

C57BL/6J 마우스에서 울금(*Curcuma longa* L.) 추출물이 첨가된 인조쌀의 체내 지질 수준 개선 효과

육진선¹ · 김민아¹ · 이승재² · 최정운³ · 차연수¹

¹전북대학교 식품영양학과

²전라북도 생물산업진흥원

³한우물영농조합법인

Improvement Effect of Artificial Rice Containing *Curcuma longa* L. Extract on Lipid Parameters in C57BL/6J Mice

Jin-Seon Yook¹, Mina Kim¹, Seung-Jae Lee², Jong-Un Choi³, and Youn-Soo Cha¹

¹Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University

²Jeonbuk Institute for Food-Bioindustry

³Hanwoomul The Agri. Union Co.

ABSTRACT This study investigated the improvement effects of artificial rice containing *Curcuma longa* L. on lipid parameters in 3T3-L1 cells and C57BL/6J mice. Mice were divided into four groups, normal diet group (ND), high-fat diet group (HD), 20% artificial group (A20), and 20% *Curcuma longa* L. artificial rice group (C20), for 14 weeks. Adipogenesis was significantly suppressed compared with non-treated control at a concentration of 20 µg/mL. After the animal experiment, food efficiency ratio was elevated in the experimental group due to high-fat diet, whereas it was reduced in the A20 group and significantly reduced in the C20 group. Epididymal fat pad weight was significantly diminished in the C20 group. In addition, serum triglycerides were significantly reduced in the A20 and C20 groups compared to the HD group. Moreover, serum cholesterol level tended to decrease in the A20 group and significantly decreased in the C20 group compared with the HD group. According to these results, we can know that *Curcuma longa* L.-containing artificial rice has an improvement effect on lipid metabolism.

Key words: artificial rice, lipid parameters, high fat diet, *Curcuma longa* L.

서 론

쌀은 밀, 옥수수 등과 함께 세계 3대 곡물 중 하나로 우리나라의 주식으로 이용되어 왔으나 생활패턴의 변화로 인해 그 소비량은 급격히 감소하는 추세이다. 하지만 반대로 기능성 쌀에 대한 수요는 점차 증가하고 있다(1). 이러한 현상은 웰빙 문화의 확산으로 두드러지게 되었다. 이는 소비자가 식품을 단순한 배를 채우기 위한 1차적인 수단으로 생각하는 것이 아니라 건강 증진을 위한 수단이라 생각하기 때문에 소비자의 심리가 쌀 시장 형태 변화의 근본적인 원인이 된 것이다(1). 이와 같은 추세에 따라 기능성 쌀이 개발되고 있는데 기능성 쌀은 쌀에 기능성 물질을 첨가하거나 일부 영양 성분을 강화하고 취반의 간편성을 추구한 새로운 형태의 쌀 제품군으로 정의할 수 있다(1). 현재 기능성 쌀은 품종형 기

능성 쌀, 게르마늄 쌀 등과 같은 재배농법 개발을 통한 기능성 쌀, 홍국쌀과 같은 기능성 물질을 코팅한 기능성 쌀, 그리고 가공형 기능성 쌀 등이 개발되어 있다(2).

최근 트렌드에 따른 소비자 요구 및 성인병 유병률 증가 등의 이유로 건강에 대한 관심이 증대하면서 기능성 식품에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다(3-5). 전 세계적으로 비만 인구는 지속적으로 증가하고 있으며(6-9), 비만은 고지혈증, 고혈압, 동맥경화증, 당뇨병 등의 2차적인 질병을 초래한다(10). 또한 고지혈증은 동맥경화증을 포함하여 심혈관질환을 유발하는 주요 원인 중 하나로 꼽히고 있다(11). 국민건강영양조사에서 보고된 통계자료에 따르면 2013년 우리나라 30세 이상 성인의 고콜레스테롤혈증 유병률은 남성 13.6%, 여성 15.9%로 지속적으로 증가하고 있으며, 고중성지방혈증 유병률은 남성 23.8%, 여성 10.9%인 것으로 보고되었다(12). 고지혈증의 심각성이 두드러진 만큼 예방 및 치료 목적의 건강기능식품에도 이런 소비 성향이 반영되고 있다. 과거에는 소비자들의 선택 기준이 어떤 재료를 사용했는지 중요했던 반면, 최근에는 어떤 기능을 가지고 있는지를 보고 제품을 소비하는 경향이 증가하고 있다(5).

