antioxidant properties of acorn hotwater extract using response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 15:111-117

Lee MH, Jeone JH, Oh MJ. 1992. Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21:693-700

Lee SH, Chun HK, Lee TS. 2003. The effect of rice germ oil supplement on serum and hepatic levels of streptozotocin-indeced diabetic mice. *Korean J Nutr* 36:543-548

Lee SH, Kim DI, Cho SY, Jung HJ, Cho SM, Park HJ, Lillehoj HS. 2005. Effects of acorn (*Quercus acutissima* Capr.) supplementation on the level of acetylcholine and its related enzyme activites in the brain of dementia mouse model. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:738-742

Lee SY, Lee JS, Park SK. 2013. Effects of acorn powder on lifespan and a resistance to oxidative stress in *Caenorhabditis elegans*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:670-674

Lee YS, Lee JH. 1999. Effect of calcium and iron loading on bioavailability of minerals in normal and Ac/Fe-deficient rats. *Korean J Nutr* 32:248-258

Meydani SN. 1990. Dietary modulation of cytokine production and biologic functions. *Nutr Rev* 48:361-369

Miossec P. 1997. Cytokine-induced autoimmune disorders. *Drug Saf* 17:93-104

National Rural Resources Development Institute, R.D.A. 2007. Food Composition Table Ⅰ. 7 Revision. pp.88-89

Park HJ, Ryu HS. 2013. Effect of *Hizikia fusiforme* water extracts on splenocyte proliferation and cytokine production in mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1924-1929

Rudel L, Morris MD. 1973. Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde. *J Lipid Res* 14:364-366

Ryu HS. 2010. Effects of water extract acorn on mouse immune cell activation *ex vivo*. *Korean J Food & Nutr* 23:135-140

Sheo HJ. 2001. Effects of perilla oil on the levels of plasma lipids and other biochemical parameters in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:703-709

Shim TH, Jin YS, Sa JH, Shin IC, Heo SI, Wang MH. 2004. Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. *Korean J Food Sci Technol* 36:800-803

Shin KO, Kim YH, Lee KW, Choi KS. 2015. Effect of *in vitro* antioxidant properties and extract of corn husk on serum lipids in mice. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:261-269

Sung IS, Park EM, Lee MK, Han EK, Jang JY, Cho SY. 1997. Effect of acorn extract on the antioxidative enzyme system. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26:494-500

Yang KH, Ahn JH, Kim HJ, Lee JY, You BR, Song JE, Oh HL, Kim NY, Kim MR. 2011a. Properties of nutritional com-

positions and antioxidant activity of acorn crude starch by geographical origins. *Korean Soc Food Sci Nutr* 40:928-934

Yang KH, You BR, Kim HJ, Lee JY, Kim MJ, Kim MR. 2011b. Gelatinization properties of crude starches prepared from acorns harvested in various countries. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:1279-1284

Yook GJ, Lee HJ, Kim MK. 2002. Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism, antioxidative capacity and anti-thrombotic capacity in rats. *Korean J Nutr* 35:171-182

Yu YY, Shaw MY. 1994. Garlic reduces plasma lipids by inhibiting hepatic cholesterol and triglyceride synthesis. *Lipids* 29:189-193

Zeng XL, Fu GM, Tian K, Sun JX, Xiong HB, Huang XZ, Jiang ZY. 2014. Acutissimanide, a new lignan with antioxidant activity isolated from the bark of *Quercus acutissima* Carruth. *Nat Prod Res* 28:1364-1370

Received 08 December, 2016
Revised 06 February, 2017
Accepted 08 February, 2017