

옥수수 껍질 분말의 *In Vitro*에서의 항산화 특성과 고지방식이로 유도된 Mice의 혈청지질 수준에 미치는 영향

신경옥¹ · 김용환² · 이기원³ · 최경순^{1†}

¹삼육대학교 식품영양학과, ²경기대학교 식품생물공학과, ³경기대학교 기초과학연구소

Effect of *In Vitro* Antioxidant Properties and Extract of Corn Husk on Serum Lipids in Mice

Kyung-Ok Shin¹, Yong-Hwan Kim², Ki-Won Lee³ and Kyung-Soon Choi^{1†}

¹Dept. of Food and Nutrition, Sahmyook University, Seoul 139-742, Korea

²Dept. of Food Science & Biotechnology, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

³The Research Institute of Basic Science, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

ABSTRACT

This study was performed to verify the effects of corn husk powder on serum lipid levels of high-fat diet-induced mice from a nutritional viewpoint. Powder of corn husks has been used as a folk remedy from ancient times in Korea. In the case of corn husk measurement of TPC ($p<0.05$), ABTS+ radical scavenging activity of trolox ($p<0.05$), DPPH radical scavenging activity ($p<0.05$), and measured value of FRAP ($p<0.0001$) were higher in ethanol extract than water extract. Weight of livers was significantly higher in the control group and high-fat diet group compared to groups fed 10% and 20% corn husk powders with high-fat diet ($p<0.0001$). For blood HDL-cholesterol concentration, mice fed 10% corn husk powder with high-fat diet (160.00 ± 16.17 mg/dL) showed significantly higher levels compared with the other three groups ($p<0.05$). Mice fed 10% and 20% corn husk powders with high-fat diet showed high numerical values of 13.50 ± 2.51 and 11.25 ± 2.87 mg/dL, respectively. For triglyceride concentration in blood, mice fed 10% (83.50 ± 19.30 mg/dL) and 20% (88.50 ± 22.25) corn husk powder with high-fat diet showed very low levels compared to the control group and high-fat diet group. In the case of leptin, the high-fat diet group showed a significantly high level of 5.88 ± 3.53 ng/dL. Groups fed 10% and 20% corn husks with high-fat diet showed low numerical values of 2.72 ± 2.34 ng/dL and 1.10 ± 0.62 ng/dL, respectively ($p<0.05$). Corn husk powder increased high HDL-cholesterol concentration in blood while lowering triglyceride concentration and leptin secretion. Therefore, powder of corn husks has utility in the food industry and food processing.

Key words: Corn husk, antioxidant, triglyceride, insulin, leptin

서 론

옥수수는 외떡잎식물 벼목 화본과에 속하는 한해살이 식물로 7월에서 9월까지가 수확시기이다. 옥수수(*Zea mays* L.)는 밀, 벼와 함께 세계 3대 주요 곡물에 속한다. 오늘날 국내에서는 육류 섭취의 증가와 함께 옥수수의 소비가 증가하였으며(Lee *et al* 2004), 해외 곡물 값이 오르고 세계의 기상악화, 가축사료로의 사용 증가 및 바이오연료로 옥수수가 이용되면서 재배면적이 늘어나는 추세이다. 최근에는 옥수수의 활용은 시럽, 녹말, 조미료, 의약품, 시약, 화장품, 주류, 과자류, 도료, 인쇄 및 제지업 등 다양한 분야로 그 이용성을 넓히고 있다(Lim *et al* 2014). 특히 웰빙이 대두되면서 농약성

분의 검출이 적은 옥수수에 대한 관심이 높아지고 있으며, 식이섬유를 많이 함유하고 있는 옥수수는 여성들의 다이어트 식품으로 좋은 반응을 보이고 있다. Park *et al*(2014)의 연구에서는 우리나라의 2012년에 옥수수 수입량은 약 820만 톤이었으며, 이 중에서 사료용 옥수수 수입량이 약 600만 톤으로 대부분 사료용 옥수수는 수입에 의존하고 있는 실정이라고 강조하고 있다. 선행연구(Lee *et al* 2004; Kim *et al* 2014; Moon *et al* 2014)에서 보고된 바와 같이 옥수수의 품종 개량을 위해서 서로 다른 종의 옥수수끼리 또는 밀 등과 교잡을 통해 다양한 품종을 개량하는 연구들이 진행되고 있다. 특히 옥수수수염은 옥발, 옥미발, 옥축서예라고도 불리우고, 이노시톨·크립토잔틴·파토펜산·비타민 C·비타민 K·시토시테롤·스티그마스테롤·말릭산·타르타릭산·글루코스·자일란·카테콜 등이 함유되어 있으며, 우리나라뿐만 아니라,

† Corresponding author : Kyung-Soon Choi, Tel: +82-2-3399-1652; Fax: +82-2-3399-1655, E-mail: choiks@syu.ac.kr

중국이나 베트남 등에서 토혈, 지혈, 이담(利膽)작용, 요도결석, 신장염, 당뇨병 치료제 및 이뇨제 등으로 다양한 민간요법으로 이용하고 있다(Cáceres *et al* 1987; Kwan *et al* 1999; Kim *et al* 2000; Ku *et al* 2009; Cha *et al* 2012). 옥수수 잎은 옥초서엽이라고 불리며, 신장이나 방광 결석 시에 잎을 활용한다. 옥수수 속대(옥미축)는 베타시토스테롤을 함유하고 있으며, 몸의 염증을 완화시켜 주고, 치통해소, 이뇨작용 및 어린 소화불량 치료에 효능이 있는 것으로 알려지고 있다(Cáceres *et al* 1987).

