



ISSN 1229-8565 (print)

한국지역사회생활과학회지

Korean J Community Living Sci

<http://doi.org/10.7856/kjcls.2019.30.2.211>

ISSN 2287-5190 (on-line)

30(2): 211~221, 2019

30(2): 211~221, 2019

## 보리순 분말이 고지방식을 급여한 흰쥐의 항비만 및 지질개선효과

김 다 은 · 박 시 훈 · 이 유 미 · 이재 준<sup>†</sup>

조선대학교 식품영양학과

### Effects of Young Barley Leaf Powder on Anti-obesity and Lipid Improvements in Rats Fed a High-fat Diet

Da-Eun Kim · Sihoon Park · Yu-Mi Lee · Jae-Joon Lee<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju, Korea

#### ABSTRACT

This study examined the effects of young barley (*Hordeum vulgare L.*) leaf powder on anti-obesity and lipid metabolism in rats fed a high-fat diet for 4 weeks. Male Sprague-Dawley rats were assigned to four groups: normal diet group (ND), high-fat diet group (HFD), high-fat diet with 5% young barley leaf powder (HFD-BL), and high-fat diet with 10% young barley leaf powder (HFD-BH). The body weight gain and food intake were decreased gradually in both groups fed barley leaf powder compared with the HFD group. The serum aspartate aminotransferase (AST) and alkaline phosphatase (ALP) activities were decreased significantly by barley leaf powder feeding. The levels of serum HDL-cholesterol decreased in the HFD group and increased significantly in the HFD-BH group. The levels of total cholesterol and triglyceride in the serum, liver and adipose tissues were lower in the HFD-BH group than in the HFD group. The activities of heparin-releasable lipoprotein lipase (HR-LPL) and total-extractable LPL (TE-LPL) in epididymal adipose tissues were increased in the HFD group than that of ND group, but those of the barley leaf powder fed groups were decreased markedly. These results suggest that barley leaf powder may prevent hyperlipidemia and obesity by a high-fat diet.

**Key words:** young barley leaf powder, high fat diet, anti-obesity, lipid profile

#### I. 서론

현대사회는 식생활의 서구화 및 식사 패턴의 변화로

과거에 비해 채소류의 섭취가 감소하고 육류 및 가공식품 등의 고열량, 고지방의 섭취뿐만 아니라 과도한 설탕 섭취로 각종 대사질환의 원인인 비만이 증가하고

Received: 15 April, 2019 Revised: 4 May, 2019 Accepted: 29 May, 2019

<sup>†</sup>Corresponding Author: Jae-Joon Lee Tel: 82-62-230-7725 E-mail: leejj80@chosun.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

있다. 비만은 신체의 에너지 요구량 이상으로 에너지를 섭취하였을 경우 체지방의 과다 축적으로 체중이 증가하는 영양불량 중 과열량 상태를 의미한다(Chua et al. 1997). 이는 산업화 국가에서 흔히 나타나는 영양문제 중 하나이며, 비만의 치료는 식이요법, 운동, 행동수정 요법들을 함께 시행할 경우 효과적이라고 보고되고 있다(King & Devaney 1988). 현재 다양한 형태의 비만 억제용 제품이 판매되고 있지만 부작용 발생의 우려로 인해 일상적으로 섭취해 왔던 천연식품에서의 기능성 식품 개발이 필요한 실정이다.

새싹채소는 어린잎 채소 또는 발아채소(seed sprouts)라고도 하며, 채소류 등의 종자를 발아시켜 얻은 어린 떡잎이나 잎을 의미한다. 성숙한 채소에 비해 비타민과 무기질을 비롯한 생리활성물질의 함량이 높다고 알려져 있으며(Kylen & McCready 1975; Kim et al. 1997; Song 2001), 재배방법이 까다롭지 않고 짧은 기간에 많은 양을 수확할 수 있어 경제적이다. 현재 재배되는 새싹채소는 보리, 메밀, 브로콜리, 알팔파 등이 있다. 어린잎 채소 중 보리(*Hordeum vulgare* L.) 잎은 잎집, 잎몸, 잎귀, 잎혀로 구성되어 있으며, 줄기 당 잎의 수는 9-11엽 정도이다. 보리순은 과종 이후 유휴 경지를 이용하므로 경제적이며, 겨울에 재배되어 병충해의 피해가 적고 농약을 사용하지 않아 무공해 원료이다(Park et al. 2008). 초엽이 발생한 후 약 20 cm 전후의 보리잎은 분말의 형태로 건강기능성식품으로 일본 등 여러 나라에서 널리 이용되고 있다(Ryu et al. 2002). 우리나라도 예로부터 보리순을 식용으로 사용하여 된장국이나 홍어애국에 넣어먹거나, 생즙으로 이용하기도 하였다. 보리순은 식이섬유소(Son et al. 2016b)를 비롯하여 단백질과 각종 비타민, 무기질 등이 영양소가 풍부하며(Kim et al. 2003), 특히 항산화 비타민인 비타민 C, 비타민 E 및  $\beta$ -carotene을 비롯하여 강력한 항산화효소인 superoxide dismutase가 풍부하다고 보고되었다(Lee et al. 1994; Kim et al. 2006). 또한 polyphenol, flavonoides, luteonarin(isoorientin-7-O-glucoside), saponarin (flavone-C-glycosides),  $\beta$ -glucan 및 policosanol의 일종인 hexacosanol과 같은

생리활성물질이 다량 함유(Markham & Mitchell 2003; Singh et al. 2006; Ferreres et al. 2009; Seo et al. 2013; Son et al. 2016b) 되어 항산화 효과와 더불어 혈중 콜레스테롤 수치를 감소시키는 것으로 알려져 있다. 현재 보리순의 기능성에 대한 연구로는 보리순 물 추출물의 3T3-L1 세포와 마우스에서의 항비만 효과(Kang et al. 2017), 보리순 분말의 당뇨 쥐에서의 혈당조절 효과(Son et al. 2016a), 보리순이 간조직의 지질대사 관련 효소활성 변화(Yang et al. 2009), 보리순 추출물의 항산화 효과(Han 2011; Son et al. 2016b), LPS로 자극한 RAW264.7 대식세포에서 보리순 에탄올 추출물의 항염증 효과(Kim & Kim 2015) 등이 보고되었다.

