

수경재배 인삼으로 제조한 식초가 고지방 식이를 섭취한 마우스의 체중 및 지질대사에 미치는 영향

오영주* · 권승혁¹ · 최금부 · 김태석 · 여익현
(주)풀무원 · ¹(주)생생초

Effect of Vinegar Made with Hydroponic-cultured *Panax ginseng* C. A. Meyer on Body Weight and Lipid Metabolism in High-Fat Diet-Fed Mice

Young-Joo Oh*, Seung-Hyuk Kwon¹, Kum Boo Choi, Tae-Seok Kim, and Ik-Hyun Yeo

Pulmuone Co., Ltd.,
¹Sang Sang Cho Co., Ltd.

Abstract The aim of this study was to develop hydroponic-cultured ginseng vinegar (HGV) containing ginsenoside Rg2 in order to its anti-obesity and anti-hyperlipidemic effects in C57BL/6J mice. HGV was prepared by two-stage fermentation. The ginsenoside Rg2 contained in acetic acid-fermented HGV increased by 4.0 times compared to that in pre-fermented HGV. To measure the anti-obesity effect of HGV, thirty two mice were randomly divided into four groups: normal diet group (ND), high-fat diet group (HFD), high-fat diet-supplemented with HGV group (HGV), and high-fat diet-supplemented with green tea extract group (GT). Body weight, fat weight, and liver weight decreased in the HGV group. The HGV group also showed lower plasma levels of low-density lipoprotein (LDL)-cholesterol and triglycerides, and higher levels of high-density lipoprotein (HDL)-cholesterol compared to the corresponding levels in the HFD group. Furthermore, there were significant decreases in plasma aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT) levels in the HGV group compared to the corresponding levels in the HFD group. These results suggest that HGV can be used as an anti-obesity therapeutic agent or functional ingredient.

Keywords: hydroponic-cultured ginseng, anti-obesity, vinegar, ginsenoside Rg2, anti-hyperlipidemic

서 론

최근 경제발전으로 생활양식이 편리해지고 식생활의 서구화 및 운동부족으로 인해 과체중이나 비만이 점차 증가하고 있다. 비만 발생 요인으로는 과도한 식이섭취, 신체활동 부족, 잘못된 생활 습관, 내분비기능 이상 질환 및 유전적인 소인 등이 있으며, 이로 인해 당뇨병, 고지혈증, 심혈관질환 등의 유병율은 해마다 증가하는 양상을 보이고 있다(1). 이에 따라 전 세계적으로 비만 치료제 개발을 위한 다양한 연구가 수행되고 있는 반면, 현재 시판되고 있는 비만 치료제들의 부작용들이 보고되면서 사용 기준이 강화되는 등의 논란이 일고 있어 우수한 효능과 함께 안전성이 높은 물질의 개발이 요구되고 있다. 이에 특히 천연 유래 소재로부터 독성 및 부작용이 없는 항비만 효능 보유 소재를 발굴하기 위한 많은 노력이 집중되고 있다(2-4).

식초는 전통발효식품 중 하나로 오랜 역사를 가지며, 시즈닝, 보존료, 조미식품 등 다양하게 이용되고 있으며, 알코올성 간 손상

예방(5), 혈압강하(6), 항콜레스테롤 작용(7), 식후 혈당 상승 억제(8) 등 다양한 기능성이 보고되어 건강음료로 이용되고 있다. Yamashita 등(9)의 보고에 의하면 아세트산은 fatty acid synthase (FAS)와 acetyl-CoA carboxylase (ACC)와 같은 지방합성 유전자의 발현을 억제하여 비만 쥐의 체중을 감소시킨다고 보고한 바 있으며, Lee 등(10)은 토마토로 제조한 식초가 3T3-L1 지방 세포의 분화를 억제하고 지방축적을 억제함으로써 체중 조절 효과가 있는 것으로 보고하였다. 또한, 식초를 이용한 임상시험 결과 하루 15 mL의 식초(750 mg 아세트산)를 12주간 섭취 시 복부지방 감소, 허리둘레 감소 및 체중 감량 효과가 있었으며, 생화학적 분석 결과 혈중 중성지방과 LDL 콜레스테롤을 유의적으로 감소시키는 것으로 나타나 효과적인 체중 조절식품으로 주목 받고 있다(11).

인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 오가피과(Araliaceae) 인삼속에 속하는 다년생 초본류로서 한방에서는 그 뿌리를 주로 이용하고 있는 대표적인 약용작물이다. 인삼의 주요 생리활성 성분으로는 사포닌을 비롯하여 정유성분, 폴리아세틸렌, 페놀성분, 배당체 및 산성펩타이드 등이 있으며, 그 밖에도 비타민, 당류, 무기질과 같은 다양한 영양성분들이 함유되어 있다(12). 인삼의 효능으로는 항산화 및 항스트레스 활성(13,14), 면역기능조절(15), 중추신경계 작용(16), 항암활성(17-19), 항당뇨 효과(20) 등이 보고되었다. 특히, ginsenoside Rg3는 간 세포에서 sterol regulatory element binding protein-2 (SREBP-2)와 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl-CoA reductase (HMGCR) 발현을 억제하고, 5' AMP-activated pro-