Received 30 April 2015; Accepted 14 July 2015

Corresponding author: Youn-Soo Cha, Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Jeonbuk 54896, Korea

E-mail: cha8@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-270-3822

그에 발맞추어 현재 콜레스테롤 저하 효과에 관련한 여러 가지 건강기능식품에 대한 연구들이 활발히 이루어지고 있다 (13). 수많은 연구들을 바탕으로 현재 인정된 콜레스테롤 개선 기능성 원료에는 홍국쌀, 보리 베타글루칸 추출물, 보이차 추출물 등 11종이, 고시형 원료에는 대두단백, 키토산/키토올리고당 등 12종이 존재한다(14). 이와 같은 원료들은 실제 건강보조제로 만들어져 시중에 유통되고 있다. 이러한 추세에 따라 소비패턴에 맞추어 천연물 소재의 기능성 식품 개발과 이에 대한 연구가 필요하다.

본 실험에서 개발한 인조쌀은 쌀보다 식이섬유 함량이 높고 칼로리가 낮은 현미가루, 보릿가루 등을 이용하여 재성형한 쌀이다. 생강과에 속하는 다년생 초본인 울금(*Curcuma longa* L.)은 오래전부터 한약재, 향신료 및 식용으로 사용되어 왔으며(15), 주성분은 curcuminoid로 curcumin과 demethoxy curcumin, bisdemethoxy curcumin이 있다. 이 중 curcumin이 주요 curcuminoid이며, 그 외 다양한 성분들이 생리활성 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다(16). 또한 울금은 콜레스테롤 수치 저하 효과, 항암, 항염증, 항바이러스, 간 보호 기능, 항산화 효과 등을 가지고 있으며(17-20) 울금의 항비만 및 항산화 효과도 보고되었다(21). 현재 curcumin에 대한 연구는 많이 이루어져 있어 울금의 활성뿐만 아니라 curcumin 단독으로의 항비만, 항산화, 항염증, 항동맥경화 활성과 인슐린 민감도 증가의 효과가 보고되었다(22-24). 따라서 본 연구에서는 주식으로 사용되는 곡물에 기능성 소재로 인증 받은 울금을 첨가하여 일상식품의 체내 지질 수준의 개선 효과를 보고자 하였다.

재료 및 방법

인조쌀 제조

선별, 석발 공정을 거친 현미, 쌀보리(농협 하나로 마트, 전주, 한국)를 각각 3배수의 정제수로 세척하여 탈수한 것을 롤러밀로 1차 조분쇄 후 ACM pulverizer(Model HKA 185, 한국분체기계, 인천, 한국)를 이용하여 150 mesh pass 90~98%의 입도로 분쇄하여 사용하였다. 10월경 수확된 30 kg 생울금 원물(울금영농조합, 전남, 한국)을 세척한 뒤 1톤 추출탱크에서 물 300 L와 함께 65°C에서 24시간 추출한 후 농축하였고, 농축물 23 L를 동결건조기에 투입하여 분말을 획득하였다. 울금 분말은 울금 인조쌀을 섭취하였을 때 이전의 인체실험에서 효과가 있었던 수준인 하루 6 g이 섭취될 수 있게 하여 인조쌀에 2%를 첨가하였다(25).

인조쌀은 현미 69%, 쌀보리 26%, 구아검 1%, 비타민 4%, 그리고 울금 인조쌀은 현미 69%, 쌀보리 24%, 구아검 1%, 비타민 4%와 울금 2%의 비율로 배합한 후 믹서기에 교반하여 혼합된 원료를 쌍축압출성형기를 사용하여 성형하였다. 곡물가루는 200 mesh 이하로 분쇄하여 사용하였고 압출성형조건은 twin-screw extruder(Model FX100, Milling Ind, Seoul, Korea)를 사용하여 스크류 속도 300~450

rpm, 가수율 25~32%, 압출성형 온도 58~65°C 범위에서 조절, 토출구멍은 3 mm 크기의 2개의 타원형 형태이며, 1개의 절단 칼날을 이용하여 700 rpm의 속도로 칼날과 토출구 간격을 0.2 mm로 유지하여 제조하였다. 울금 인조쌀의 curcumin 함량은 2.6 mg/100 g이었다.

울금 인조쌀 추출물 제조

분말상태의 울금 인조쌀 200 g에 2 L의 methanol(MeOH, >99.9%)을 첨가하여 80°C에서 24시간 동안 추출하였다. 0.45 µm filter paper를 이용하여 여과된 추출 시료는 감압농축(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan) 및 동결 건조하였다.

세포 배양

항비만 활성 분석에 사용되는 대표적인 cell line인 3T3-L1 preadipocyte를 American Type Culture Collection(ATCC, Manassas, VA, USA)으로부터 구입하여 10% bovine serum(BS, Gibco, Grand Island, NY, USA)과 100 U/mL penicillin-streptomycin이 포함된 DMEM 배지로 37°C, 5% CO₂ incubator에서 배양하였다. Confluence 80%가 되면 1 mM trypsin-EDTA(HyClone, Logan, UT, USA) 용액으로 탈착시켜 계대배양 하였으며, 배지는 2일마다 교환하였다.