이와 같이 질병 예방을 위한 기능성 소재로 보리순의 효능에 대한 연구가 일부 진행되었으나, 비만 및 고지혈증의 동시 개선효과에 대한 연구가 진행된 바가 없어 본 연구는 보리순 분말이 고지방식을 급여한 흰쥐의 항비만 효과 및 지질대사 개선에 미치는 영향을 알아보려고 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 시료

본 실험에 사용한 보리순은 경상북도 울진군에서 생산되어 10일 정도 자란 것을 한농마을 영농조합법인이서 구입하여 사용하였다. 보리순은 불순물 제거과정을 거쳐 흐르는 물에 3회 세척하고, salad spinner(Caous, WINDAX, Seoul, Korea)를 이용하여 5분 동안 물기를 제거한 다음 키친 타올로 물기를 제거하였으며, -70℃ deep freezer(MDF-U52V, Sanyo, Osaka, Japan)에서 냉동하여 동결건조기(ED 8512, Ilshin, Yangju, Korea)를 이용하여 건조시켰다. 동결 건조된 시료는 분쇄기(FM-681C, Hanil, Incheon, Korea)로 마쇄하여 분말로 만든다음 -70℃에서 냉동보관하며 시료로 사용하였다.

### 2. 실험동물의 사육 및 식이

실험동물은 Sprague Dawley계 5주령 웅성 흰쥐 32 마리를 중앙실험동물(주)(Seoul, Korea)에서 구입하여

조선대학교 실험동물센터에서 1주일 동안 기본 식이와 물로 적응시킨 후, 난피법에 따라 각 처리군 당 8마리씩 4군으로 나누어 stainless steel cage에 1마리씩 분리하여 4주간 사육하였다. 실험군은 정상식이군(ND), 고지방식이군(HFD), 고지방식이와 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL), 고지방식이와 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)으로 나누어 실시하였다. 실험식은 Table 1과 같이 AIN-93(Reeves et al, 1993)을 기준으로 변형하여 조제하였다. 정상식이군은 지방 급원으로 식이 무게의 10% 라아드를 공급하였고, 고지방식이군은 식이 무게의 20% 라아드를 함유한 식이를 제공하였다. 보리순 분말 첨가량은 식이 무게의 5%와 10%를 각각 첨가하였다. 사육실 온도는 18 ± 2℃로 유지하였으며 조명은 12시간 주기(08:00-20:00)로 조절하였고, 물과 식이는 제한 없이 공급하였다. 최종 체중에서 실험개시 전의 체중을 감하여 체중증가량으로 표시하였고, 사육기간의 체중증가량을 동일 기간의 식이섭취량으로 나누어 각 실험군의 식이효율을 구하였다. 본 동물실험은 조선대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 받고 그 규정에 따라 실행하였다(CIACU2014- S00014).

3. 실험동물의 처리

사육이 끝난 실험동물은 12시간 절식시키고 CO<sub>2</sub>로 가볍게 마취한 다음 단두 절단하여 혈액을 채취하였다. 채취한 혈액은 3,000 rpm에서 20분간 원심분리시킨 후 혈청을 분리하여 분석 항목 측정용 시료로 사용하였다. 실험동물의 장기 조직은 채혈 후 즉시 적출하여 생리식염수로 세척한 다음, 여지로 수분을 제거하여 중량을 측정하고 급속 동결하여 -70℃의 deep freezer (MDF-U52V, Sanyo, Osaka, Japan)에 보관하였다.

4. 혈청 효소 활성 및 지질 함량 측정

혈청 중 중성지방, 총 콜레스테롤 및 HDL-콜레스테롤 함량, alanine aminotransferase(ALT), aspartate aminotransferase(AST), alkaline phosphatase(ALP) 활성은 혈액생화학적 검사 자동분석기(Fuji Dri-Chem 3,500, Fujifilm, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 심혈관계질환의 위험도 판정에 이용되는 동맥경화 지수(atherogenic index, AI)는 {(총 콜레스테롤 - HDL-콜레스테롤)/HDL-콜레스테롤}에 의하여 구하였으며, 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)는 총 콜레스테롤을 HDL-콜레스테롤로 나누어 구하였다 (Rosenfeld 1989).

Table 1. Composition of experimental diet

Diet composition	(g/kg diet)			
	ND <sup>1)</sup>	HFD	HFD-BL	HFD-BH
Casein	200.0	200.0	200.0	200.0
L-cystine	1.8	1.8	1.8	1.8
Corn starch	501.2	451.2	351.2	301.2
Sucrose	100.0	100.0	100.0	100.0
Cellulose	50.0	-	50.0	50.0
Barley leaf powder	-	-	50.0	100.0
Lard	100.0	200.0	200.0	200.0
Mineral mix <sup>2)</sup>	35.0	35.0	35.0	35.0
Vitamin mix <sup>3)</sup>	10.2	10.0	10.0	10.0
Choline bitartate	2.0	2.0	2.0	2.0

<sup>1)</sup>ND, normal diet group; HFD, high-fat diet group; HFD-BL, high-fat diet + 5% of barley leaf powder group; HFD-BH, high-fat diet + 10% of barley leaf powder group.

<sup>2),3)</sup>AIN-93-MX mineral mixture and AIN-93-VX vitamin mixture(Reeves et al, 1993).

## 5. 간과 지방조직의 지질 함량 측정

간, 부고환 및 장간막 지방조직의 중성지방과 총 콜레스테롤 함량 분석을 위해 먼저 적출한 간 및 지방조직에  $\text{CHCl}_3$ - $\text{MeOH}$ (2:1, v/v)을 첨가하여 냉장상태에서 3일간 방치하면서 여러 차례 흔들어 준 후  $\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하고 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 시킨 다음 하층부로부터 각각의 조직에서 지질을 추출하였다(Folch et al. 1957). 추출한 지질 중 일부를 취하여 중성지방과 총 콜레스테롤 함량 분석을 위하여 각각 분리하여 사용하였다. 조직 중 중성지방 함량은 Biggs et al.(1975)의 방법으로 측정하였으며, 총 콜레스테롤 함량은 Zlatkis & Zak(1969)의 방법에 의하여 측정하였다.