*Corresponding author: Young Joo Oh, Functional Research Center, Pulmuone Co., Ltd, Seoul 120-600, Korea
Tel: 82-2-3277-8428
Fax: 82-2-6499-0128
E-mail: yjoh@pulmuone.com
Received January 6, 2014; revised September 6, 2014;
accepted September 13, 2014

tein kinase (AMPK) 활성을 촉진시켜 간에서 지방 축적을 억제함으로써 이상지혈증을 조절하여 비만 및 관상동맥경화 위험 요인을 낮추는 것으로 보고된 바 있다(21). 또한, ginsenoside Rb1은 *c-Fos* 발현을 촉진하여 에너지 항상성을 유지시키고, phosphatidylinositol 3-kinase/Akt signaling pathway와 시상하부에서 neuropeptide Y gene expression을 억제하여 체중 감량 효과와 항당뇨 효과를 갖는 것으로 보고된 바 있다(22). 최근 수경재배 방법을 이용한 인삼 재배가 시도되고 있음이 보고되고 있는데(23), 이 방법으로 인삼을 재배할 경우 생육기간이 단축되고, 휴작 기간이 없으며, 단위면적당 생산성이 높아질 것으로 제안되고 있다(24). 수경재배 방식이란 노지에서 무농약으로 1년 이상 재배한 묘삼을 비닐하우스에서 4개월 이상 수경 및 양액 재배하는 방식을 말한다. 이러한 방법을 통해 인삼 재배 시, 친환경적 무농약 청정 재배 및 연중 생산이 가능하고 2년근 크기의 수삼을 4개월에 이내에 생산할 수 있는 특징이 있다. 노지 재배한 인삼과 수경재배 인삼의 진세노사이드 함량 비교 결과 Re 성분이 더 많은 것을 알 수 있다.

인삼은 주로 뿌리를 한약재 또는 건강기능식품 원료로 이용하고 있는데, 수경재배로 재배된 인삼의 경우, 싹 채소, 잎차 등 인삼 잎의 이용가능성이 증대된다는 점에서 많은 관심이 모아지고 있다. 인삼의 잎은 뿌리에 비하여 주요 약리성분인 사포닌 함량이 높다고 보고되었고(25), 뿌리에는 함유되어있지 않은 ginsenoside-F1, ginsenoside-F2 및 ginsenoside-F3등과 같은 성분이 함유되어 있음이 보고되었다(26). 또 인삼의 식물체 부위별 linoleic acid의 자동산화반응은 잎, 줄기, 뿌리의 순으로 항산화작용을 나타내었고, 총페놀 화합물도 잎, 줄기, 뿌리 순으로 높게 보고 되어 인삼 지상부를 활용한 가공식품 이용에 대한 기대는 더욱 커지고 있다(27).

따라서 본 연구에서는 수경재배 인삼의 전초를 이용하여 식초를 제조하여 진세노사이드의 패턴 및 함량 변화를 확인하고자 하였으며, 고지방 식이로 유도된 비만 쥐에 수경재배 인삼 식초를 투여하여 체중, 체지방 및 지질대사를 분석함으로써 항비만 식품으로서 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 수경재배 인삼은 120일간 재배된 인삼 전초로 진라남도 장성군에 위치한 재배농가(임선호 농가)에서 구매하여 사용하였다(Fig. 1). 양성 대조군으로 사용한 녹차추출물(50% catechin, 5% caffeine)은 건강기능식품 원료로서 (주)네오팜텍 (Seoul, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 식초 제조에 사용한 종균은 *Saccharomyces cerevisiae*와 *Acetobacter sp.*를 사용하였으며 (주)생생초(Cheongdo, Gyeongbuk)에서 공급 받아 사용하였다. 진세노사이드 분석을 위해 11개의 표준품인 Rg1, Re, Rg2, Rh2, Rb1, Rc, Rb2, Rd, compound K, Rg3s, Rg3r는 Sigma 사(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였다. 각각의 순도는 97.31-99.85%로 나타났으며 모든 표준품의 기원은 *Panax ginseng* C.A. Meyer에서부터 정제된 물질이다. 추출 용매 및 이동상은 Merck 사 (Darmstadt, Germany)의 High Performance Liquid Chromatography (HPLC) grade를 사용하였다.

수경재배 인삼 식초 제조

수경재배 인삼 식초는 알코올과 초산발효 단계를 거쳐 획득하였다. 알코올 발효 수행 전 120일간 재배된 수경재배 인삼 전초



Fig. 1. Figure of hydroponic-cultured ginseng.

를 정제수로 깨끗이 수세한 후 습식 분쇄하여 분쇄물을 준비하였으며, 분쇄된 수경재배 인삼 100 mL에 증류수 650 mL을 넣고 현미농축액 250 mL을 첨가하여 최종 15°Bx가 되도록 배양물을 구성하였다. 알코올 발효는 종균 (5%, v/v)을 첨가하고 30°C에서 3일간 정지 배양하였으며, 알코올 발효 완료 후 배양물을 여과한 뒤, 여액에 *Acetobacter sp.* (10%, v/v)을 접종하여 7일간 호기 배양시켰다(30°C, 200 rpm). 배양이 완료된 후 1,700×g에서 5분간 원심분리하여 종균을 분리시켰으며, 그 상층액을 시험 시료로 사용하였다.

pH, 당도, 총산

pH 측정에는 pH meter (AR50, Fisher scientific, Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. 총산은 식초 10 mL를 취하고, 이에 끓여서 식힌 물을 가하여 100 mL로 하고 그 20 mL를 phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH 용액으로 중화 적정하여 초산 함량(%)으로 환산하였다(3). 일반당도는 휴대용 굴절당도계(ATC-1E, Atago, Tokyo, Japan)로 측정하였다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(28)을 응용하여 10배 희석한 식초 2 mL에 2 N Folin-Ciocalteu's 시액(Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan) 2 mL를 혼합하여 3분간 방치한 후, 10% Na₂CO₃ 2 mL를 서서히 첨가하고 암소에서 1시간 방치한 후 700 nm (UV/VIS Spectrophotometer, Lambda 25, Perkin Elmer, Shelton, CT, USA)에서 흡광도를 측정하였다. 또한 gallic acid를 이용하여 0, 25, 50, 100, 200 µg/mL의 농도로 표준곡선을 작성한 후 함량을 구하였다.

진세노사이드 함량 분석

진세노사이드 함량은 진세노사이드 표준물질 11종을 이용하여 HPLC 정량 분석을 실시하였다.