옥수수 껍질은 예로부터 차로 끓여서 마시면 임산부의 습관성 유산을 예방한다고 한다고 전해지고 있다. 그러나 현재 과학적으로 옥수수 껍질에 대한 연구는 전혀 이루어지고 있지 않은 실정이다. 또한 풍요로워진 생활만큼 환경오염, 스트레스, 운동량 부족 및 영양불균형 등으로 인해 만성질환이 증가하고 있으며(Moon SJ 1996; Yim *et al* 1998; Han SM 2001; Shin *et al* 2011), 이에 따라 예방과 치료를 위해서는 약물 이외의 식생활의 변화가 요구되며, 특히 식물 자원들의 성분과 기능에 관한 과학적인 연구가 활발히 진행되고 있다(Choi *et al* 2002; Cha *et al* 2002; Kim *et al* 2002; Shin *et al* 2011).

이에 본 연구에서는 우리나라에서 오래 전부터 식사대용 및 민간요법으로 사용되었던 옥수수 껍질을 이용하여 영양학적 관점으로 옥수수 껍질 분말이 가지고 있는 식품의 일반 성분 분석과 항산화 활성 및 고지방식으로 유도된 흰쥐 체내 혈액 내에서의 지질 반응 등을 확인하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 옥수수 껍질의 일반성분 분석

일반성분 분석은 식품공전법(2003)에 준하여 실시하였으며, 수분 함량의 측정은 상압가열건조법(105℃ 건조법), 회분은 직접회화법, 지방은 Soxhlet 추출법 및 조단백질은 Keltech 방법으로 측정하였다. 모든 결과는 3회 반복 실험한 것을 평균값으로 계산하여 나타내었다.

2. 항산화 분석

1) 시료 준비

옥수수 껍질(대학찰옥수수)은 2014년 7월 13일 충청북도 괴산에서 채취하여 동결 건조한 후, 분말로 만들어 열수 추출물과 70.5% 에탄올 추출물을 증류수에 넣고 초음파 추출(SM30-CEP, Mirco, Korea)을 하여 사용하였다. 그 과정은 열수 추출물은 시료를 95℃ water bath에서 2시간 열을 가한 후, 원심분리(6,000 rpm, 45 min, 4℃)하여 증발 건조시킨 후 사용하였으며, 70.5% 에탄올 추출물은 분쇄된 시료를 일정

량을 취하여 0.5% 에탄올 85℃에서 2시간 냉각기를 이용하여 응축시킨 후, 원심분리(6,000 rpm, 45 min, 4℃)하여 증발 건조시킨 후 사용하였다.

2) 총 페놀 함량의 측정(Total Phenolic Content, TPC)

총 페놀 함량의 측정은 Folin-Ciocalteu's(FC) reagent를 이용하여 시험하였다. Metal oxide reduction을 이용한 방법으로 각 시료 20 µL에 증류수 1.58 mL를 추가한 후 FC reagent 100 µL를 vortex로 혼합하여 5분 후 20% sodium carbonate 용액 300 µL를 첨가하여 2시간 동안 실온에서 반응시킨 후 765 nm 파장에서 spectrophotometer(Ultrospec 3,100 pro, Amersham Bio., Cambridge, UK)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 옥수수 껍질 분말의 페놀 함량은 옥수수 껍질 분말 중 100 g에 해당하는 galic acid의 용량(mg GAE/g dw)으로 표시하였다.

3) ABTS[2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)] 실험

ABTS assay 방법은 Re *et al*(1999)의 방법을 변형하여 실험하였다. ABTS 용액은 7 mM ABTS 저장용액과 2.45 mM potassium persulfate(K₂S₂O₈)을 포함하는 ABTS 용액에 시료를 혼합하여 실온에서 6분간 반응시킨 후, 734 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 항산화능은 추출용매인 1% HCl이 포함된 60% MeOH을 대조군으로 하여 대조군에 대한 라디칼 소거능을 백분율로 나타내었다. Trolox를 표준물질로 Trolox equivalents antioxidant capacity(TEAC)값을 구하였다.

* 흡광도의 감소는 $I = [(AB - AA) / AB] \times 100$ 에 의해 구하였다 (I = ABTS · + inhibition%, AB = absorbance of a blank sample, t=0 min, AA = absorbance of a test sample at the end of the reaction, t=15 min).

4) DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능 측정

전자 공여능(electron donating ability, EDA) 측정은 Sa'nchez-Moreno *et al*(1998)의 방법에 준하여 각각의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 시료 50 µL를 넣고 60 µM DPPH 2 mL를 첨가하여 vortex로 균일하게 혼합한 다음 실온의 암실에서 30분 방치한 후, 515 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Trolox를 표준물질로 Trolox equivalents antioxidant capacity(TEAC)값을 구하였다.