MTT assay

세포 증식에 미치는 울금 인조쌀의 효과를 알아보기 위하여 EZ-Cytox(Daeil lab service) 시약을 이용하여 MTT assay를 실시하였다. 96-well culture plate에 2.5×10³ cell/well을 분주하여 24시간 동안 부착시킨 후 시료를 농도별로 처리하여 24~72시간 동안 시간별 배양하였다. 시간별 배양 후 EZ-Cytox 시약이 든 배지로 교체하여 2시간 동안 추가 배양 후 microplate reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 세포의 증식율(%)은 시료처리군 흡광도/ control군 흡광도의 평균×100으로 계산하였다.

Triglyceride assay 및 Oil Red O staining

3T3-L1 preadipocyte를 adipocyte로 분화시켜 증식지방 함량을 측정하였다. 세포분화는 계대배양과 동일한 방법으로 탈착시켜 6-well culture plate에서 100% confluence까지 배양하였다. 2일 후 MDI solution(0.5 mM isobutylmethylxanthine(IBMx), 1 µM dexamethasone, 10 µg/mL insulin)이 함유된 10% fetal bovine serum(FBS, Gibco)-DMEM 배지로 교환한 뒤 시료를 첨가하여 분화시켰다. 분화가 유도되면 10% FBS와 insulin(10 µg/mL)이 포함된 DMEM 배지로 교환하고 시료를 처리하여 추가 배양하였고, 배지는 시료를 첨가하여 2일 마다 교환하였다. 최종 분화 유도 후 배지를 완전히 제거하고 phosphate buffered saline으로 2회 세척하고 5% triton-X100으로 homogenize한 후 heating과 실온에서 식히기를 2회 반복하여 원심분리

하고 상등액을 취한 뒤 희석하여 protocol에 따라 triglyceride quantification kit(Biovision Inc., Mountain View, CA, USA)으로 지방구 생성량을 측정하였다. 대조군(adipocyte) 대비 중성지방 축적율(%)은 (시료처리군 TG량/adipocyte 대조군 TG량의 평균)×100으로 계산하였다. Oil Red O staining은 10% formalin으로 고정하고 Oil Red O staining solution을 처리한 다음 30분간 염색 후 세척하여 건조시키고 현미경 관찰하였다.

실험동물 사육

실험동물은 4주령의 수컷 C57BL/6J 마우스 32마리를 (주)중앙실험동물(Seoul, Korea)로부터 구입하여 1주일 동안 식이 및 동물실에 대한 적응 기간을 둔 후 난괴법(randomized block design)에 의해 8마리씩 4개의 군으로 나누었다. 사육실의 온도는 22~24°C, 습도는 50~60%로 유지하였으며 명암은 12시간 주기(06:00~18:00)로 조절하여 관리하였다. 실험군은 정상식이군(ND), 고지방식이군(HD), 고지방+ 20% 인조쌀군(A20), 고지방+ 20% 울금 인조쌀군(C20)으로 나누었다. 실험사육기간 중 실험동물의 체중은 1주일에 한 번 측정하고 14주 동안 물과 식이를 자유롭게 섭취하도록 하였다. 모든 실험은 전북대학교 실험동물윤리위원회의 승인을 얻어 실시하였다(CBNU 2015-034).

식이제조

정상식이(10% fat diet, D12450B)와 고지방식이(60% fat diet, D12492)는 Research Diet사(New Brunswick, NJ, USA)에서 구입하여 사용하였고, 인조쌀을 함유한 식이는 60% fat diet에 Table 1과 같이 각각의 시료를 섞은 pel-

Table 1. General composition of artificial rice

Contents (g)	ND	HD	A20	C20
Casein	18.96	25.84	22.42	22.38
L-Cysteine	0.28	0.39	0.31	0.31
Corn starch	29.86	-	17.98	17.62
Maltodextrin	3.32	16.15	12.92	12.92
Sucrose	33.17	8.89	7.11	7.11
Cellulose	4.74	6.46	5.17	5.17
Soybean oil	2.37	3.23	2.58	2.58
Lard	1.90	31.66	25.61	25.60
Mineral mix	0.95	1.29	1.03	1.03
Dicalcium phosphate	1.23	1.68	1.34	1.34
Calcium carbonate	0.52	0.71	0.57	0.57
Potassium citrate	1.56	2.13	1.71	1.71
Vitamin mix	0.95	1.29	1.03	1.03
Choline bitartrate	0.19	0.26	0.21	0.21
FD&C Blue Dye #5	-	0.01	0.01	0.01
<i>Curcuma longa</i> L.	-	-	-	0.40
Total (g)	100	100	100	100
kcal/g	3.85	5.24	5.01	4.99

ND, normal diet control group; HD, high fat diet control group; A20, artificial rice control group; C20, artificial rice containing *Curcuma longa* L. group.

let을 제작하여 동물의 식이로 사용하였다.