## 6. 지방조직 lipoprotein lipase(LPL) 활성

지방조직의 heparin-releasable LPL(HR-LPL) 활성 측정은 Fried & Zechner(1989)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 1% bovine serum albumin과 heparin (10 mU/mL)를 함유한 MI99(Hanks salts)에 부고환 지방조직 혹은 장간막 지방조직을 넣은 후 24°C에서 45분간 배양하여 효소분석용 시료로 사용하였다. 효소 활성 측정을 위한 기질은 15 mL glass tube에  $^3\text{H}$ -triolein에 phosphatidylcholine과 triolein을 넣고 질소가스를 용액표면에 씌어준 후, glycerol을 첨가한 다음 직경 13 mm probe를 사용하여 20 kHz에서 10초 동안 세 번 정도 Sonicator(VCX-130 Ultrasonic Processor, Sonics & Materials, CT, USA)를 사용하여 균질화하여 제조하였다. 효소반응은 배양시킨 효소분석용 시료 150  $\mu\text{L}$ 와  $^3\text{H}$ -triolein emulsion을 기초로 만든 기질 150  $\mu\text{L}$ 을 함께 넣은 다음 37°C에서 1시간 동안 배양시켜 진행하였고, 이때 생성되는 유리지방산의 방사능을 측정하여 HR-LPL 활성을 계산하였다. Total extractable LPL (TE-LPL) 활성 측정은 Iverius & Brunzell(1985)의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.5% deoxycholate을 함유한 ice-cold buffer(0.5% deoxycholate, 0.2 M Tris, 0.25 M sucrose, 1% BSA, 10 U/mL heparin, 0.02% nonidet P40, pH 8.3)에 각각의 지방조직을 넣고 glass

mini homogenizer로 균질화한 후 sonication(VCX-130 Ultrasonic Processor, Sonics & Materials, CT, USA) 시켰다. 이들 시료를 12,000 rpm에서 4°C에서 15분간 원심분리(Eppendorf Centrifuge 5910 R, Eppendorf, NY, USA)시킨 후 하층액을 취했다. 이 하층액을 deoxycholate를 함유하지 않은 ice-cold buffer와 1:5로 희석한 후, 희석액 150  $\mu\text{L}$ 을 37°C에서 1시간 동안 배양시킨 다음 HR-LPL 활성 측정방법과 동일한 방법으로 방사능을 측정하여 계산하였다.

## 7. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 SPSS(Statistical Package for Social Science)를 이용하여 실험군당 평균과 표준오차로 나타내었다. 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 실시하였고,  $p < 0.05$  수준에서 Tukey's test에 의하여 상호 검정하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 체중변화, 간 및 복부지방조직 무게

고지방식이와 보리순 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 체중변화, 간 및 복부지방조직의 무게를 비교한 결과는 Table 2와 같다. 실험종료 후 최종 체중은 고지방식이군(HFD)은 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 체중이 증가하여 고지방식이로 인해 비만이 유도되었음을 관찰할 수 있었다. 고지방식이에 10% 보리순 분말을 첨가한 HFD-BH군은 고지방식이군(HFD)에 비하여 체중이 유의하게 감소하였다. Artiss et al.(2006)의 연구에 의하면 고지방식이군이 저지방식이군에 비하여 유의적인 체중증가량을 나타내었으며, 고지방식이와 수용성 식이섬유소를 함께 섭취한 군의 체중이 감소되었다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 본 연구진들도 보리순 분말의 식이섬유소 함량을 분석하였는데, 총 식이섬유소 함량은  $36.62 \pm 2.33\%$ 로 그 중 불용성 식이섬유소와 수용성 식이섬유소 함량은 각각  $19.05 \pm 1.24\%$ 와  $17.57 \pm$

1.01%로 나타났다고 보고하였다(Son et al, 2016b, data not shown). 식이섬유소는 체내에서 쉽게 팽윤되어 포만감을 유발함으로써 식이 섭취를 저하시키고, 체외 배설작용을 촉진하는 작용이 있다고 알려져 있다 (Imaizumi et al, 1982). 또한 식이섬유소는 구성 성분과 구조에 기인되는 물리·화학적 성질에 따라 체중에 미치는 영향이 달라는데, 수용성 식이섬유소는 gel을 형성하여 영양소의 흡수를 지연시키는 역할을 하며 (Lee & Hwang 1997), 반면 불용성 식이섬유소는 장통과 시간을 단축시켜 영양소 흡수를 저하시킴으로써 (Gordon 1992) 체중을 저하시키는 것으로 사료된다. 어린 채소일수록 성숙 채소에 비하여 수용성 식이섬유소가 풍부한 것으로 보고되어 있어(Lee et al, 1994; Kwon 1994; Kim et al, 2005), 본 실험에서도 보리순의 수용성 식이섬유소(Son et al, 2016b)들이 체중감량 효과에 영향을 미친 것으로 사료된다.

장기 추출 직후 고지방식이군(HFD)의 간을 관찰한 결과 고지방식이의 공급에 의해 간이 흐린 적색을 띠고 황색의 지방들이 점점이 분산되어 전형적인 지방간의 형태를 볼 수 있었다. 체중 당 간조직의 상대적 무게는 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가되었는데(Table 2), 이는 고지방식으로 인한 과량의 지방이 체외로 배출되지 못하고 간 내에 축

적되어 간이 비대해진 것으로 사료된다(Rhee & Park 1984). 고지방식이군들(HFD, HFD-BL, HFD-BH)간에는 간조직의 무게가 유의차는 없었다. 장간막지방조직의 상대적 무게는 고지방식이군(HFD)이 다른 군들에 비하여 유의하게 증가하였으나, 보리순 분말 첨가군들(HFD-BL, HFD-BH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 부고환지방조직의 상대적 무게도 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL)은 고지방식이군(HFD)과 비교하였을 경우 부고환지방조직의 무게가 차이가 나타나지 않았다. 특히 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)에서 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 고지방식과 새싹채소 혼합분말을 흰쥐에게 급여하였을 때 지방조직의 무게가 유의하게 감소하였다는 보고(Lee et al, 2007)와 녹차 분말 급여로 간 무게뿐만 아니라 부고환 주변지방의 무게가 감소하였다고 보고한 연구 결과와 유사하였다(Lee et al, 2012). Artiss et al.(2006)의 연구에서도 고지방식을 급여한 흰쥐의 체지방 함량이 증가하였고, 고지방식과 수용성 식이섬유소를 동시에 급여한 군은 저지방식이군과 비슷한 체지방 함량을 나타내었다고 보고하여 본 연구와도 비슷한 경향을 보였다.