5) FRAP(Ferric Reducing Antioxidant Power)에 의한 항산화활성 측정

옥수수 껍질의 환원력을 구하기 위해 Pulido *et al*(2000)의

방법에 의하여 FRAP assay를 사용하였다. FRAP 용액은 40 mM HCl에 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine)로 녹인 용액 2.5 mL와 20 mM FeCl₃ · 6H₂O 2.5 mL, 0.3 M acetate buffer(pH 3.6) 25 mL를 혼합하여 37°C에서 보관하여 준비하였다. FRAP 용액 900 µL에 시료 30 µL와 증류수 90 µL를 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 595 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 Trolox를 표준품으로 이용하여 만든 표준곡선에 대입하여 옥수수 껍질 분말 중 100 g에 해당하는 Trolox의 용량(mg)으로 표시하였다.

3. 동물실험

1) 실험동물 및 사육조건

실험동물은 (주)오리엔트 바이오로부터 분양받아 실험용 쥐로 널리 이용되는 일반적인 ICR-mouse 8주령 수컷을 성숙기 모델로 잡아 실험군당 7마리를 공시하였다. 시판 고형식이 (PicoLab[®] Rodent Diet)로 1주일간 적응시킨 후 무게에 따라 완전임의 배치한 후 60일간 물과 식이를 충분하게 공급 (*ad libitum*)해 주면서 사육하였다. 실험 전체 기간 동안 실험실의 사육조건은 20±2°C, 습도 40~60%를 항상 유지시켰고, 명암은 11±1시간을 주기로 조절하였다. 실험기간은 2014년 9월 16일부터 2014년 11월 11일까지 총 8주간 실험하였다. 실험동물(Approved number; SYUIACUC 2014-038)과정은 삼육대학교 동물실험윤리위원회(IACUC: Institutional Animal Care and Use Committees)의 지침에 따라 수행하였다.

2) 동물사료 조성

동물사료는 현재 시판되고 있는 시판용 mice 고형사료를 분말(powder form)로 만든 후 사용하였으며, 동물실험용 사료조성은 탄수화물 60%(starch + sucrose + glucose + fructose + lactose)를 기준으로 하여 단백질 21%, 지질 13%를 영양원

으로 하였으며, 각종 비타민과 무기질을 각각 1%, 3%, 그리고 섬유질 1%를 첨가하였다. 여기에 실험군에서는 탄수화물 급원으로 옥수수 껍질 분말을 첨가하였으며, 고지방식을 위하여 지질의 함량(고지방 식이군 33% 첨가)을 더 추가하여 배합하였다(Table 1).

3) 체중변화 및 장기 무게

실험동물의 체중은 5일에 한 번씩 측정하였다. 각 군들은 희생 12시간 전부터 절식시키고, ethyl ether로 살짝 마취시킨 후 복부를 절개한 뒤 장기를 적출하여 차가운 생리식염수에 씻은 후, 연결조직을 제거하여 중량을 측정하였다.

4) 혈액 채취

실험동물의 처리는 실험사육 최종일 12시간 동안 절식을 시키고, ethyl ether로 살짝 마취시킨 후 복부를 절개한 뒤 심장에서 주사기를 이용하여 채혈하였다. 채취한 각 혈액은 1시간 정도 4°C 냉장실에 놓아둔 후에 5°C 원심분리기를 이용하여 3,000 rpm/15min으로 원심분리를 하여 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 각각 100 µL씩 micro tube에 넣어 실험에 사용되기 전까지 -70°C Deep freezer에 보관하였다.

4. 혈중 지질 농도 분석

1) 콜레스테롤 함량 측정

혈청 콜레스테롤 함량은 Cho & Choi(2007)와 Rudel & Morris(1973)의 방법에 따라 o-phthaldehyde 법으로 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. 핵산 5.0 mL를 첨가하여 혼합하고, 증류수 3.0 mL를 가한 다음 1분간 잘 혼합한 다음, 층을 분리하여 1.0 mL의 핵산층을 분취하였다.

Table 1. Composition of experimental diets

(%)

Ingredient	Group	Control	Control + high fat diet	Corn husk + high fat diet 10%	Corn husk + high fat diet 20%
		60	60	60	60
Carbohydrate		(starch + sucrose + glucose + fructose + lactose)	(starch + sucrose + glucose + fructose + lactose)	(corn husk 45.0% + sucrose 15.0%)	(corn husk 45.0% + sucrose 15.0%)
Protein		21	21	21	21
Lipid		13 (Corn oil)	33 (Corn oil)	23 (Corn oil)	33 (Corn oil)
Vitamin		1	1	1	1
Mineral mix		3	3	3	3
Fiber		2	2	2	2

핵산층을 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.

2) HDL-Cholesterol 및 LDL-Cholesterol 함량 측정

혈청 중의 HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 함량의 측정은 Cho & Choi(2007)를 참고하여 HDL-cholesterol(HDL-C 555, Eiken Co., Japan)과 LDL-cholesterol(BLF, Eiken Co., Japan) Kit 시약을 사용하였다.

(1) HDL-Cholesterol 함량 측정

Cho & Choi(2007)를 참고하여 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 μ L, 표준용액(100 mg/dL) 50 μ L, blank로 증류수 50 μ L에 각각 HDL 발색시약 3.0 mL씩을 첨가하고 잘 섞은 후, 37°C 수조상에서 5분간 가온시킨다. Blank를 대조로 하여 555 nm에서 흡광도를 측정하여 HDL-cholesterol의 함량을 정량하였다.