HPLC 장치는 Agilent Technologies 1200 series (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)으로 UV 검출기(203 nm)를 사용하였으며, HPLC 컬럼은 Capcellpak C₁₈ MG (4.6×250 mm,

Table 1. Experimental design

Groups	Diet
ND (N=8)	Normal diet
HFD (N=8)	High-fat diet
HGV (N=8)	High-fat diet+hydroponic-cultured ginseng (0.8 mL/kg BW)
GT (N=8)	High-fat diet+green tea extract (0.4 g/kg BW)

Table 2. Composition of the experimental diet

	Normal diet (g/kg diet)	High-fat diet (g/kg diet)
Casein	200	200
DL-Methionine	3	3
Corn starch	150	150
Sucrose	500	150
Cellulose	50	50
Corn oil	50	-
Beef tallow	-	400
Mineral mixture ¹⁾	35	35
Vitamin mixture ²⁾	10	10
Choline barbitrate	2	2
Total	1000	1000

¹⁾Mineral mixture according to AIN-76

²⁾Vitamin mixture according to AIN-76

5 µm)을 사용하였다. 이동상은 acetonitrile (A)과 water (B)을 사용하였으며, solvent A의 비율을 0 min (15%), 10 min (15%), 36 min (20%), 56 min (42%), 60 min (42%), 62 min (100%), 68 min (100%), 70 min (15%), 80 min (15%)으로 변화를 주었으며 column 온도는 30°C, 유속은 0.8 mL/min으로 설정하였다.

실험식이 및 실험동물 사육

실험동물은 4주령의 수컷 C57BL/6J 마우스를 (주)두얼바이오 테크(Seoul, Korea)에서 구입하여 고형사료로 1주일간 사육환경에 적응시킨 뒤, 난괴법(randomized complete block design)에 의해 실험군을 나누었다. 즉, 실험군은 정상대조군(ND)과 비만 유발군으로 나누고, 비만 유발 그룹은 대조군(HFD), 수경재배 인삼초 0.8 mL/kg BW 섭취군(HGV), 양성대조군으로 녹차추출물 0.4g/kg BW 섭취군(GT)으로 나누어 8주간 사육하였다(Table 1). 실험에 사용한 정상 식이(AIN-76 diet) 및 고지방 식이(AIN-76 diet #101772, Dyets Inc., Bethlehem, PA, USA)의 조성은 Table 2와 같다. 시험 사료는 매일 일정한 시간에 경구투여 하였으며, 그룹간 식이효율을 알아보기 위하여 체중과 식이 섭취량을 1주일 간격으로 측정하였다. 실험기간 동안 물과 식이는 자유롭게 섭취하도록 하였다. 사육실의 온도는 231°C, 습도는 50-60%로 유지하였으며 명암은 12시간 주기(09:00-21:00)로 하였다. 모든 동물실험은 폴무원 동물실험윤리위원회(등록번호: AEC-20080514-0001)의 규정에 따라 수행되었다.

체지방 함량 측정

체지방 함량을 측정하기 위해 실험식이 종료 후 전산화단층촬영(computerized tomography (CT), GE healthcare, Livingston, NJ, USA)을 실시하였고, CT 촬영 완료 후 회복하여 복부 장기 에 있는 지방 함량의 무게를 측정하였다. 전산화단층촬영은 마우

Table 3. The characteristics of HGV by two-step fermentation

	Hydroponic-cultured vinegar
^o Bx	6.50±0.36
Acidity (% of acetic acid)	5.60±0.24
pH	3.3±0.12
Total polyphenol contents (mg/100 mL)	22.5±1.18

Data values are expressed as the means±SE (n=3)

스에게 ketamine (Yuhan Co., Seoul, Korea)과 Rompun (Bayer Korea, Seoul, Korea)을 1:1로 혼합하여 제조한 마취약을 0.8 mL/kg의 농도로 근육 주사하여 전신 마취하였고, 촬영 시 같은 자세를 유지시키기 위해 안전 고정장치에 대상 마우스를 고정하였다. 전산화단층촬영은 2 mm 두께, 3 mm 간격과 pitch 1.5, 120 kVp, 150 mAs의 조건으로 scan하였다.

혈액 및 장기 채취

사육이 끝난 실험동물은 12시간 절식시킨 후 희생시켰으며, 혈액은 1,100×g, 4°C에서 15 min간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 -80°C에 보관하였다. 간 및 부고환 지방은 채혈 후 즉시 적출하여 생리식염수로 씻은 다음 여과지로 물기를 제거하고 무게를 측정 후 -80°C에서 보관하였다.

혈중 지질 농도 및 간 기능 효소 검사

혈중 중성지방(TG) 및 총콜레스테롤(TC)은 효소법(Asan Pharm. Co., Seoul, Korea), HDL-콜레스테롤은 phosphotungstic acid/MG2+ 침전효소법(Asan Pharm. Co., Seoul, Korea)으로 분석하였다. LDL 콜레스테롤은 Friedewald 등(29)의 방법에 따라 총콜레스테롤 함량에서 HDL 콜레스테롤과 중성지방/5를 합한 값을 제외하여 산출하였다. 혈중 Aspartic acid transaminase (AST), Alanine transaminase (ALT)의 측정은 효소법(Asan Pharm. Co., Seoul, Korea)으로 분석하였다.

통계처리

각 실험은 평균과 표준편차로 나타내었으며, SAS software package (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)로 통계처리 하였으며, 시료간의 유의검증은 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

수경재배 인삼 식초 제조 특성

수경재배 인삼 전초를 이용하여 알코올 발효 및 초산 발효 진행하여 Table 3과 같은 품질 특성의 기능성 초를 제조하였다. 알코올 및 초산발효 진행 결과 산도 5.6%의 식초를 제조할 수 있었으며, 국내 식품공전에 의한 품질 규격이 초산으로서 4-29% (감식초는 2.6% 이상)의 범위로 규정하고 있어 국내 품질 기준에 적합한 것으로 확인되었다(30). 시중에 판매되고 있는 다양한 종류의 과일 및 곡물 식초의 산도를 분석한 결과에 의하면, 초산으로서 4.3-6.6% 수준으로 본 실험과 유사한 결과를 확인할 수 있었다(31). 수경재배 인삼 식초의 총폴리페놀 함량 분석 결과 22.5±1.18 mg% 함유되어 있었으며, 일반적으로 인삼의 비사포닌 성분으로 ferulic acid, caffeic acid, gentisic acid, cinnamic acid 등 10여종의 페놀 화합물의 구조가 밝혀진 바 있어 이에 기인된 것으로 추측된다(32,33).