조직 무게 및 혈청 분석

실험 종료 후 희생 전에 12시간 절식시킨 후 안와채혈법으로 채혈하였으며 부고환 주변 지방조직은 채혈 후 즉시 적출하여 중량을 측정하였다. 채취한 혈액은 1시간 동안 실온 방치 후 1,200×g, 4°C에서 15분간 원심분리 시켜 혈청을 분리하였다. 분리된 혈청은 시료 분석 시까지 -80°C에 보관하여 사용하였다.

지질성분 함량 분석

혈중 및 간 중의 중성지방(TG) 및 총 콜레스테롤(TC)은 효소법(Asan Phamaceutical Co., Seoul, Korea)으로 분석하였다.

통계방법

모든 실험 결과는 SPSS 12.0 package program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균±표준편차로 표시하였다. 각 군 간의 통계적 유의성 검정을 위해 ANOVA를 실시하였고, 군 간의 차이는 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 통해 검증하였다. 또한 두 그룹 간의 비교를 위하여 Independent *t*-tests를 실시하였다($P < 0.05$).

결과 및 고찰

지방전구세포 증식률

지방세포 분화 전 지방전구세포에 다양한 농도(10, 20, 40, 500, 1,000 µg/mL)의 울금 인조쌀 추출물을 처리하였다. 시료를 처리하지 않은 control군의 초기 성장률을 100% 기준으로 하고 시료 처리 후 24시간부터 72시간까지 24시간 간격으로 세포성장률을 측정하였다. 시료 처리 후 72시간 세포 증식률은 500 µg/mL 처리 시 유의적으로 감소하였으나(Fig. 1), 20 µg/mL 처리 시에는 배양시간별로 증식률이 각 91%, 96%, 93%이고, 500 µg/mL 처리 시 99%, 90%, 86%로 나타났다. 또한 울금(*Curcuma longa* L.) 메탄올 추출물을 3T3-L1 세포에 0~50 µg/mL의 농도로 처리하였을 때 50 µg/mL의 농도까지 세포독성이 나타나지 않았으므로 (25) 앞의 두 농도에서는 세포독성 영향은 없는 것으로 사료된다. 독성이 없는 수준 내에서 지방전구세포 증식 억제제는 지방분화 초기에 발현되는 전사인자의 억제와도 관련이 있으나(26), 울금 인조쌀이 지방분화 초기 전사인자에 미치는 영향에 대해서는 추후 연구가 필요하다.

지방세포 중성지방 축적량

독성이 없으며 증식 억제의 효과가 있었던 두 농도(20, 500 µg/mL) 중에서 더 낮은 농도에서 효과를 보이며, 24시간 때의 세포성장률이 유의적으로 낮았던 20 µg/mL를 선택하여 분화유도 억제 효과를 관찰하였다. 이를 위해 분화 유

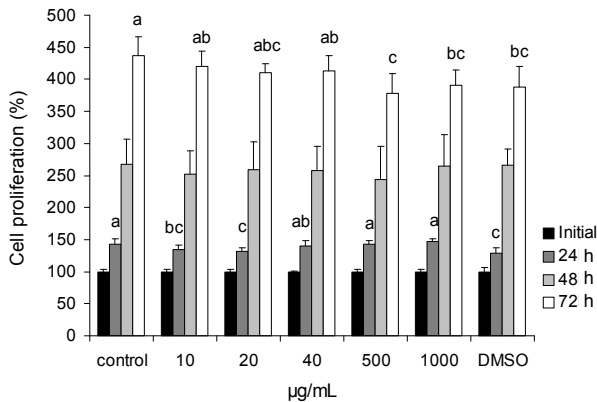


Fig. 1. Effects of *Curcuma longa* L. contained artificial rice on preadipocyte viability. Cell viability was measured by MTT assays and calculated as relative values vs. control (0 µg/mL) cells at the initial time point. Data are expressed as mean±SD and different letters indicate a significant difference among groups (24 h or 72 h), according to ANOVA with Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

도 시 울금 인조쌀 20 µg/mL를 처리하여 중성지방 농도를 측정함으로써 지방세포 분화에서의 영향을 평가하였다. Fig. 2와 같이 울금 인조쌀 처리 시 대조군에 비해 유의적으로 중성지방 축적량이 감소하였고, 약 20%의 지방구 형성 감소를 나타냈다. 이는 울금에서 추출된 분획물과 curcumin의 지방형성 억제 효과를 보고한 선행연구(27,28)와 일치하는 결과이다. 비만연구에서 흔히 쓰이는 3T3-L1 세포는 전지방세포로, MDI(IBMx, dexamethasone, insulin)와 같은 분화유도물질에 의하여 지방세포로 분화되면서 지방을 축적한다. 지방세포의 수의 증가와 지방의 과잉축적은 비만의 원인이 되기 때문에 전지방세포가 지방세포로 분화되어 지방 축적을 억제하는 것은 비만을 예방하고 지질대사를 개선시키는 데 중요한 역할을 한다(29). 따라서 세포 수준에서 중성지방 축적 억제 효과가 있는 울금을 첨가한 인조쌀의 비만관련 질환 개선 가능성을 시사하는 결과로 사료된다.