(2) LDL-Cholesterol 함량 측정

Cho & Choi(2007)를 참고하여 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 혼합한 다음, 실온(25±3°C)에서 25분간 방치 후 10분 이내에 증류수를 대조로 하여 분광광도계를 사용하여 650 nm에서 흡광도를 측정하여 LDL-cholesterol의 함량을 정량하였다.

3) 중성지방(Triglyceride) 함량 측정

Cho & Choi(2007)를 참고하여 혈청 중의 중성지방은 TG kit(Sigma Co., USA) 시약을 사용하여 분석하였다. 혈청 10 μ L, 표준용액(300 mg/dL) 10 μ L와 blank로 탈이온수 10 μ L에 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.

5. 혈액 내 생화학적 분석

혈중 인슐린 농도는 실험 종료일에 분리한 혈장에서 ELISA (enzyme-linked immunosorbent assay) kit(Linco, USA)를 사용하였고, 분석장비 (Molecular device, USA)를 이용하여 녹십

자에서 분석하였다. 혈중 leptin 농도는 ELISA를 이용하여 분석하였으며, 분석 방법은 manufacturer's protocols(R&D Systems Inc. Minneapolis, MN, USA)에 의해 분석하였다.

6. Statistical Analysis

수집된 모든 자료는 SPSS package(version 18.0) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 항산화 활성 실험 방법에 대한 평균치 비교는 student *t*-test 방법을 이용하여 유의성 분석을 하였다($p < 0.05$, $p < 0.0001$). 그룹 간의 평균치 비교는 one-way ANOVA 방법에 따라 실시하였으며, 평균들 간 차이의 유의성 분석($p < 0.05$, $p < 0.0001$)은 Duncan의 다중검정법에 의해 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 옥수수 껍질 분말의 일반성분 분석

옥수수 껍질 분말의 일반성분 분석 결과는 Table 2에 제시하였다. 수분 함량은 6.46±0.16%, 조회분 함량은 2.77±0.16%, 조지방 함량은 4.92±0.73% 및 조단백질 함량은 3.41±0.06%로 조사되었다. 어린 옥수수의 경우, 가식부 100 g당 수분 89.2 g, 조회분 0.8 g, 지질 0.3 g 및 단백질 1.7 g으로 보고되고 있으며, 옥수수 가루의 경우 가식부 100 g당 수분 6.7 g, 회분 1.5 g, 지방 3.6 g, 단백질 10.1 g으로 보고되고 있다(Food composition table I 2006). 이와 동시에 옥수수과 같은 벼과 식물인 차조의 경우 가식부 100 g당 수분 12.2 g, 조회분 1.5 g, 지질 3.0 g 및 단백질 19.3 g으로 보고되고 있으며, 찰수수의 경우는 가식부 100 g당 수분 8.8 g, 조회분 1.1 g, 지질 1.2 g 및 단백질 9.7 g으로 보고되고 있다(Food composition table I 2006). 또한 우리나라에서 주식으로 사용하는 흰쌀의 경우는 가식부 100 g당 수분 10.8 g, 조회분 0.4 g, 지질 0.5 g 및 단백질 6.4 g으로 보고되고 있다(Food composition table I 2006).

2. 항산화 분석

옥수수 껍질 분말의 항산화성에 관해서는 Table 3에 제시하였다. 옥수수 껍질 분말의 경우, 수분 추출보다 에탄올 추출에서 TPC의 측정, trolox의 ABTS+·의 소거활성, DPPH 소

Table 2. General component composition (%)

	Moisture	Crude ash	Crude fat	Crude protein
Corn husk	6.46±0.16 ¹⁾	2.77±0.16	4.92±0.73	3.41±0.06

¹⁾ Mean±S.D.

Table 3. Antioxidant activity and total phenolic contents of corn husk

	Water extracts	Ethanol extracts	t-value
TPC (GAE mg/g dry weight)	3.50±0.30 ¹⁾	4.35±0.19	-6.737*
ABTS (trolox/μmol dry weight)	8.54±1.04	11.93±0.71	-4.783*
DPPH (trolox/μmol dry weight)	2.59±0.01	2.99±0.08	-7.810*
FRAP (trolox/μmol dry weight)	6.18±0.18	7.01±0.17	-71.880**

¹⁾ Mean±S.D.

Significant at * $p<0.05$ and ** $p<0.0001$ by *t*-test.

거활성 및 FRAP의 측정값이 높았다. 옥수수 껍질 분말의 경우 Trolox의 ABTS+·의 소거활성이 11.93±0.71 (trolox/μmol dry weight)으로 가장 높았다. 옥수수수염을 채취하여 실험한 결과 항산화능은 미성숙한 것보다 성숙한 옥수수수염의 항산화 능력이 컸다고 보고하였으며, 페놀성 물질과 플라보노이드 물질도 성숙한 옥수수수염이 높다고 보고하였다(Maksimović & Kovacević 2003). 또한 옥수수수염의 경우 분말의 경우, DPPH 라디칼 소거능은 입자 크기가 작아질수록 그 수치가 증가하였다고 보고하였다(Cha *et al* 2012). Ku *et al*(2009) 연구에서는 옥수수수염의 경우, 항산화 활성과 페놀성 물질 및 안토시아닌과의 상관관계를 고려할 때, Trolox의 ABTS +·의 소거활성과 FRAP assay에서 항산화능을 평가하는 것이 적합하다고 보고하였다. 일반적으로 활성산소는 지질, 단백질 및 핵산 등을 손상시키고, 산화 스트레스를 유발하여 압, 노화, 당뇨 및 동맥경화 등과 같은 질병을 유발할 수 있으며, 항산화 물질은 전자 공여를 통하여 활성산소를 소거시키는 작용을 한다고 보고되고 있다(Duan *et al* 2014). 이에 대해 선행연구(Kim & Choi 2008; Duan *et al* 2014)에서는 천연항산화제는 ascorbic acid, proanthocyanidin 및 β-carotene 등이 있는데, 이러한 페놀화합물은 대표적인 천연 항산화물질로 채소와 과일에 풍부하며, 구조적으로 활성산소의 수용