**Table 2.** Effect of young barley leaf powder on the changes in body, liver and adipose tissue weight

Variables	ND	HFD	HFD-BL	HFD-BH	F-value
Initial body weight(g)	172.31 ± 3.65	171.96 ± 4.03	172.09 ± 4.65	172.24 ± 4.97	0.013 <sup>NS2)</sup>
Final body weight(g)	287.42 ± 9.87 <sup>c3)</sup>	359.87 ± 6.30 <sup>a</sup>	340.24 ± 11.23 <sup>a</sup>	316.23 ± 0.24 <sup>b</sup>	10.970 <sup>**4)</sup>
Liver (g/100 g body wt.)	2.40 ± 0.12 <sup>b</sup>	3.13 ± 0.01 <sup>a</sup>	3.01 ± 0.16 <sup>a</sup>	2.98 ± 0.07 <sup>a</sup>	19.316 <sup>**</sup>
Epididymal fat pads (g/100 g body wt.)	1.49 ± 0.09 <sup>c</sup>	2.56 ± 0.014 <sup>a</sup>	2.26 ± 0.32 <sup>ab</sup>	1.98 ± 0.26 <sup>b</sup>	18.949 <sup>**</sup>
Mesenteric fat pads (g/100 g body wt.)	0.87 ± 0.09 <sup>c</sup>	1.64 ± 0.10 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.15 <sup>b</sup>	1.18 ± 0.13 <sup>b</sup>	30.368 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)N.S.</sup>: not significantly different among groups.

<sup>3)</sup>Mean ± S.E.(n=8), values with different superscript in the same column are significantly different (p<0.05) among the groups by Tukey' test.

<sup>4)\*\*</sup>p<0.05, <sup>\*\*\*</sup>p<0.001 by one way ANOVA.

### 3. 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성

고지방식이와 보리순 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 ALT, AST 및 ALP 활성을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 혈청 중 ALT 활성은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 보리순 분말 첨가군들(HFD-BL, HFD-BH)과 고지방식이군(HFD)간에는 유의차가 없었다. 혈청 중 AST 및 ALP 활성도 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 높은 증가를 나타냈고, 보리순 분말 첨가군들(HFD-BL, HFD-BH)은 고지방식이군에 비하여 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 흰쥐에게 새싹채소인 브로콜리씨를 급여하였을 경우 AST 및 ALP 활성이 유의적으로 감소하였다는 보고와 유사하였다(Kim et al. 1999). 혈청 중 ALT와 AST는 간세포의 변성이나 괴사를 반영하는 효소로 지방간, 만성간염, 간 장애 등으로 인해 활성이 증가된다고 보고되었다(Song et al. 2000). 그러므로 심장과 간장의 질환을 임상에서 진단하는데 있어서 ALT와 AST는 매우 중요하다. 또한 혈청 중 ALP는 담도계 폐색, 간 질환 등에서 활성이 증가하는 것으로 간세포 장애가 고도로 진행되면 ALT, AST 및 ALP의 활성이 동시에 높아지는 것으로 알려져 있다(Lee et al. 1994). 보리순 분말이 고지방식이로 인한 비만 흰쥐의 혈청 및 간에서 지질대사를 개선시킴으로서 지방간으로 인한 간세포의 장애를 지연시켰거나 보리순 중에 간 보호물질이 있는 것으로 사료된다.

### 4. 혈청 중 지질 함량 변화와 동맥경화지수 및 심혈관위험지수

고지방식이와 보리순 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 혈청 중 지질 함량과 동맥경화지수(atherogenic index, AI) 및 심혈관위험지수(cardiac risk factor, CRF)의 변화는 Table 4와 같다. 혈청 중 중성지방과 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적인 증가를 보였고, 특히 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 고지혈증 및 고콜레스테롤혈증은 소장에서의 중성지방 재합성 및 chylomicron 분비 증가, 간에서의 콜레스테롤 합성 및 분비 증가로 인하여 말초조직에서 중성지방 분해 감소로 발병되는 것으로 심혈관계 질환의 위험인자 중 하나이다(Miller 1987). 이에 대한 식사요법 연구가 활발히 진행되고 있으며(Lample 1999), 특히 녹황색 식물이 순환기 질환을 비롯한 만성 대사증후군 예방에 효과적인 것으로 보고되고 있다(Kim et al. 1991). Buhman et al.(1998)의 연구에 의하면 수용성식이섬유소가 담즙산, 식이 콜레스테롤 및 유리지방산과 결합하여 담즙산의 배설과 합성을 촉진하여 혈중 지질개선에 도움을 준다고 보고하였고, 흰쥐에 고지방식이와 새싹채소 혼합분말을 급여할 경우 혈청 중 중성지방과 총 콜레스테롤 함량이 감소되었다는 Lee et al.(2007)의 보고도 본 연구와 유사하였다. 이는 보리순 분말의 식이섬유소 뿐만 아니라 다양한 생리활성물

**Table 3.** Activities of the ALT, AST and ALP in serum of rats fed experimental diets

	(U/L)		
Groups <sup>1)</sup>	ALT	AST	ALP
ND	19.83 ± 1.20 <sup>b2)</sup>	527.50 ± 19.54 <sup>c</sup>	99.17 ± 5.28 <sup>c</sup>
HFD	29.60 ± 1.34 <sup>a</sup>	866.17 ± 25.43 <sup>a</sup>	230.78 ± 4.61 <sup>a</sup>
HFD-BL	27.30 ± 1.85 <sup>a</sup>	727.83 ± 48.55 <sup>b</sup>	167.35 ± 6.12 <sup>b</sup>
HFD-BH	23.87 ± 0.91 <sup>ab</sup>	697.22 ± 21.88 <sup>b</sup>	151.25 ± 4.35 <sup>b</sup>
F-value	39.456 <sup>***3)</sup>	105.114 <sup>***</sup>	516.982 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>Mean ± S.E.(n=8), Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) among the groups by Tukey' test.

<sup>3)</sup>\*\*\*p<0.001 by one way ANOVA.