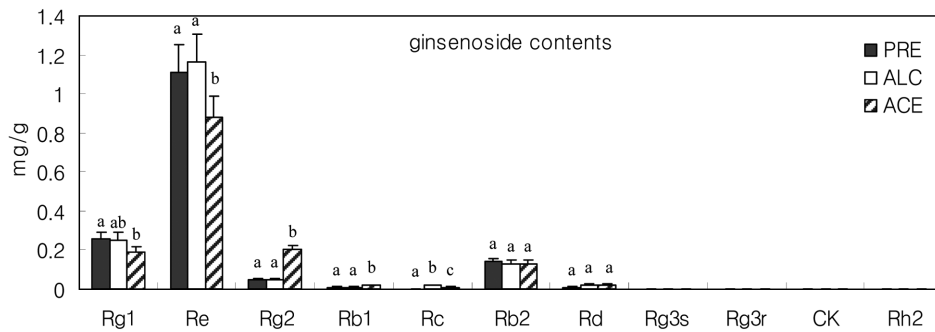


Fig. 2. Ginsenoside contents in hydroponic-cultured ginseng vinegar (mg/100 mL). Data values are expressed as means±SE ($n=3$). Data values with different superscripts indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests. PRE, pre-fermentation of hydroponic-cultured ginseng; ALC, alcohol fermentation of hydroponic-cultured ginseng; ACE, acetic acid fermentation of hydroponic-cultured ginseng

수경재배 인삼 식초 진세노사이드 함량

식초 제조 과정에 따른 진세노사이드 패턴 변화를 확인하기 위하여, 수경재배 인삼을 첨가한 발효전 배양조성물(PRE), 알코올 발효물(ALC)과 초산 발효물(ACE)에서 진세노사이드 함량을 분석하였다(Fig 2). 총 11종의 진세노사이드를 분석하였으며, 수경재배 인삼의 발효전 배양 조성물(PRE)에는 ginsenoside Re>Rg1>Rb2>Rg2 순으로 함량이 높은 것으로 확인되었다. 일반적으로 인삼 뿌리에는 Rg1과 Rb1 성분이 주요 진세노사이드 성분인 것과 비교하여 인삼 잎의 주요 진세노사이드 성분은 Re, Rg1, Rd이며(34), 수경재배 인삼 뿌리 및 잎에는 Re 성분의 비중이 높은 것으로 보고된 선행연구 결과(23)를 살펴보았을 때, 본 연구에서 수경재배 인삼 진초를 사용함으로써 ginsenoside Re가 수경재배 인삼 식초의 주요 진세노사이드로 분석된 것으로 추측된다. 식초 제조 공정 중 진세노사이드 패턴 변화를 측정할 결과, 발효전과 알코올 발효물에서는 진세노사이드 패턴변화가 없는 것으로 관찰되었으나, 초산 발효에 의해 진세노사이드 패턴 변화가 발생할 수 있었다. 즉, 초산 발효물(ACE)의 경우 발효전(PRE)과 비교하여 ginsenoside Re가 감소하고, ginsenoside Rg2가 4배 수준 증가하는 것으로 관찰되었다. 이는 인삼 잎을 이용하여 발효 시 가장 높은 비중을 차지하였던 Re 성분이 감소되고 Rg2 함량이 약 4.7배 증가하였다는 연구결과(34)와 일치하는 결과이며, 인삼 열매를 microwave와 식초로 가공 시 Re, Rd, Rg1 성분이 감소하고, Rg2, Rg3, Rh1, F1과 같은 prosapogenin이 증가한다는 연구결과와도 일치된다(23). 일반적으로 prosapogenin은 열이나 산 등에 의해 생성되는 진세노사이드 가수분해물로 배당체 형태의 진세노사이드 보다 흡수율이 높기 때문에 생리활성이 더 우수할 것으로 예측가능하며, 따라서 수경재배 인삼을 이용한 식초의 이

용은 ginsenoside Rg2 성분이 강화되어 우수한 약리활성을 기대할 수 있겠다.

고지방식이 섭취에 따른 체중 변화

수경재배 인삼식초의 항비만 효과를 확인하기 위하여 8주간 고지방 식이와 시험물질을 투여하면서, 매주 체중과 사료 섭취량을 측정하였다. 초기체중은 모든 군에서 유의적인 차이를 보이지 않았고, 식이섭취 8주 후 체중은 고지방첨가식이군(HFD)에서 정상식이군(ND)과 비교하여 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 각각 86.6, 91.5%으로 유의적으로 낮아졌다(Table 3). 이는 고지방식으로 유도된 비만 쥐에서 토마토초(10) 또는 흑초(11) 식이군이 고지방식이군의 체중증가량보다 낮게 나타났다는 연구와 일치하는 것으로, 식초의 유기산이 지방 연소를 촉진하며(4), 수경재배 인삼의 사포닌 성분이 지방의 합성을 억제시켜 비만을 예방하는 것으로 여겨진다(36). 식이효율의 경우 고지방식이군(HFD)은 정상식이군(ND)과 비교하여 유의적으로 높았으며, 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)은 비만식이군(HFD)과 비교하여 유의적으로 낮았다($p<0.05$).