체에 작용하는 phenolic hydroxyl기를 포함하고 있기 때문에 항산화 활성을 나타낸다고 보고하고 있다. 따라서 최근에는 이러한 생리활성 물질을 함유하고 있는 식물에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이들 식물이 질환의 발병률을 줄일 수 있다는 점에서 중요한 포인트로 작용한다는 것에 주목을 하고 있다.

3. 흰쥐의 체중변화 및 장기 무게

흰쥐의 체중변화와 장기 무게는 각각 Fig. 1과 Table 4에 제시하였다. 흰쥐의 체중 변화율은 고지방식이군에 비해 고지방식이에 옥수수 껍질 분말을 첨가한 군에서 체중 증가율이 낮았다($p<0.05$). 간의 무게는 고지방식이에 옥수수 껍질을 10%(1.62±0.28(g/100 g body wt.))와 20%(1.81±0.31(g/100 g body wt.))를 첨가한 군에 비해 대조군과 고지방식이군에서 각각 2.38±0.33(g/100 g body wt.)와 2.29±0.23(g/100 g body wt.)으로 유의하게 높았다($p<0.0001$).

4. 혈중 지질 농도

흰쥐의 혈중 지질농도는 Table 5에 제시하였다. 혈중 HDL-

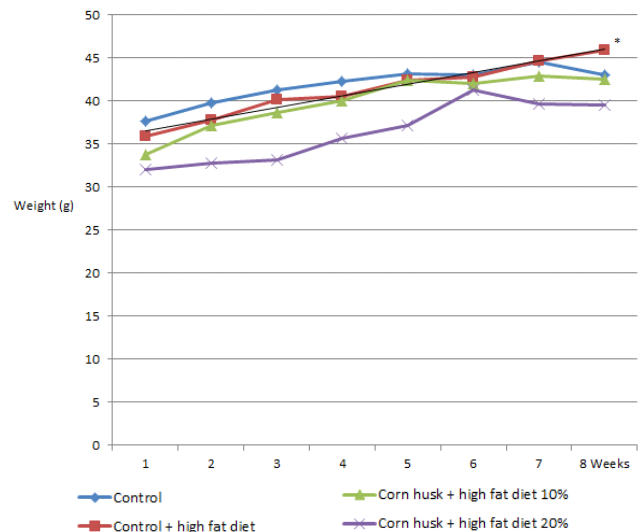


Fig. 1. The change of body weight.

* Significant at $p<0.05$ by ANOVA-test.

Table 4. Organ weight in mice

	Mean±S.D.	Control	Control + high fat diet	Corn husk + high fat diet 10%	Corn husk + high fat diet 20%	Significance
Liver (g/100 g body wt.)	2.03±0.42 ¹⁾	2.38±0.33 ^b	2.29±0.23 ^b	1.62±0.28 ^a	1.81±0.31 ^a	0.0001 ²⁾

¹⁾ Mean±S.D.

²⁾ Significant at $p<0.0001$ by ANOVA-test.

cholesterol 농도는 다른 세군에 비해 고지방식이군에 옥수수 껍질 분말을 10% 첨가한 군(160.00±16.17 mg/dL)에서 유의하게 높았다($p<0.05$). 혈중 HDL-cholesterol은 말초조직 및 혈관벽에 축적된 cholesterol을 이화 및 제거하여 cholesterol ester로 만들어 간으로 운반하여 담즙산으로 배설시키고 혈중 cholesterol 농도를 저하시킴으로써 고지혈증이나 고혈압 등의 심혈관계 질환이 발병을 줄인다고 보고되고 있다(Jung *et al* 1999). LDL-cholesterol 농도는 고지방식이군에서 10.00±1.55 mg/dL였으며, 고지방식이에 옥수수 껍질 분말을 각각 10%와 20% 첨가한 군에서 각각 13.50±2.51 mg/dL와 11.25±2.87 mg/dL로 높은 수치를 보였다($p<0.05$).

혈중 중성지방 농도는 대조군(145.80±32.49 mg/dL)과 고지방식이군(102.50±18.24 mg/dL)보다 고지방식이에 옥수수 껍질 분말을 각각 10%(83.50±19.30 mg/dL)와 20%(88.50±22.25 mg/dL) 첨가한 군에서 매우 낮게 측정되었다($p<0.05$). 혈중 중성지방의 증가는 지방조직으로부터의 지방산 방출의 증가, 간에서의 합성 항진 및 말초조직의 LPL(lipoprotein lipase)활성의 저하 등에 의해 일어나며, 체내에 합성된 중성지방은 VLDL(very low density lipoprotein)에 포함되어 운반된다면(Park *et al* 1998), 본 연구에서 옥수수 껍질 분말은 중성지방 합성 억제 효과가 있는 것으로 나타나, 좀 더 추가된 연구를

진행해야 할 것으로 사료된다.