식이효율 및 체중

모든 실험군의 식이섭취량을 보았을 때 C20군에서 가장 높은 식이섭취량을 보였으나 고지방 섭취군 간의 체중증가량에는 유의 차이가 없었다(Table 2). 따라서 C20군의 식이

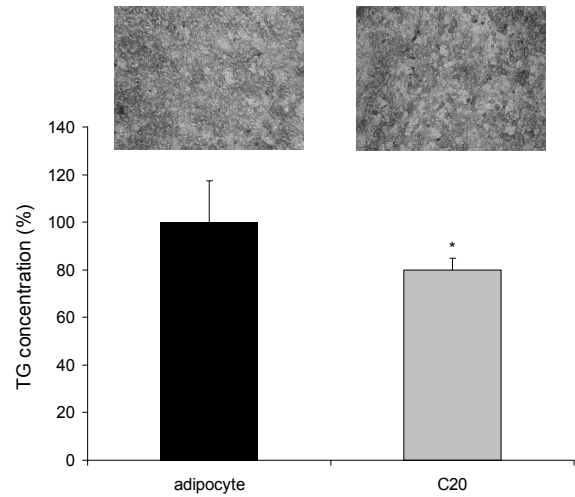


Fig. 2. Lipid accumulation of differentiated adipocytes treated with or without artificial rice containing *Curcuma longa* L. Data are expressed as mean±SD and treatment group (artificial rice containing 20 µg/mL of *Curcuma longa* L.) compared with untreated adipocyte control ($*P<0.05$) by independent *t*-test.

효율은 고지방식이 대조군에 비해 유의적으로 감소하였으며, A20군은 인조쌀 섭취로 식이효율이 감소하는 경향을 보였다. 이는 비만·당뇨 마우스를 이용한 실험에서 울금의 주성분인 curcumin을 경구로 섭취한 군이 고지방식이군에 비해 식이효율이 개선된 연구와 일치한 결과였다(30). 지방의 생성과 분해는 에너지의 요구에 따라 조절되며 이 과정이 촉진되거나 억제되면서 지방의 축적이 조절된다(31). 따라서 C20군은 식이를 섭취한 만큼의 체중증가를 보이지 않았으므로 울금 인조쌀이 포함된 고지방 식이는 다른 고지방 식이에 비하여 체중증가에 적은 영향을 미쳤음을 알 수 있다.

부고환 주변 지방 무게

14주 동안 실험 식이를 급여한 마우스의 부고환 주변 지방량을 측정된 결과는 Fig. 3과 같이 HD군이 ND군보다 유의적으로 증가하여 고지방식으로 체지방량이 유의적으로 증가함을 확인하였다. 반면 C20군에서는 고지방식으로 인해 증가된 부고환 지방량이 HD군에 비해서 유의적으로 15% 감소하였고, 인조쌀을 섭취한 A20군에서는 HD군과 유의적 차이가 없었다. Asai와 Miyazawa(32) 역시 고지방

Table 2. Food intake, body weight gain, and food efficiency ratio in mice fed experimental diet

Group ¹⁾	Initial body weight (g)	Food intake (g/d)	Body weight gain (g)	FER ²⁾ (%)
ND	20.09±0.73 ^{NS3)}	2.56±0.03 ^{b4)}	6.73±1.32 ^b	2.63±0.51 ^c
HD	19.79±0.66	2.58±0.24 ^b	23.36±3.21 ^a	9.10±1.29 ^a
A20	20.17±0.67	2.67±0.05 ^b	23.40±2.36 ^a	8.77±0.95 ^{ab}
C20	20.56±0.45	2.81±0.05 ^a	22.68±2.83 ^a	8.07±0.95 ^b

¹⁾ND, normal diet group; HD, high fat diet group; A20, artificial rice control group; C20, artificial rice containing *Curcuma longa* L. group.

²⁾Food efficiency ratio=body weight gain/ food intake.

³⁾All values represent mean±SD. NS: not significant.

⁴⁾Different letters (a-c) in the same column indicate the statistical difference ($P<0.05$).

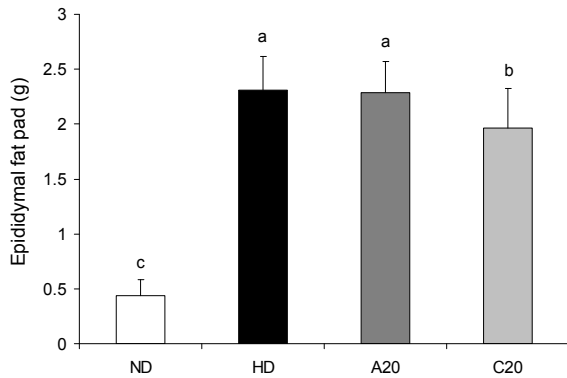


Fig. 3. Epididymal fat pad weight in mice fed experimental diet. All values represent mean±SD. Different letters (a-c) indicate the statistical difference ($P<0.05$). ND, normal diet group; HD, high fat diet group; A20, artificial rice control group; C20, artificial rice containing *Curcuma longa* L. group.