**Table 4.** Lipid profiles, atherogenic index (AI) and cardiac risk factor (CRF) in the serum of rats fed the experimental diets

Groups <sup>1)</sup>	Triglyceride (mg/dL)	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	AI <sup>2)</sup>	CRF <sup>3)</sup>
ND	80.00 ± 2.25 <sup>c4)</sup>	86.00 ± 5.06 <sup>b</sup>	46.17 ± 2.01 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.12 <sup>c</sup>	1.86 ± 0.26 <sup>b</sup>
HFD	121.54 ± 12.91 <sup>a</sup>	107.17 ± 12.50 <sup>a</sup>	35.83 ± 2.00 <sup>b</sup>	1.99 ± 0.13 <sup>a</sup>	2.99 ± 0.32 <sup>a</sup>
HFD-BL	102.87 ± 10.70 <sup>ab</sup>	95.83 ± 6.00 <sup>a</sup>	40.12 ± 1.23 <sup>ab</sup>	1.39 ± 0.21 <sup>b</sup>	2.39 ± 0.27 <sup>ab</sup>
HFD-BH	89.06 ± 2.05 <sup>b</sup>	89.70 ± 4.61 <sup>b</sup>	49.12 ± 1.40 <sup>a</sup>	0.83 ± 0.14 <sup>c</sup>	1.83 ± 0.31 <sup>b</sup>
F-value	15.206 <sup>**5)</sup>	6.907 <sup>*</sup>	34.258 <sup>***</sup>	66.130 <sup>***</sup>	66.130 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>AI (atherogenic index) = (total cholesterol - HDL-cholesterol)/ HDL-cholesterol.

<sup>3)</sup>CRF (cardiac risk factor) = total cholesterol/HDL-cholesterol.

<sup>4)</sup>Mean ± S.E.(n=8), Values with different superscript in the same column are significantly different (p<0.05) among the groups by a Tukey' test.

<sup>5)</sup>\*p<0.01, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001 by one way ANOVA.

질들이 혈청 중 중성지방과 총 콜레스테롤 함량을 낮춰 고지혈증 개선에 효과가 있을 것으로 사료된다.

혈청 HDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 감소하였으나, 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL)은 고지방식이군(HFD)과 비슷한 경향을 보였고, 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)은 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 동맥경화지수는 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)보다 약 2.3배 정도의 높은 수치를 나타내었다. 보리순 분말 첨가군들(HFD-BL, HFD-BH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 동맥경화지수가 농도 의존적으로 유의하게 감소하였다. 심혈관위험지수는 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였다. 고지방식에 10% 보리순 분말을 첨가한 HFD-BH군은 고지방식이군(HFD)에 비하여 심혈관위험지수가 유의하게 감소하였다. 동맥경화지수는 혈액 중 HDL-콜레스테롤에 대한 중성지방의 함량 비를 대표하는 값으로 임상에서 3.0 이상 일 때 동맥경화에 대한 위험 신호로서 사용하고 있으며(Rosenfeld 1989), 심혈관위험지수는 HDL-콜레스테롤에 대한 총 콜레스테롤의 함량 비를 나타내며 임상에서는 7.0 이상을 나타낼 때 위험신호로 인지된다(Yun et al. 1996). 식물체의 polyphenol 화합물도 혈중 지질 농도를 변화시켜

심혈관 질환으로 인한 사망위험을 감소시키는 것으로 보고되어 있어(Yugarani et al. 1992; Hartog et al. 1993), 보리순에 함유된 flavonoides와 polyphenol 화합물(Son et al. 2016b)의 영향으로 HDL-콜레스테롤의 함량을 높이고 동맥경화지수와 심혈관위험지수를 낮춰 보리순 분말의 급여가 고지방 섭취로 인한 심혈관 질환의 예방에 유효할 것으로 생각된다(Ross 1983).

## 6. 간과 지방조직 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량

고지방식이와 보리순 분말의 첨가 수준을 달리하여 4주간 급여한 흰쥐의 간과 지방조직의 중성지방 및 총 콜레스테롤의 함량 변화는 Table 5와 같다. 간 조직의 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 모두 유의하게 증가하였다. 보리순 분말 첨가군(HFD-BL, HFD-BH)의 간 조직의 중성지방 함량은 고지방식이군(HFD)과 비교하였을 경우 유의적인 차이는 없었다. 또한 정상식이군(ND)과 보리순 분말 첨가군(HFD-BL, HFD-BH)간에도 유의차가 없었다. 간 조직의 총 콜레스테롤 함량의 경우 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의적인 차이가 나지 않았지만, 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 발아현미의

**Table 5.** Triglyceride and total cholesterol contents in the liver and adipose tissues of rats fed experimental diets

Group <sup>1)</sup>	(mg/g, wet weight)					
	Liver		Mesenteric AT		Epididymal AT	
	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol	Triglyceride	Total cholesterol
ND	15.52 ± 1.67 <sup>b2)</sup>	13.77 ± 0.25 <sup>b</sup>	58.36 ± 1.67 <sup>c2)</sup>	14.53 ± 1.02 <sup>b</sup>	79.19 ± 2.98 <sup>b</sup>	14.84 ± 0.76 <sup>b</sup>
HFD	24.86 ± 1.04 <sup>a</sup>	18.86 ± 0.27 <sup>a</sup>	95.12 ± 3.91 <sup>a</sup>	25.50 ± 1.22 <sup>a</sup>	113.80 ± 2.16 <sup>a</sup>	23.54 ± 0.97 <sup>a</sup>
HFD-BL	20.31 ± 1.18 <sup>ab</sup>	15.82 ± 0.46 <sup>ab</sup>	82.71 ± 3.90 <sup>ab</sup>	24.25 ± 0.90 <sup>a</sup>	97.65 ± 2.67 <sup>ab</sup>	21.11 ± 0.57 <sup>a</sup>
HFD-BH	19.99 ± 0.76 <sup>ab</sup>	14.01 ± 0.24 <sup>b</sup>	76.87 ± 2.60 <sup>b</sup>	19.35 ± 0.93 <sup>ab</sup>	95.14 ± 3.97 <sup>ab</sup>	17.88 ± 1.09 <sup>ab</sup>
F-value	27.290 <sup>***3)</sup>	82.796 <sup>***</sup>	102.936 <sup>***</sup>	67.382 <sup>***</sup>	64.244 <sup>***</sup>	55.174 <sup>***</sup>

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>Mean ± S.E.(n=8), Values with different superscripts in the same column are significantly different (p<0.05) among the groups by Tukey' test.