체성분 분석 및 장기 무게

체지방 분석을 위해 실험식이 종료 후 전산화단층촬영(computerized tomography (CT), GE healthcare, Livingston, NJ, USA)을 실시하였으며 그 결과는 Fig 3과 같다. 정상대조군(ND)과 비교하여 고지방식이군(HFD)은 복부, 피하, 내장 지방 분포도가 높았으며, 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)는 고지방식이군(HFD)과 비교하여 상대적으로 체지방 축적이 억제된

Table 4. Effect of hydroponic-cultured vinegar on weight gain, food intake, and FER¹⁾

Groups ²⁾	Initial weight (g)	Final weight (g)	Weight gain (g/8 week)	Food intake (g/8 week)	FER ³⁾
ND	19.9±0.91 ^{NS4)}	31.4±1.19 ^{a5)}	11.5±0.58 ^a	219.8±10.99 ^c	0.052±0.006 ^a
HFD	19.6±1.27	42.5±2.66 ^c	22.9±1.60 ^c	158.1±12.65 ^a	0.145±0.011 ^c
HGV	19.5±0.85	36.8±1.47 ^b	17.3±0.87 ^b	166.1±8.31 ^{ab}	0.105±0.009 ^b
GT	20.1±0.78	38.9±1.51 ^{bc}	18.8±1.37 ^b	182.1±10.93 ^{bc}	0.104±0.009 ^b

¹⁾Data values are expressed as means±SE ($n=8$).

²⁾ND, normal diet; HFD, high-fat diet; GT, green tea extract; HGV, hydroponic-cultured ginseng vinegar

³⁾FER (food efficiency ratio): weight gain (g/day)/food intake (g/day).

⁴⁾Not significantly different

⁵⁾Data values with different superscripts within a row indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

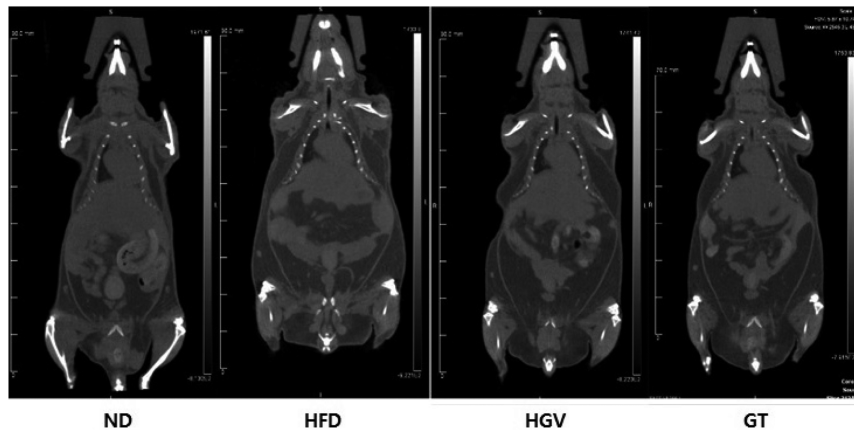


Fig. 3. Effects of HGV on morphology visualized by CT. ND, normal diet; HFD, high-fat diet; GT, green tea extract; HGV, hydroponic-cultured ginseng vinegar

Table 5. Fat weight, liver weight and kidney weight of mice fed experimental diets for 8 weeks

	Epididymal fat weight (g)	Liver weight (g)	Kidney weight (g)
ND	0.69±0.13 ^a	1.44±0.12 ^a	0.45±0.11 ^{NS}
HFD	1.79±0.33 ^c	1.70±0.34 ^b	0.48±0.15
HGV	1.53±0.18 ^b	1.39±0.19 ^a	0.43±0.09
GT	1.50±0.22 ^b	1.31±0.18 ^a	0.45±0.10

Data values are expressed as means±SE ($n=8$). Data values with different superscripts within a row indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests. ND, normal diet; HFD, high-fat diet; GT, green tea extract; HGV, hydroponic-cultured ginseng vinegar

Not significant

을 확인할 수 있었다. CT 촬영 완료 후 개복하여 복부 장기에 있는 지방 함량의 무게를 측정하였다. Table 5에서 보는 바와 같이, 복부를 중심으로 주요 장기를 덮고 있는 지방의 무게는 정상대조군(ND) 0.69±0.13 g, 고지방식이군(HFD) 1.79±0.33 g으로 고지방 식이로 약 2.6배 증가하였으며, 수경재배 인삼초섭취군(HGV)과 녹차추출물섭취군(GT)은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 각각 85.5, 83.8%로 유의적인 감소 효과가 관찰되었다($p<0.05$). 그 외 장기 조직의 무게를 측정한 결과 간 조직의 무게가 고지방식이 섭취로 약 18% 증가하였으며($p<0.05$), 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 각각 81.7, 77.1%로 정상대조군(ND)과 유사한 수준인 것으로 관찰되었다(Table 5). 수경재배 인삼초에는 초산 발효에 의한 유기산인 아세트산이 5.6% 함유되는데, Yamashita 등(9)의 보고에 의하면 아세트산은 fatty acid synthase (FAS)와 acetyl-CoA carboxylase (ACC)와 같은 지방합성 유전자의 발현을 억제하여 비만 쥐의 체중을 감소시킨다고 보고한 바 있어 이와 같은 기전

으로 체지방 함량을 억제시킨 것으로 추측된다. 또한, Lee 등(10)의 연구에 의하면 토마토로 제조한 식초가 3T3-L1 cell에서 지방 분화를 억제하고, 고지방으로 유도한 흰쥐의 간 무게 감소와 간의 지방 및 콜레스테롤 함량을 억제시켜 주는 것으로 보고된 연구와도 일치되는 결과이다. 일반적으로 고지방식이의 섭취는 각 장기와 피하에 지방을 축적하고 지질 대사에도 이상을 초래하여 각종 대사 장애와 고혈압, 고지혈증 등을 일으킬 수 있다(37). 따라서 수경재배 인삼초 섭취로 지방 축적을 억제하여 대사증후군과 같은 만성 질환 유병율을 낮출 수 있으리라 사료된다.