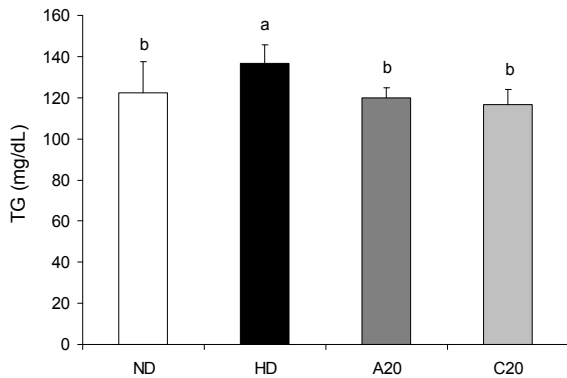


Fig. 4. Blood triglyceride levels in mice fed experimental diet. All values represent mean±SD. Different letters indicate the statistical difference ($P<0.05$). ND, normal diet group; HD, high fat diet group; A20, artificial rice control group; C20, artificial rice containing *Curcuma longa* L. group.

식이로 비만을 유도한 랫에서 지질분해의 증가로 인하여 curcuminoids를 섭취한 군의 부고환 지방량이 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다고 보고하였다. 따라서 울금 인조쌀 섭취 시에도 울금 유래 curcumin 섭취와 유사한 효과를 나타내는 것으로 사료된다.

혈청 지질

혈청 중성지질 수준은 HD군이 ND군에 비하여 유의적으로 증가하였고, A20군과 C20군은 HD군에 비하여 유의적으로 각각 12%, 15% 감소하였다(Fig. 4). 혈청 총 콜레스테롤 또한 ND군에 비하여 HD군에서 유의적으로 높아졌으나, HD군과 비교하였을 때 A20군에서 낮아지는 경향을 보였으며 C20군에서는 12% 감소하여 유의적으로 낮아지는 결과를 보였다(Fig. 5).

현미와 보리속의 식이섬유는 콜레스테롤 흡수를 저해시켜 비만, 고지혈증, 동맥경화 등을 예방할 수 있으며, Lee 등(33)은 현미 및 백미의 원재료로 고 식이섬유쌀을 당뇨 마우스에게 급여하였을 때 체내 지질 수준 저하를 발견하였

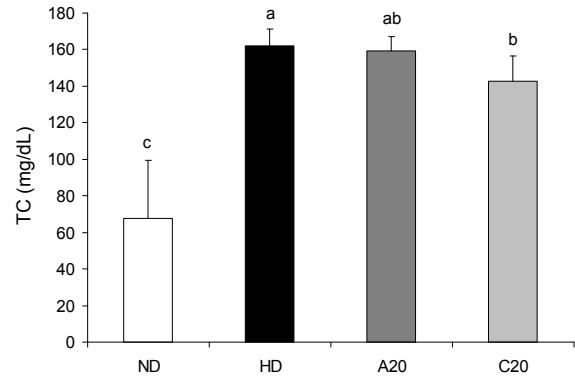


Fig. 5. Blood total cholesterol levels in mice fed experimental diet. All values represent mean±SD. Different letters (a-c) indicate the statistical difference ($P<0.05$). ND, normal diet group; HD, high fat diet group; A20, artificial rice control group; C20, artificial rice containing *Curcuma longa* L. group.

다고 보고하였다. 또한 보리는 식물섬유 함량이 많고 수용성 식물섬유와 불용성 식물섬유의 균형이 잘 잡혀 있으며(34) 보리속의 수용성 식물섬유인 β -glucan은 혈중 콜레스테롤 저하 작용이 있다고 알려져 있다(35,36). 울금의 대표적인 활성물질인 curcumin은 고지혈 동물모델에서 담즙분비 촉진을 통한 혈중 콜레스테롤 농도 감소의 효과를 가지고 있는 것으로 보고되었다(37).