1990년대 이후 많은 연구자들은 천마 분말(Park *et al* 1998), 감식초(Jung *et al* 1999), 맥문동(Im *et al* 2005) 및 비타민 나무(Kim MW 2010) 등을 이용하여 혈액 내 콜레스테롤 농도를 낮추기 위해서 노력하고 있으며, 이에 가장 큰 영향을 미치는 성분인 항산화물질, 각종 섬유소 및 불포화지방산 연구 및 민간요법을 근거로 하여 지질대사 개선 기능을 갖는 식물 성분 추출과 효능에 주력하고 있다(Park *et al* 1998).

5. 혈액 내 생화학적 분석

흰쥐의 혈중 인슐린과 leptin의 농도는 Table 6에 제시하였다. 혈중 인슐린의 농도는 고지방식이군에서 2.15±1.34 ng/dL였으며, 고지방식이에 옥수수 껍질 분말을 10%와 20%를 첨가한 군에서 각각 0.86±0.42 ng/dL와 0.56±0.48 ng/dL로 나타났지만 유의한 차이는 없었다. Leptin의 경우는 고지방식이군에서 5.88±3.53 ng/dL로 유의하게 높았으며, 고지방식이에 옥수수 껍질 분말을 10%와 20% 첨가한 군에서는 각각 2.72±2.34 ng/dL와 1.10±0.62 ng/dL로 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). Leptin은 체지방 상승에 따라 지방조직에서 분비가 증가되는 호르몬의 일종으로 시상하부에 작용하여 음식 섭취를 억제시켜 비만을 조절하는 역할을 담당하고 있다(Kim & Sung

Table 5. Comparison of blood lipid in mice

	Control	Control + high fat diet	Corn husk + high fat diet 10%	Corn husk + high fat diet 20%	Significance
Total cholesterol (mg/dL)	139.80±17.57 ¹⁾	133.50±28.63	158.00±16.50	127.50±12.61	NS ²⁾
HDL-cholesterol (mg/dL)	133.20±19.04 ^{ab}	131.50±27.72 ^a	160.00±16.17 ^b	129.75±13.50 ^a	0.05 ³⁾
LDL-cholesterol (mg/dL)	9.00±0.00 ^a	10.00±1.55 ^a	13.50±2.51 ^b	11.25±2.87 ^{ab}	0.05
Triglyceride (mg/dL)	145.80±32.49 ^b	102.50±18.24 ^a	83.50±19.30 ^a	88.50±22.25 ^a	0.05
HDL-cholesterol/total cholesterol	0.95	0.99	1.01	1.02	-

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.

Table 6. Comparison of insulin and leptin level in mice

	Control	Control + high fat diet	Corn husk + high fat diet 10%	Corn husk + high fat diet 20%	Significance
Insulin (ng/dL)	1.18±0.62 ¹⁾	2.15±1.34	0.86±0.42	0.56±0.48	NS ²⁾
Leptin (ng/dL)	2.06±1.77 ^a	5.88±3.53 ^b	2.72±2.34 ^a	1.10±0.62 ^a	0.05 ³⁾

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.

2000; Lee *et al* 2007). 동물과 인체 실험에서 leptin의 함량은 체지방과 연관성이 크고 높은 혈중 leptin의 함량은 지방의 축적을 반영한다고 보고되고 있다(Havel *et al* 1996; Kim & Sung 2000; Lee *et al* 2007). 고지방식을 섭취하거나 과잉 열량을 섭취하면 leptin의 수준이 증가하여 leptin resistance 한 결과를 초래하거나, 과잉 열량으로 인한 비만으로 leptin이 증가하여 뇌에서 leptin signaling이 저해되어 식품섭취능력이 저하된다고 보고되고 있다(Kim *et al* 2007; Yang & Barouch 2007). 따라서 본 연구에서도 고지방식을 한 군에서는 혈중 leptin의 함량이 높았으며, 고지방식에 옥수수 껍질 분말을 첨가한 군에서는 혈중 leptin의 함량이 낮은 결과를 보였다. 따라서 옥수수 껍질 분말이 혈중 지방의 농도를 낮추거나 에너지 소비를 증가시키는 것으로 사료된다. 또한 옥수수 껍질 분말을 첨가한 군에서는 고지방식이군에 비해 체중 증가율이 낮았는데, 이는 흰쥐 체내 대사에 있어서 에너지 소비를 증가시키거나, 식이섭취율의 감소 및 식이섭취의 작용으로 사료된다.

선행연구(Havel PJ 2000; Hong *et al* 2001)에서는 사람에게 인슐린을 주입했을 때, 혈중 leptin 농도를 증가시켜 인슐린은 leptin 생성의 주요 조절인자라고 하였으며, 본 연구에서도 각각의 군에서 혈중 인슐린과 leptin의 분비가 같은 양상을 보였다. 또한 본 연구에서 보면, 식이조성 변화에 따라 즉, 고지방 식이에 의한 혈청 leptin의 함량의 변화가 관찰되었으며, Hong *et al*(2001)의 연구에서 보고한 것처럼 leptin이 신체 내 영양상태를 전달하는 호르몬으로 체지방의 변화에 따라 작용함을 나타내는 것으로 사료된다. 또한 앞서 제시했던 체중의 변화율을 볼 때, 고지방식을 섭취한 군에 비해 옥수수 껍질 분말을 섭취한 군에서는 체중증가율이 낮았는데, 이는 선행연구(Meier CA 1995; Hong *et al* 2001)에서 제시한 것처럼 leptin이 에너지 소비율을 증가시켜 체중 감량이 나타났다는 이론을 뒷받침하고 있다.