<sup>3)</sup>\*\*\*p<0.001 by one way ANOVA.

경우 수용성 식이섬유소의 함량이 현미에 비해 증가하여 실험동물의 간과 혈액에서의 지질과 콜레스테롤의 축적 및 체중 증가가 억제되는 것으로 나타났고 (Ohtsubo et al. 2005), 수용성 식이섬유소는 간 조직의 중성지방과 콜레스테롤 농도 저하에 효과적이라고 보고되어 있다(Yang et al. 1996). 보리순 분말의 급여로 간 조직 중 중성지방 함량에는 영향을 미치지 않았으나, 고지방식이로 증가된 간 조직 중 총 콜레스테롤 함량을 감소시키는 효과를 볼 수 있었다. 이는 보리순 분말에 함유된 식이섬유소가 간의 콜레스테롤의 축적이 억제되어 고지방식이에 의해 나타나는 비정상적인 지방 축적 현상을 현저히 개선시켜 비만을 억제시킬 수 있을 것으로 생각된다.

장간막지방조직의 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 모두 유의하게 증가하였다. 장간막지방조직의 중성지방 함량은 보리순 분말 첨가군(HFD-BL, HFD-BH)들이 고지방식이군(HFD)에 비하여 감소하는 경향을 보였고, 특히 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)은 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 장간막지방조직의 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군(ND)과 보리순 분말 첨가군(HFD-BL, HFD-BH)간에 유의차가 없었다. 부고환지방조직의 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의하게 증가하였다. 부고환지방의 중성지방 및

총 콜레스테롤 함량의 경우 보리순 분말 첨가군(HFD-BL, HFD-BH)들은 두 군 모두에서 고지방식이군(HFD)에 비하여 조금 감소하는 경향을 보였다. 8주 동안 연구한 마우스에 보리순 분말과 열수 추출물을 급여한 부고환지방조직의 중성지방 함량과 총 콜레스테롤 함량은 고지방식이군에 비하여 유의적으로 낮음을 보고 하였지만(Yang et al. 2009), 본 실험의 결과와 일치하지 않았다. 이는 실험동물의 보리순 분말 급여기간이 짧았던 것이 원인이라 생각되며, 비만억제효과를 구명하기 위해서는 보다 장기간 정밀한 연구가 지속되어야 할 것으로 생각한다.

## 7. 지방조직 LPL 활성

LPL은 체지방을 증가시키는 요인으로 알려져 있는데(Lee et al. 2000), 보리순 분말 식이가 부고환 및 장간막 지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL 활성에 미치는 영향을 분석한 결과는 Table 6과 같다. 부고환지방조직과 장간막지방조직의 HR-LPL 활성은 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였으며, 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-B)은 고지방식이군(HFD)와 차이가 없었으나, 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)에서는 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 부고환지방조직과 장간막지방조직의 TE-LPL 활성도 고지방식이군(HFD)이 정상식이군(ND)에 비하여 유의적으로 증가하였다.

**Table 6.** Effects of barley leaf powder on the HR-LPL and TE-LPL activities in the adipose tissues of rats fed a high-fat diet

Group <sup>1)</sup>	HR-LPL activity <sup>2)</sup>		TE-LPL activity <sup>3)</sup>	
	Epididymal AT	Mesenteric AT	Epididymal AT	Mesenteric AT
ND	9.15 ± 1.76 <sup>c4)</sup>	5.11 ± 1.65 <sup>b</sup>	13.23 ± 1.53 <sup>3)c</sup>	8.21 ± 1.85 <sup>b</sup>
HFD	19.32 ± 1.93 <sup>a</sup>	16.12 ± 1.50 <sup>a</sup>	27.12 ± 2.33 <sup>a</sup>	15.63 ± 1.76 <sup>a</sup>
HFD-BL	17.23 ± 1.83 <sup>ab</sup>	14.01 ± 1.75 <sup>ab</sup>	25.33 ± 1.65 <sup>a</sup>	13.65 ± 1.97 <sup>ab</sup>
HFD-BH	14.65 ± 1.77 <sup>b</sup>	10.21 ± 1.65 <sup>b</sup>	19.29 ± 2.01 <sup>b</sup>	9.22 ± 1.57 <sup>b</sup>
F-value	27.558 <sup>***5)</sup>	35.096 <sup>***</sup>	38.423 <sup>***</sup>	15.642 <sup>**</sup>

(Units)

<sup>1)</sup>See the legend of Table 1.

<sup>2)</sup>Heparin-releasable (HR) LPL activity was measured on media samples after incubation of epididymal and mesenteric adipose tissue fragment with 5×103 units/L heparin for 45 min at 24°C.

<sup>3)</sup>Total extractable (TE) LPL activity was measured in deoxycholate extracts of epididymal and mesenteric adipose tissue.

<sup>4)</sup>Mean ± S.E.(n=8), Values with different superscript in the same column are significantly different (p<0.05) among groups by Tukey' test.

<sup>5)</sup>\*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001 by one way ANOVA.

5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL)은 고지방식이군(HFD)과 차이가 없었으나, 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)에서는 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 사람을 비롯한 실험동물의 경우에 지방조직의 부위에 따라서 LPL 대사가 다르게 나타나는 것으로 알려졌는데(Fried & Kral 1987; Braun et al. 1992), 부고환과 같은 내부지방조직은 피하지방조직보다 LPL 활성이 높고, 장간막 지방조직은 내부지방조직과 피하지방조직 사이의 중간 정도의 LPL 활성을 가지고 있다고 보고 되었다(Braun et al. 1992). 본 실험에서도 비슷한 경향을 나타내었다. 이들 지방조직 부위별 LPL 대사 조절 기전이 다른 이유는 지방세포의 크기, 지방조직의 인슐린 민감도, glucocorticoid 혹은 estrogen receptor 수의 차이에 의해 기인된다는 여러 연구 결과가 있다(Pedersen et al. 1992). 특히 피하지방조직은 부고환지방조직보다 glucocorticoid receptor 수가 적다고 보고되었다(Rebuffe-Scrive et al. 1992). 또한 지방조직의 LPL 활성과 혈청 중 중성지방 함량은 정의 상관관계를 나타내는데(Paik et al. 1987), 본 연구에서도 고지방식이군이 다른 군들에 비하여 혈청 중 중성지방 함량과 지방조직의 LPL 활성이 유의하게 높은 경향이었다. 이상의 실험결과 보리순 분말을 식이에