인조쌀의 주 구성물질인 현미와 쌀보리의 높은 식이섬유 함량으로 인하여 고지방식이만을 먹은 마우스보다 인조쌀을 섭취한 마우스에서 중성지방이 낮아지고 감소하는 경향의 콜레스테롤의 수치를 보였으며, 울금을 첨가한 인조쌀은 울금의 생리활성으로 인하여 혈중 콜레스테롤 수치가 인조쌀 섭취군보다 감소하는 데 영향을 준 것으로 사료된다. 또한 울금 인조쌀을 섭취한 마우스의 중성지질 농도는 Kang 등(38)이 보고한 울금의 혈중지질개선 효과와도 유사한 결과를 보였다. 이 결과는 울금을 활용한 기능성 식품 개발 연구에 적극 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 울금의 메탄을 추출물을 제조하고 3T3-L1 지방세포 모델을 이용하여 세포 수준에서 울금 인조쌀의 지방구 형성 조절을 통한 지질축적 억제능을 평가하였다. 더 나아가 C57BL/6J 마우스에 고지방식이와 함께 인조쌀, 울금 추출물이 첨가된 인조쌀을 공급하였을 때 체중과 지질대사의 변화를 관찰하였다. 세포 실험의 결과로부터 울금 메탄을 추출물을 처리한 후 20 μ g/mL의 농도에서 유의적인 지방구형성 억제를 관찰하였다. 동물 실험에서는 식이효율을 측정한 결과 인조쌀을 섭취한 군에서 그 효율이 낮아졌으며, 특히 울금 인조쌀을 섭취한 군에서 유의적으로 감소하였다. 부고환 지방 무게는 인조쌀 섭취군에서는 고지방섭취군과 차이를 보이지 않았지만, 울금 인조쌀을 섭취한 군에서는 유의적으로 낮아졌다. 혈청 지질 수준은 인조쌀군과 울금

인조쌀군 모두 고지방식이군에 비하여 개선되는 결과를 보였다. 혈청 중성지방은 인조쌀군과 울금 인조쌀군 모두 유의적으로 낮아졌으며, 혈청 콜레스테롤 함량은 고지방식이군에 비해 인조쌀군에서 감소하는 경향을 보였고 울금 인조쌀군에서는 유의적으로 감소되었다. 이러한 결과를 통해 울금이 첨가된 인조쌀에 다량 함유된 식이섬유소와 여러 생리활성물질이 지질대사를 개선시키고 지방 축적을 억제하여 일상식을 통한 체내 지질 수준 개선 효과를 기대해 볼 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 기능성 저칼로리 식품소재개발과 수출지향형 냉동식품의 기술 고도화 및 산업화(R0002193)를 위해 ‘산업통상자원부’, ‘한국산업기술진흥원’, ‘호남지역사업평가원’의 ‘광역경제권 선도산업 육성사업(Leading Industry Development for Economic Region)’으로 수행된 연구 결과입니다.