혈중 지질 프로파일

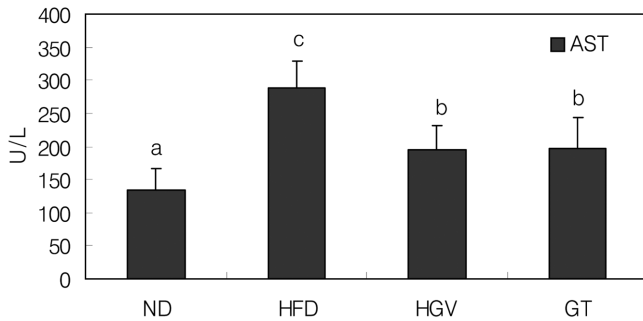
혈중 지질 농도를 분석한 결과는 Table 6과 같다. 혈중 중성지방은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 수경재배 인삼초섭취군(HGV)과 녹차추출물섭취군(GT)에서 각각 74.0, 75.11% 낮아졌다($p<0.05$). 또한, 혈중 총 콜레스테롤은 고지방식이군(HFD) 대비 수경재배 인삼초섭취군(HGV)이 82.4%, 녹차추출물섭취군(GT)이 88.5%로 유의적으로 낮아졌다($p<0.05$). 고지방식이 섭취는 혈청 중성지방과 콜레스테롤 함량을 증가시키는데, Kondo 등(11)과 Cho 등(38)은 식초 섭취 시 증가된 혈중 중성지방 및 콜레스테롤이 감소시키는 것으로 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. HDL-콜레스테롤의 증가는 단순한 고지혈증 억제작용뿐만 아니라 관상동맥 경화증을 비롯한 각종 동맥경화증을 예방할 수 있는 가능성을 보여주는데(39), 본 연구에서 수경재배 인삼초가 HDL-콜레스테롤을 증가시켜주는 것으로 나타나 수경재배 인삼 식초의 섭취를 통해 심혈관계 질환을 예방할 수 있을 것으로 사료된다. 인삼에 함유된 ginsenoside Re는 항고지혈증 및 항당뇨 효과가 있는 것으로 다양한 논문을 통해 보고되고 있으며, 그 기전으로는 간에서 glucose의 생성을 억제하고, sterol regulatory element binding-1c (SREBP-1c)을 억제하여 지질생합성을 억제하는데, 이는 AMPK pathway에 의한 것으로 보고되었다(36). 본 연구에서 수경재배 인

Table 6. Effect of HGV on plasma lipid profiles in mice fed high-fat diet

	ND	HFD	HGV	GT
Total cholesterol (mg/dL)	127.7±12.85 ^a	227.3±19.56 ^c	187.0±14.32 ^b	191.2±8.73 ^b
LDL-cholesterol (mg/dL)	58.07±4.02 ^a	164.4±9.17 ^d	110.16±8.86 ^b	137.4±9.16 ^c
HDL-cholesterol (mg/dL)	52.97±9.97 ^a	38.60±8.71 ^b	58.8±13.27 ^a	57.21±10.11 ^a
Triglyceride (mg/dL)	83.3±10.07 ^a	121.7±7.89 ^b	90.2±10.07 ^a	91.4±7.50 ^a

Data values are expressed as means±SE ($n=8$). Data values with different superscripts within a row indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests. ND, normal diet; HFD, high-fat diet; GT, green tea extract; HGV, hydroponic-cultured ginseng vinegar

(A) AST activity



(B) ALT activity

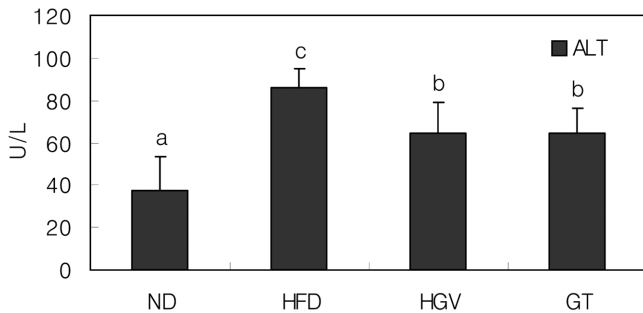


Fig. 4. Effect of HGV on AST (A) and ALT (B) in mice fed high-fat diet. Data values are expressed as means \pm SE ($n=8$). Data values with different superscripts indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests. ND, normal diet; HFD, high-fat diet; GT, green tea extract; HGV, hydroponic-cultured ginseng vinegar

삼 식초는 고지방 식이로 유도된 혈중 중성지방과 총콜레스테롤 수치를 유의적으로 감소시켰는데, 이는 수경재배 인삼 식초에 ginsenoside Re 와 그 대사체인 ginsenoside Rg2에 기인하는 것으로 사료된다. 그러나 이와 같은 작용이 어떠한 메커니즘으로 작용되는 지에 대해서는 추후 더 체계적인 연구가 필요하다.

간 효소 활성

AST, ALT 효소는 간세포 내에 존재하는 효소로 세포가 파괴되거나 사멸하면 혈액 속으로 분비되어 혈액 내에서도 일정량이 검출 될 수 있다. 지방간이나 알코올의 섭취, 과체중 등의 이유로 간에 염증이나 세포의 파괴가 일어나면 정상적인 양 보다 더 많은 AST, ALT가 혈액속으로 분비된다. 혈액 내에 존재하는 AST 및 ALT 의 양을 관찰한 결과, 고지방 식이로 인하여 모두 정상 범위 이상으로 상승하였으며, 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)에서 AST 활성은 고지방대조군(HFD) 대비 각각 67.3, 68.4%로 개선된 효과가 관찰되었으며($p<0.05$), ALT 활성의 경우에도 고지방대조군(HFD)과 비교하여 수경재배 인삼초섭취군(HGV) 및 녹차추출물섭취군(GT)에서 각각 75.1, 75.1% 수준으로 낮아진 결과가 관찰되었다(Fig. 4). 이는 간 조직 무게 와도 일치하는 경향을 보였으며, 유기산 일종인 아세트산은 AMPK α signaling pathway를 통해 지방 산화를 증가시키고, 지질 생합성을 억제하는 것으로 보고된 바 있어(40), 수경재배 인삼식 초에 함유된 아세트산이 지방 대사를 개선하여 간 지방 축적을 억제함으로써 간 기능의 손상을 예방한 것으로 추측할 수 있다.