첨가 시 부고환 및 장간막지방조직의 HR-LPL과 TE-LPL이 고지방식이군에 비하여 낮은 활성을 보여 고콜레스테롤혈증과 동맥경화증의 예방효과 및 지방축적 억제효과가 있는 것으로 사료된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구는 보리순 분말이 고지방식을 급여한 흰쥐의 항비만 효과 및 지질대사 개선에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 흰쥐 수컷 32마리를 정상식이군(ND), 고지방식이군(HFD), 고지방식이와 5% 보리순 분말 첨가군(HFD-BL) 및 고지방식이와 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)으로 나누어 4주간 실시하였다. 고지방식이의 급여로 체중, 장간막지방과 부고환지방의 축적이 증가되었으나, 10% 보리순 분말 첨가로 체중 및 장간막지방과 부고환지방의 축적이 감소되었다. 고지방식으로 증가되었던 혈청 중 AST 및 ALP 활성, 중성지방 및 총 콜레스테롤 함량, 동맥경화지수와 심혈관위험지수의 경우도 10% 보리순 분말 첨가로 감소하는 경향을 보였다. 반면 혈청 중 HDL-콜레스테롤 함량은 고지방식이와 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)이 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 증가하는 경향

을 보였다. 간 조직 중 중성지방 함량은 고지방식이군(HFD, HFD-BL, HFD-BH) 간에 차이가 없었으나, 총 콜레스테롤 함량은 보리순 분말 첨가군들(HFD-BL, HFD-BH)이 고지방식이군(HFD)에 비하여 감소하였다. 장간막지방조직과 부고환지방조직의 중성지방과 총 콜레스테롤 함량 모두 고지방식이와 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)이 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의적으로 감소하였다. 부고환 및 장간막지방조직의 LPL 활성도 고지방식이와 10% 보리순 분말 첨가군(HFD-BH)이 고지방식이군(HFD)에 비하여 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 이는 보리순 분말의 다양한 생리활성 물질, 항산화 물질 및 식이섬유소 등이 풍부해 지방조직의 체지방 형성을 억제함으로써 항비만 효과를 나타내며, 혈중 지질 함량을 저하시킴으로써 지질 대사 개선효과를 나타내는 것으로 사료된다.

## References

- Artiss JD, Brogan K, Brucal M, Moghaddam M, Jen KL(2006) The effects of a new soluble dietary fiber on weight gain and selected blood parameters in rats. *Metabolism* 55(2), 195-202
- Biggs HG, Erikson TM, Moorehead WR(1975) A manual colorimetric assay of triglyceride in serum. *Clin Chem* 21(3), 437-441
- Braun JEA, Severson DL(1992) Regulation of the synthesis, processing and translocation of lipoprotein lipase. *J Biochem* 287(2), 337-342
- Buhman K, Furumoto E, Story J(1998) Dietary psyllium increases fecal bile and excretion, total steroid excretion and bile and biosynthesis in rats. *J Nutr* 128(7), 1199-1203
- Chua S, Leibel RL(1997) Obesity genes: molecular and metabolic mechanisms. *Diabetes Rev* 5(1), 2-7
- Ferreres F, Krskova Z, Goncalves RF, Valenta P, Pereira JA, Dusek J, Martin J, Andrade PB(2009) Free water-soluble phenolics profiling in barley(*Hordeum vulgare* L.). *J Agri Food Chem* 57(6), 2405-2409
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley G(1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226(1), 497-509
- Fried SK, Kral JG(1987) Sex differences in regional distribution of fat cell size and lipase in morbidly obese patients. *Int J Obes* 11(2), 129-140
- Fried SK, Zechner R(1989) Cachectin/tumor necrosis factor decreases human adipose tissue lipoprotein lipase mRNA levels, synthesis and activity. *J Lipid Res* 30(12), 1917-1923
- Gordon DT(1992) The importance of total dietary fiber in human nutrition and health. *Korean J Nutr* 25(1), 75-76
- Han SY(2011) Antioxidative effects of the extract from barley sprout and application of the extracts to an edible oil and fat. MT Thesis, Chonbuk National University
- Hartog MGL, Feskens EJM, Hollman PCH, Katan MB, Kromhouy D(1993) Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen elderly study. *Lancet* 342(8878), 1007-1011
- Imaizumi K, Tominaga A, Maivatari K, Sugano M(1982) Effect of cellulose and guar gum on the secretion of mesenteric lymph chylomicrons in meal-fed rats. *Nutr Rep Int* 26(2), 263-269
- Iverius PH, Brunzell JD(1985) Human adipose tissue lipoprotein lipase : change with feeding and relation to postheparin plasma enzyme. *Am J Physiol* 249(1), E107-E114
- Kang BM, Sim MO, Kim MS, Yoo SJ, Yeo JH, Jung WS(2017) Anti-obesity effects of barley sprout young leaf on 3T3-L1 cells and high-fat diet-induced obese mice. *Korean J Medi Crop Sci* 25(6), 367-374
- Kim CM, Kim HP, Sin KS, Pachaly P(1991) Pharmacological activities of water extracts of *Umbelliferae* plants. *Arch Pharm Res* 14(1), 87-92
- Kim DC, Kim DW, Lee SD, In MJ(2006) Preparation of barley leaf powder tea and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35(6), 734-737
- Kim IS, Han SH, Han KW(1997) Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26(6), 1058-1062
- Kim KT, Kim SS, Lee SH, Kim DM(2003) The functionality of barley leaves and its application on functional foods. *Food Sci Indus* 36(1), 45-49
- Kim MY, Kim DY(2015). Anti-inflammatory effect of barley leaf ethanol extract in LPS-stimulated RAW264.7 macrophage. *Korean J Food Preserv* 22(5), 735-743
- Kim MR, Kim JH, Wi DS, Na JH, Sok DE(1999) Volatile sulfur compounds, proximate components, minerals, vitamin C content and sensory characteristics of the juices of kale and broccoli leaves. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28(6), 1201-1207
- Kim YS, Kim JG, LEE YS, Kang IJ(2005) Comparison of the chemical components of buckwheat seed and sprout. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34(1), 206-211
- King DJ, Devaney N(1988) Clinical pharmacology of sibutramine hydrochloride(BTS 54524), a new antidepressant, in healthy volunteers. *Br J Clin Pharmacol* 26(5), 607-611
- Kwon TB(1994) Changes in rutin and fatty acids of buck wheat during germination. *Korean J Food Nutr* 7(2), 124-127