요약 및 결론

본 연구에서는 식사대용 및 민간요법으로 사용되었던 옥수수 껍질을 이용하여 영양학적 관점으로 옥수수 껍질 분말이 가지고 있는 식품의 일반성분 분석과 항산화 활성 및 고지방식으로 유도된 흰쥐 체내 혈액 내에서의 지질 반응 등을 확인하고자 실시하였다.

1. 옥수수 껍질 분말의 수분 함량은 $6.46 \pm 0.16\%$, 조회분 함량은 $2.77 \pm 0.16\%$, 조지방 함량은 $4.92 \pm 0.73\%$ 및 조단백질 함량은 $3.41 \pm 0.06\%$ 로 조사되었다.
2. 옥수수 껍질 분말의 경우, 수분(water) 추출보다 에탄올 추출에서 TPC의 측정, trolox의 ABTS+·의 소거활성, DPPH

소거활성 및 FRAP의 측정값이 높았다.

3. 고지방식이군에 비해 고지방식에 옥수수 껍질 분말을 첨가한 군에서 체중 증가율이 낮았다($p < 0.05$). 간의 무게는 고지방식에 옥수수 껍질을 10%와 20%를 첨가한 군에 비해 대조군과 고지방식이군에서 유의하게 높았다($p < 0.0001$).
4. 혈중 HDL-cholesterol 농도는 다른 세 군에 비해 고지방식이군에 옥수수 껍질 분말을 10% 첨가한 군에서 유의하게 높았으며($p < 0.05$), 혈중 중성지방 농도는 대조군과 고지방식이군보다 고지방식에 옥수수 껍질 분말을 각각 10%와 20% 첨가한 군에서 매우 낮게 측정되었다($p < 0.05$).
5. 혈중 인슐린의 농도는 고지방식이군에서 2.15 ± 1.34 ng/dL였으며, 고지방식에 옥수수 껍질 분말을 10%와 20%를 첨가한 군에서 각각 0.86 ± 0.42 ng/dL와 0.56 ± 0.48 ng/dL로 나타났지만 유의한 차이는 없었다. 그러나 leptin의 경우는 고지방 식이군에서 5.88 ± 3.53 ng/dL로 유의하게 높았으며, 고지방식에 옥수수 껍질 분말을 10%와 20% 첨가한 군에서는 각각 2.72 ± 2.34 ng/dL와 1.10 ± 0.62 ng/dL로 낮은 수치를 보였다($p < 0.05$).

따라서 옥수수 껍질 분말의 경우 혈중 HDL-cholesterol 농도를 높이고, 중성지방 농도를 낮추며, leptin의 분비를 낮추는 것으로 나타났다. 그러므로 옥수수 껍질 분말을 이용하여 식품산업 및 가공에 이용할 가치가 있을 것으로 사료되며, 기능성 식품에 이용가치를 높일 수 있는 추가 실험이 진행되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Cáceres A, Girón LM, Martínez AM (1987) Diuretic activity of plants used for the treatment of urinary ailments in Guatemala. *J Ethnopharmacol* 19: 233-245.
- Cha SM, Son BY, Lee JS, Baek SB, Kim SL, Ku JH, Hwang JJ, Song BH, Woo SH, Kwon YU, Kim JT (2012) Effect of particle size on physico-chemical properties and antioxidant activity of corn silk powder. *Korean J Crop Sci* 57: 41-50.
- Cha WS, Kim CK, Kim JS (2002) On the development of functional health beverages using citrus reticulate, *Ostrea glgas*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 17: 503-507.
- Cho WK, Choi JH (2007) Effect of pyroligneous liquor on lipid metabolism in serum of CD rats. *Korean J Nutr* 40: 24-30.
- Choi MS, Do DH, Choi DJ (2002) The effect of mixing beverage with *Aralia continentalis* Kitagawa root on blood pressure and blood constituents of the diabetic and hyper-