요 약

본 연구에서는 수경재배 인삼의 진초를 이용하여 식초를 제조 하여 진세노사이드의 패턴 및 함량 변화를 확인하고자 하였으며, 고지방 식이로 유도된 비만 쥐에 수경재배 인삼 식초를 투여하여 체중, 체지방 및 지질대사를 분석함으로써 항비만 식품으로서 가능성을 확인하고자 하였다. 실험 결과 수경재배 인삼으로 식초 제조 시 산도는 $5.60\pm 0.24\%$ 이었으며, 초산 발효 과정에서 진세노사이드 Re가 감소하고 진세노사이드 Rg2가 약 4배 수준 증가하는 것으로 확인되었다. 수경재배 인삼 식초의 항비만 효과를 확인하기 위해 4주령 C57BL/6J mice에 고지방 식이를 투여하면서 수경재배 인삼 식초 및 녹차추출물을 8주간 투여하였다. 실험식이 종료 후 체중 변화를 비교한 결과 수경재배 인삼초투여군(HGV) 및 녹차추출물투여군(GT)은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 유의적인 체중감소효과가 관찰되었다. 체성분 분석결과 복부 지방 및 피하지방의 함량이 낮은 것을 확인할 수 있었으며, 개복 후 복부 주위의 지방을 적출하여 무게 측정 시 고지방식이군(HFD)과 비교하여 수경재배 인삼초투여군(HGV) 및 녹차추출물 투여군(GT)은 각각 85.5, 83.3% 낮아진 것으로 확인되었다. 혈중 지질프로파일 분석 결과 수경재배 인삼초투여군(HGV) 및 녹차추출물투여군(GT)은 중성지방, 총콜레스테롤, LDL 콜레스테롤이 고지방식이군(HFD)과 비교하여 유의적으로 낮아졌으며, HDL 콜레스테롤이 증가된 것으로 확인되었다. 고지방 식이에 의한 간 독성을 관찰하기 위해 AST 및 ALT 효소 활성을 측정하였으며, 수경재배 인삼초투여군(HGV)은 고지방식이군(HFD)과 비교하여 각각 67.3, 75.1%, 녹차추출물투여군(GT)은 각각 68.4, 75.1% 감소 효과가 관찰되었다. 이와 같은 결과를 통해 수경재배 인삼으로 식초 제조 시 흡수율이 우수한 proginseoside Rg2의 함량이 증가되어 생리활성 강화 효과를 기대할 수 있으며, 체지방 축적을 억제하고 혈청 지질 조성을 개선시킴으로써 항비만 식품소재로 가치가 있을 것으로 생각된다.

References

- Kim SH, Kim JY, Ryu KA, Sohn CM. Evaluation of the dietary diversity and nutrient intakes in obese adults. *Korean J. Community Nutr.* 12: 583-591 (2007)
- Park JA, Park C, Han MH, Kim BW, Chung YH, Choi YH. Inhibition of adipocyte differentiation and adipogenesis by aged black garlic extracts in 3T3-L1 preadipocytes. *J. Life Sci.* 21: 720-728 (2011)
- Suzuki R, Tanaka M, Takanashi M, Hussain A, Yuan B, Toyoda H, Kuroda M. Anthocyanidins-enriched bilberry extracts inhibit 3T3-L1 adipocyte differentiation via the insulin pathway. *Nutr. Metab.* 8: 14 (2011)
- Kong YH, Choi KB, Kim TS, Yeo IH. Anti-oxidant and Anti-obesity effects of red pepper and *Zanthoxylum schinifolium* ethanol extract, main ingredient of mara source. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 1544-1551 (2013)
- Xiang J, Zhu W, Li Z, Ling S. Effect of juice and fermented vinegar from *Hovenia dulcis* peduncles on chronically alcohol-induced liver damage in mice. *Food Funct.* 3: 628-634 (2012)
- Tanaka H, Watanabe K, Ma M, Hirayama M, Kobayashi T, Oyama H, Sakaguchi Y, Kanda M, Kodama M, Aizawa Y. J. The effects of γ -aminobutyric acid, vinegar, and dried bonito on blood pressure in normotensive and mildly or moderately hypertensive volunteers. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 45: 93-100 (2009)
- Budak NH, Kumbul Doguc D, Savas CM, Seydim AC, Kok Tas T, Ciris MI, Guzel-Seydim ZB. Effects of apple cider vinegars