REFERENCES

- Jung JW. 2006. Food filed patents reports on the functional rice. *Patent 21* 66: 38-43.
- Jeon NS. 2013. New growth of industrialization study of functional rice and rice processing industry. *Policy Focus* 1-53.
- Park JH, Kwon OO. 2007. A study on consumption behavior of health functional food. *Korean J Food Marketing Economics* 24: 43-57.
- Weaver RD. 1995. *Valuing food safety and nutrition*. Westview Press, Boulder, Co, USA. p 51.
- Wieringa NF, van der Windt HJ, Zuiker RR, Dijkhuizen L, Verkerk MA, Vonk RJ, Swart JA. 2008. Positioning functional foods in an ecological approach to the prevention of overweight and obesity. *Obes Rev* 9: 464-473.
- Aziz HA, Tan YT, Peh KK, Yam MF. 2010. Direct effect of khat and garlic extracts on blood lipids contents: Preliminary *in vitro* study. *Obes Res Clin Pract* 4: e247-e342.
- Azuma K, Nakayama M, Koshioka M, Ippoushi K, Yamaguchi Y, Kohata K, Yamauchi Y, Ito H, Higashio H. 1999. Phenolic antioxidants from the leaves of *Corchorus olitorius* L. *J Agric Food Chem* 47: 3963-3966.
- WHO. 10 facts on obesity. <http://www.who.int/features/factfiles/obesity/facts/en/index1.html> (accessed May 2015).
- Korean Statistical Information Service (2005-2014). http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=117&tblId=DT_117_12_Y027&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=117_11758_002&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_varid=&itm_id=&conn_path=E1 (accessed Apr 2015).
- Lee HK. 1990. Obesity and its associated diseases. *Korean J Nutr* 23: 341-346.
- Lee HJ, Lee KH, Park E, Chung HK. 2010. Effect of onion extracts on serum cholesterol in borderline hypercholesterolemic participants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1783-1789.
- Korean National Health & Nutrition Examination Survey (2013). Health Statistics, Dyslipidemia. https://knhanes.cdc.go.kr/knhanes/eng/sub01/sub01_05.do (accessed May 2015).
- Lee SY. 2010. Trends and prospect in market of health functional food. 2007. *Food Science and Industry* 40(2): 16-20.
- Ministry of Food and Drug Safety. Functional food, cholesterol improvement. <http://www.foodnara.go.kr/hfoodi/> (accessed May 2015).
- Oh H, Park H, Ju MS, Jung SY, Oh MS. 2010. Comparative study of anti-oxidant and anti-inflammatory activities between *Curcuma longae Radix* and *Curcuma longae Rhizoma*. *Kor J Herbology* 25: 83-91.
- Roth GN, Chandra A, Nair MG. 1998. Nobel bioactivities of *Curcuma longa* constituents. *J Nat Prod* 61: 542-545.
- An BJ, Lee JY, Park TS, Pyeon JR, Bae HJ, Song MA, Baek EJ, Park JM, Son JH, Lee CE, Choi KI. 2006. Antioxidant activity and whitening effect of extraction conditions in *Curcuma longa* L. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 168-172.
- Ammon HP, Wahl MA. 1991. Pharmacology of *Curcumin longa*. *Planta Med* 57: 1-7.
- Song EK, Cho H, Kim JS, Kim NY, An NH, Kim JA, Lee SH, Kim YC. 2001. Diarylheptanoids with free radical scavenging and hepatoprotective activity *in vitro* from *Curcuma longa*. *Planta Med* 67: 876-877.
- Masuda T, Isobe T, Jitoe A, Nakatani N. 1992. Antioxidative curcuminoids from rhizomes of *Curcuma xanthorrhiza*. *Phytochem* 31: 3645-3647.
- Shon MS, Kim GN. 2014. 3T3-L1 anti-oxidant and anti-obese activities of turmeric (*Curcuma longa* L.) extract in 3T3-L1 cells. *Kor J Aesthet Cosmetol* 12: 169-175.
- Akram M, Shahab-Uddin, Ahmed A, Usmanghani K, Hannan A, Mohiuddin E, Asif M. 2010. *Curcuma longa* and curcumin: A review article. *Rom J Biol-Plant Biol* 55: 65-70.
- Weisberg SP, Leibel R, Tortoriello DV. 2008. Dietary curcumin significantly improves obesity-associated inflammation and diabetes in mouse models of diabetes. *Endocrinology* 149: 3549-3558.
- Wickenberg J, Ingemansson SL, Hlebowicz J. 2010. Effects of *Curcuma longa* (turmeric) on postprandial plasma glucose and insulin in healthy subjects. *Nutr J* 9: 43.
- Park J, Lee J, Jun W. 2013. Radical scavenging and anti-obesity effects of various extracts from turmeric (*Curcuma longa* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1908-1914.
- Kim M, Park JE, Song SB, Cha YS. 2015. Effects of black adzuki bean (*Vigna angularis*) extract on proliferation and differentiation of 3T3-L1 preadipocytes into mature adipocytes. *Nutrients* 7: 277-292.
- Kim J, Park J, Jun W. 2014. Anti-obesity effect of ethyl acetate fraction from 50% ethanol extract of fermented *Curcuma longa* L. in 3T3-L1 cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 1681-1687.
- Ejaz A, Wu D, Kwan P, Meydani M. 2009. Curcumin inhibits adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes and angiogenesis and obesity in C57/BL mice. *J Nutr* 139: 919-925.
- Ntambi JM, Kim YC. 2000. Adipocyte differentiation and gene expression. *J Nutr* 130: 3122S-3126S.
- Hussein MA, El-Maksoud HA. 2013. Biochemical effects of resveratrol and curcumin combination on obese diabetic rats. *Molecular & Clinical Pharmacology* 4: 1-10.
- Ahn IS, Park KY, Do MS. 2007. Weight control mechanisms and antiobesity functional agents. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 503-513.
- Asai A, Miyazawa T. 2001. Dietary curcuminoids prevent high-fat diet-induced lipid accumulation in rat liver and epididymal adipose tissue. *J Nutr* 131: 2932-2935.
- Lee SH, Park HJ, Cho SY, Han GJ, Chun HK, Hwang HG,

- Choe HC. 2004. Supplementary effect of the high dietary fiber rice on lipid metabolism in diabetic KK mice. *Korean J Nutr* 37: 81-87.
34. Talati R, Baker WL, Pabilonia MS, White CM, Coleman CI. 2009. The effects of barley-derived soluble fiber on serum lipids. *Ann Fam Med* 7: 157-163.
35. Knuckles BE, Hudson CA, Chiu MM, Sayre RN. 1997. Effect of β -glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. *Cereal Foods World* 42: 94-99.
36. Tong LT, Zhong K, Liu L, Zhou X, Qiu J, Zhou S. 2015. Effects of dietary hull-less barley β -glucan on the cholesterol metabolism of hypercholesterolemic hamsters. *Food Chem* 169: 344-349.
37. Arafa HM. 2005. Curcumin attenuates diet-induced hypercholesterolemia in rats. *Med Sci Monit* 11: 228-234.
38. Kang JK, Kang HY, Seo JH, Kim SO, Choi JH, Cho DY, Park CG, Lee HY. 2009. Effects of fermented turmeric (*Curcuma longa*) by *Bacillus natto* supplementation on liver function and serum lipid parameters in mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 430-435.