- tensive elderly. *Korean J Food & Nutr* 15: 165-172.
- Duan Yishan, Kim MA, Seong JH, Lee YG, Kim DS, Chung HS, Kim HS (2014) Impacts of various solvent extracts from wild Haw(*Crataegus pinnatifida* Bunge) pulpy on the antioxidative activities. *J East Asian Soc Dietary Life* 24: 392-399.
- Food Code (2003) Korea Food and Drug Administration. Korean Foods Ind. Asso. Seoul. Korea.
- Food composition table I (2006) National Rural Resources Development Institute, R.D.A. p 146.
- Han SM (2001) Studies on the functional components and cooking aptitude for medicinal tea of *Chrysanthemum indicum* L.. *MS Dissertation* Sejong University. p 25.
- Havel PJ (2000) Role of adipose tissue in body-weight regulation: Mechanisms regulating leptin production and energy balance. *Proc Nutr Soc* 59: 359-71.
- Havel PJ, Kasim-Karakas S, Dubuc GR, Mueller W, Phinney SD (1996) Gender differences in plasma leptin concentrations. *Nat Med* 2: 949-950.
- Hong KH, Kang SA, Kim SH, Choue RW (2001) Effects of high fat diet on leptin and insulin level and brown adipose tissue UCP 1 expression in rats. *Korean J Nutr* 34: 865-871.
- Im JG, Kang MS, Park IK, Kim SD (2005) Dietary effect of Liriopsis tuber water extracts on the level of blood glucose and serum cholesterol in streptozotocin-induced diabetic rats. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 20-28.
- Jung SH, Kim JH, Jeong YJ, Choi MJ (1999) Effect of persimmon vinegar on serum lipid profile in rats with high cholesterol diet. *J East Asian Soc Dietary Life* 9: 421-426.
- Kim JH, Park JH, Park SD, Choi SY, Seong JH, Moon KD (2002) Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower seed. *Korean J Food Sci Technol* 34: 617-624.
- Kim JS, Choi SY (2008) Physicochemical properties and antioxidative activities of *omija*(*Schizandra chinensis* Bailon). *Korean J Food Nutr* 21: 35-42.
- Kim IK, Kang JH, Song JH (2007) Serum leptin levels and changes in body weight and obesity index in Gwacheon elementary school children. *Korean J Nutr* 40: 736-744.
- Kim MH, Sung CJ (2000) The study of relationship among serum leptin, nutritional status, serum glucose and lipids of middle-school girls. *Korean J Nutr* 33: 49-58.
- Kim MW (2010) Effect of sea buckthorn leave on plasma blood glucose and cholesterol level streptozotocin induced diabetic rats. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 372-381.
- Kim SL, Park CH, Kim EH, Hur HS, Son YK (2000) Physicochemical characteristics of corn silk. *Korean J Crop Sci* 45: 392-399.
- Kim YJ, Son BY, Choi ID, Hyun JN, Park KG, Yun SJ (2014) Variation in genotypic responses of wheat and maize for wheat haploid production. *Korean J Bread Sci* 46: 203-208.
- Ku KM, Kim SK, Kang YH (2009) Antioxidant activity and functional components of corn silk(*Zea may* L.). *Korean J Plant Res* 22: 323-329.
- Kwan JJ, Lee JG, Kim OC (1999) Volatile compounds of corn silk(*Zea may* L.). *Korean J Food Nutr* 12: 375-379.
- Lee DH, Bae YJ, Sung CJ (2007) The study of relation among serum leptin, lipids, bone metabolism marker and nutrient intake of middle-school girls. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 183-191.
- Lee JK, Park JY, Park KJ, Ryu SH, Shin JH, Lee MS, Min HK, Kim NS (2004) Genetic studies of major agronomic traits in hybrid populations of maize inbred lines. *Korean J Plant Res* 17: 304-313.
- Lim JT, Chang JH, Rho YJ, Ryu JH, Chung DY, Cho JW (2014) The effect of nitrogen rates on the growth and yield of maize in agricultural fields with the stream. *Korean J Crop Sci* 59: 101-108.
- Maksimović ZA, Kovacević N (2003) Preliminary assay on the antioxidative activity of *Maydis stigma* extracts. *Fito-terapia* 74: 144-147.
- Meier CA (1995) Advances in the understanding of the molecular basis of obesity. *Eur J Endocrinol* 133: 761-763.
- Moon JC, Kim JY, Baek SB, Kwon YU, Song KT, Lee BM (2014) Transcription factor for gene function analysis in maize. *Korean J Crop Sci* 59: 263-281.
- Moon SJ (1996) Korean disease pattern and nutrition. *Korean J Nutr* 29: 381-383.
- Park JY, Sa KJ, Park KJ, Lee JK (2014) Analysis of morphological characteristics for normal maize inbred lines. *Korean J Crop Sci* 59: 312-318.
- Park MY, Sung NJ, Shin JH, Lee SJ, Park PS (1998) Effects of *Gastrodia rhizoma* on lipid components of serum in hypercholesterolemic rats. *J East Asian Soc Dietary Life* 8: 1-8.
- Pulido R, Bravo L, Saura-Calixto F (2000) Antioxidant activity

- of dietary polyphenols as determined by a modified ferric reducing/antioxidant power assay. *J Agric Food Chem* 48: 3396-3402.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Rudel L, Morris MD (1973) Determination of cholesterol using o-phthalaldehyde. *J Lipid Res* 14: 364-366.
- Sa´nchez-Moreno C, Larrauri, JA, Saura-Calixto FA (1998) Procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *J Sci Food Agric* 76: 270-276.
- Shin EH, Park SJ, Choi SK (2011) Component analysis and antioxidant activity of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 691-697.
- Yang R, Barouch LA (2007) Leptin signaling and obesity: Cardiovascular consequences. *Circ Res* 101: 545-559.
- Yim JE, Choue RW, Kim YS (1998) Effect of dietary counseling and HMG CoA reductase inhibitor treatment on serum lipid levels in hyperlipidemic patients. *Korean J Lipidology* 8: 61-76.

Date Received	Feb. 11, 2015
Date Revised	Mar. 30, 2015
Date Accepted	Mar. 31, 2015