- produced with different techniques on blood lipids in high-cholesterol-fed rats. *J. Agr. Food Chem.* 22: 6638-6644 (2011)
8. Ostman E, Granfeldt Y, Persson L, Björck I. Vinegar supplementation lowers glucose and insulin responses and increases satiety after a bread meal in healthy subjects. *Eur. J. Clin. Nutr.* 59: 983-988 (2005)
 9. Yamashita H, Fujisawa K, Ito E, Idei S, Kawaguchi N, Kimoto M, Hiemori M, Tsuji H. Improvement of obesity and glucose tolerance by acetate in type 2 diabetic Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rats. *Biosci. Biotech. Bioch.* 71: 1236-1243 (2007)
 10. Lee JH, Cho HD, Jeong JH, Lee MK, Jeong YK, Shim KH, Seo KI. New vinegar produced by tomato suppresses adipocyte differentiation and fat accumulation in 3T3-L1 cells and obese rat model. *Food Chem.* 141: 3241-3249 (2013)
 11. Kondo T, Kishi M, Fushimi T, Ugajin S, Kaga T. Vinegar intake reduces body weight, body fat mass, and serum triglyceride levels in obese Japanese subjects. *Biosci. Biotech. Bioch.* 73: 1837-1843 (2009)
 12. Nam KY, Ko SR, Choi KJ. Relationship of saponin and non-saponin for the quality of ginseng. *J. Ginseng Res.* 22: 274-283 (1998)
 13. Attele AS, Wu JA, Yuan CS. Ginseng pharmacology: multiple constituents and multiple actions. *Biochem. Pharmacol.* 58: 1685-1693 (1999)
 14. Gillis CN. Panax ginseng pharmacology: A nitric oxide link? *Biochem. Pharmacol.* 54: 1-8 (1997)
 15. Kenarova B, Neychev H, Hadjiivanova C, Petkov VD. Immunomodulating activity of ginsenoside Rg1 from Panax ginseng. *Jpn. J. Pharmacol.* 54: 447-454 (1990)
 16. Bhattacharya SK, Mitra SK. Anxiolytic activity of Panax ginseng roots: an experimental study. *J. Ethnopharmacol.* 34: 87-92 (1991)
 17. Mochizuki M, Yoo YC, Matsuzawa K, Sato K, Saiki I, Tono-oka S, Samukawa K, Azuma I. Inhibitory effect of tumor metastasis in mice by saponins, ginsenoside-Rb2, 20(R)- and 20(S)-ginsenoside-Rg3, of red ginseng. *Biol. Pharm. Bull.* 18: 1197-1202 (1995)
 18. Wakabayashi C, Hasegawa H, Murata J, Saiki I. *In vivo* antimetastatic action of ginseng protopanaxadiol saponins is based on their intestinal bacterial metabolites after oral administration. *Oncol. Res.* 9: 411-417 (1998)
 19. Wang BX, Cui JC, Liu AJ, Wu SK. Studies on the anti-fatigue effect of the saponins of stems and leaves of *Panax ginseng* (SSLG). *J. Tradit. Chin. Med.* 3: 89-94 (1983)
 20. Yoshikawa M, Morikawa T, Kashima Y, Ninomiya K, Matsuda H. Structures of new dammarane-type triterpene saponins from the flower buds of *Panax notoginseng* and hepatoprotective effects of principal ginseng saponins. *J. Nat. Prod.* 66: 922-927 (2003)
 21. Lee S, Lee MS, Kim CT, Kim IH, Kim Y. Ginsenoside Rg3 reduces lipid accumulation with AMP-activated protein kinase (AMPK) activation in HepG2 cells. *Int. J. Mol. Sci.* 13: 5729-5739 (2012)
 22. Xiong Y, Shen L, Liu KJ, Tso P, Xiong Y, Wang G, Woods SC, Liu M. Antiobesity and antihyperglycemic effects of ginsenoside Rb1 in rats. *Diabetes* 59: 2505-2512 (2010)
 23. Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB, Kim YB. Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 28: 216-226 (2010)
 24. Lee GA, Chang YK, Park SY, Kim GA, Kim SH, Song BH. Studies on growth responses and yields of *Panax ginseng* C. A. Meyer grown under hydroponic culture with different temperatures and growth stages. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20: 184-189 (2012)
 25. Kim SC, Choi KJ, Ko SR, Joo HK. Content comparison of proximate compositions, various solvent extracts and saponins in root, leaf and stem of *Panax ginseng*. *J. Ginseng Res.* 11: 118-122 (1987)
 26. Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ, Seong NS. Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 12: 237-242 (2004)
 27. Yahara S, Tanaka O, Komori T. Saponins of the leaves of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Chem. Pharm. Bull.* 24: 2204-2208 (1976)
 28. Swain T, Hills WE, Ortega M. The phenolic constituents of *Ptunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J. Sci. Food Agr.* 10: 83-88 (1959)
 29. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clin. Chem.* 18: 499-502 (1972)
 30. KFDA. Food Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea. pp. 5-21-1 (2012)
 31. Na HS, Choi GC, Yang SI, Lee JH, Cho JY, Ma SJ, Kim JY. Comparison of characteristics in commercial fermented vinegars made with different ingredients. *Korean J. Food Preserv.* 20: 482-487 (2013)
 32. Choi, HJ, Zhang YB, An BJ, Choi C. Identification of biologically active compounds from *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 493-497 (2002)
 33. Wee JJ, Han JN, Kim MW. Analysis of phenolic components in Korean red ginseng by GC/MS. *Korean J. Ginseng Sci.* 20: 284-290 (1996)
 34. Lee KS, Seong BJ, Kim GH, Kim SI, Han SH, Kim HH, Baik ND. Ginsenoside, phenolic acid composition and physiological significances of fermented ginseng leaf. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 1194-1200 (2010)
 35. Kim SJ, Kim JD, Ko SK. Changes in ginsenoside composition of ginseng berry extracts after a microwave and vinegar process. *J. Ginseng Res.* 37: 269-272 (2013)
 36. Quan HY, Yuan HD, Jung MS, Ko SK, Park YG, Chung SH. Ginsenoside Re lowers blood glucose and lipid levels via activation of AMP-activated protein kinase in HepG2 cells and high-fat diet fed mice. *Int. J. Mol. Med.* 29: 73-80 (2012)
 37. Lawrence GD. Dietary fats and health: dietary recommendations in the context of scientific evidence. *Adv. Nutr.* 4: 294-302 (2013)
 38. Kim HJ, Choi SW, Cho SH. Effects of various mulberry products on the blood glucose and lipid status of streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J. Nutr.* 43: 551-560 (2010)
 39. Yang BK, Park JB, Ha SO, Kim KY, Kim KH, Park KY, Yun JW, Song CH. Hypolipidemic effect of extracts of soybean paste containing mycelia of mushrooms in hyperlipidemic rats. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 28: 228-232 (2000)
 40. Li X, Chen H, Guan Y, Li X, Lei L, Liu J, Yin L, Liu G, Wang Z. Acetic acid activates the AMP-activated protein kinase signaling pathway to regulate lipid metabolism in bovine hepatocytes. *PLoS One* 8: e67880 (2013)