- Kylen AM, McCreedy RM(1975) Nutrients in seeds and sprouts of alfalfa, lentils, mung beans and soybeans. *J Food Sci* 40(5), 1008-1009
- Lample JW(1999) Health effects of vegetables and fruit assessing mechanism of action in human experimental studies. *Am J Clin Nutr* 70(3 Suppl), 475-490
- Lee JJ, Chung CS, Kim JG, Choi BD(2000) Effect of fasting refeeding on rat adipose tissue lipoprotein lipase activity and lipogenesis: influence of food restriction during refeeding. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29(3), 471-478
- Lee JJ, Lee YM, Shin HD, Jeong YS, Lee MY(2007) Effects of vegetable sprout power mixture on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36(8), 965-974
- Lee HJ, Hwang EH(1997) Effects of alginic acid, cellulose and pectin level on bowel function in rats. *Korean J Nutr* 30(5), 456-477
- Lee MH, Woo SJ, Kwon TB(1994) Changes in contents and composition of dietary fiber during buckwheat germination. *Korean J Food Nutr* 7(4), 274-283
- Lee SI, Lee YK, Kim SD, Yang SH, Suh JW(2012) Dietary effects of post-fermented green tea by *Monascus pilosus* on the body weight, serum lipid profiles and the activities of hepatic antioxidative enzymes in mouse fed a high fat diet. *J Appl Biol Chem* 55(2) 85-94
- Lee YC, Son JY, Kim KT, Kim SS(1994) Antioxidant activity of solvent extract isolated from barley leaves. *Korean J Food Nutr* 7(4), 332-337
- Markham KR, Mitchell KA(2003) The mis-identification of the major antioxidant flavonoids in young barley (*Hordeum vulgare*) leaves. *Z Naturforsch* 58(1-2), 53-56.
- Miller NE(1987) The evidence for the antiatherogenicity of high density lipoprotein in man. *Lipid* 13(12), 914-919
- Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T(2005) Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twin-screwextruder. *J Food Comp Anal* 18(4), 303-316
- Paik HS, Yearick ES(1978) The influence of dietary fat and meal frequency on lipoprotein lipase and hormone-sensitive lipase in rat adipose tissue. *J Nutr* 108(11), 1798-1805
- Park SJ, Lee JS, Hoe YH, Moon EY, Kang MH(2008) Physiology activity of barley leaf using different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(12), 1627-1631
- Pedersen SB, Borglum JD, Moller-Pedersen T, Richelsen B(1992) Characterization of nuclear corticosteroid receptors in rat adipocytes. Regional variations and modulatory effects of hormones. *Biochim Biophys Acta* 1134(3), 303-308
- Rebuffe-Scrive M, Walsh UA, Mcewen B, Rodin DS(1992) Effects of chronic stresses and exogenous glucocorticoids on regional fat distribution and metabolism. *Physiol Behav* 52(3), 583-590
- Reeves PG, Nielson FH, Fahey Jr GC(1993) AIN-93 purified diets for laboratory rodents : final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J Nutr* 123(11), 1939-1951
- Rhee SJ, Park HK(1984) Changes of lipid concentration and histochemical observation in liver of rats fed high fat diet. *Korean J Nutr* 17(2), 113-125
- Rosenfeld L(1989) Lipoprotein analysis. Early methods in the diagnosis of atherosclerosis. *Arch Pathol Lab Med* 113(10), 1101-1110
- Ross R(1983) The pathogenesis of atherosclerosis-an update. *New Engl J Med* 314(8), 488-494
- Ryu SN, Lee EJ, Lee CW(2002) Varietal difference of saponarin content and antioxidant activity in barley leaf. *Korean J Breed* 34(1), 46-49
- Seo WD, Yuk HJ, Curtis-Long MJ, Jang KC, Lee JH, Han SI, Kang HW, Nam MH, Lee SJ, Lee JH, Park KH(2013) Effect of the growth stage and cultivar on policosanol profiles of barley sprouts and their adenosine 5'-monophosphate-activated protein kinase activation. *J Agri Food Chem* 61(5), 1117-1123
- Singh DK, Li L, Porter TD(2006) Policosanol inhibits cholesterol synthesis in hepatoma cells by activation of AMP-kinase. *J Pharmacol Exp Ther* 318(3), 1020-1026
- Son HK, Lee YM, Lee JJ(2016a) Effect of young barley leaf powder on glucose control in the diabetic rats. *Korean J Community Living Sci* 27(1), 19-29
- Son HK, Lee YM, Lee JJ(2016b) Nutrients composition and antioxidative effects of young barley leaf. *Korean J Community Living Sci* 27(4), 851-862
- Song J, Kim SL, Hwang JJ, Son YK, Song JC, Hur HS(2000) Physicochemical properties of soybean sprouts according to culture period. *Korea Soybean Digest* 17(2), 84-89
- Song MR(2001) Volatile flavor components of cultivated radish(*Raphanus sativa* L.) sprout. *Korean J Food Nutr* 14(1), 20-27
- Yang EJ, Cho YS, Choi MS, Woo MN, Kim MJ, Shon MY, Lee MK(2009) Effects of young barley leaf on lipid contents and hepatic lipid-regulating enzyme activities in mice fed high-fat diet. *Korean J Nutr* 42(1), 12-22
- Yang JL, Suh MJ, Song YS(1996) Effects of dietary fibers on cholesterol metabolism in cholesterol-fed rats. *J Korean Soc Food Nutr* 25(3), 392-398
- Yugarani T, Tan BK, The M, Das NP(1992) Effects of polyphenolic natural products on the lipid profiles of rats diets. *Lipids* 27(3), 181-186
- Yun YP, Kang WS, Lee MY(1996) The antithrombotic effects of green tea catechins. *J Food Hyg Safety* 11(2), 77-82
- Zlatkis A, Zak B(1969) Study of a new cholesterol reagent. *Anal Biochem* 29(1), 143-148