

헛개나무를 이용한 모주의 품질 특성 및 생리활성(*in vivo*) 효능 검증

박연희^{1,2} · 유옥경^{1,3} · 배초롱^{1,2} · 차연수^{1,2}

¹전북대학교 식품영양학과
²전북대학교부설 발효식품연구센터
³전북대학교부설 비만연구센터

Quality Characteristics and Evaluation of Physiological Activities of *Moju* Made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Yeon-Hee Park^{1,2}, Ok-Kyeong Yu^{1,3}, Cho-Rong Bae^{1,2}, and Youn-Soo Cha^{1,2}

¹Department of Food Science and Human Nutrition, ²Jeonju Fermented Food Research Center,
and ³Department of Obesity Research Center, Chonbuk National University

ABSTRACT The purpose of this study was to assess the quality characteristics of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb. and its physiological effects on ICR mice. According to the sensory score, we selected *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. among *Moju* made with 0, 0.5, 1, 5, and 10% *Hovenia dulcis* Thunb. Compared to *Moju* made without *Hovenia dulcis* Thunb., *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. had higher proportions of moisture (86.77 g/100 g) and carbohydrates (11.86 g/100 g). The mean values of the physicochemical analyses were as follows: pH 4.91, acidity 0.28, °Brix 12.63, reducing sugar 68.97, alcohol content 0.1, alcohol density 0.998. *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. did not have effects on DPPH radical scavenging activity; however, superoxide dismutase activity was significantly higher than that of *Moju* made without *Hovenia dulcis* Thunb. For assessing physiological activities, 4-week-old male ICR mice were divided into six groups (n=10): normal control group (NC), ethanol-administered group (EC), EC plus low-dose *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb. (MCL), EC plus high-dose *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb. (MCH), EC plus low-dose *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. (MDL), and EC plus high-dose *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. (MDH). Serum triglyceride (TG) level was reduced by 11.17% and 19.61% in the MDL and MDH groups, respectively, compared to the EC group. Serum total-cholesterol levels of MDL and MDH groups were significantly lower as compared to the EC group. Serum high-density lipoprotein-cholesterol levels of the MDL and MDH groups were significantly higher than those of the EC group. Liver TG levels were significantly reduced in the MCL and MDL groups. From these results, *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb. demonstrated antioxidant activity and reduction of hyperlipidemia markers. Therefore, *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb. can serve as a non-alcoholic beverage and functional food source.

Key words: *Moju*, *Hovenia dulcis* Thunb., physicochemical characteristics, antioxidant activity, physiological activities

서 론

경제 성장과 더불어 생활 수준이 향상됨에 따라 각종 기능성을 가진 건강식품이 개발되고 있다. 그중 약재의 잎이나 뿌리 등을 부원료로 이용한 건강기능성 주류 개발이 진행되고 있는데, 특히 천연식물류를 첨가하여 알코올 해독과 건강 보조 및 질병 예방 등의 기능성을 추구한 약주 등이 개발되어 판매되고 있다(1,2). 모주는 막걸리에 인삼, 쑥, 감초, 계피, 대추, 생강 등 생약재와 흑설탕을 넣고 일정 시간 교반

가열한 후 여과해서 만드는 저농도 알코올성 음료이다. 모주의 유래는 몇 가지가 있는데 ‘대비모주설’이 가장 대표적으로 조선조 광해군 때 인목대비의 모친이 제주도로 귀양가서 술지게미를 재탕한 막걸리를 만들어 섬사람들에게 팔아 이를 대비(大妃) 모주라 부르다 나중에 모주라 불렀다는 것이다(3). 맛은 달고 촉감은 걸쭉하며, 색은 흑갈색이고 냄새는 기분 좋은 계피향 및 가열 향이 있으며, 알코올 함량은 0.1~2% 정도로 전주비빔밥, 콩나물 국밥과 함께 전주의 대표적인 향토식품으로 식사 후 마시는 후식 개념의 전통음료로 자리매김하고 있다(4). 지금까지 이루어진 모주 관련 연구는 전주지역 음식점에서 판매되는 모주의 이화학적, 관능적 특성(4), 전주 모주의 이화학적 특성 및 휘발성 화합물 성분(5)이 있으나, 생리활성 검증 등에 관한 연구는 미비한 실정이다.

Received 1 July 2015; Accepted 8 October 2015

Corresponding author: Youn-Soo Cha, Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea
E-mail: cha8@jbnu.ac.kr, Phone: +82-63-270-3822

헛개나무(*Hovenia dulcis* Thunb.)는 갈매나무과에 속하는 낙엽활엽교목으로 일명 호리개나무, 허리개나무, 지구(枳俱), 백석목(白石木), 목밀(木密), 현포리(玄圃梨)라고도 한다. 열매는 갈색이 돌고 단맛과 은은한 향기를 가지며, 알코올 분해 효과 및 간 손상 예방 효과(6-8)가 있는 것으로 알려져 있다. 헛개나무 잎과 줄기 등에서도 생리활성 물질이 보고되어(9,10) 그 효능에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 헛개나무 열수 추출물에서 분리된 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid와 3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid는 항산화 및 항균 작용(11)이 있다고 보고되었다. 헛개나무의 생리활성을 이용한 기능성 식품에 대한 연구로는 헛개열매 분말을 첨가한 국수(12), 헛개열매 추출물을 첨가한 식혜(13), 헛개열매 농축액을 첨가한 콩다식(14), 헛개 추출물이 첨가된 조미 간장(15) 등이 있으나, 헛개나무를 이용한 모주에 대한 연구는 전무하다.

따라서 본 연구에서는 다양한 생리활성을 가진 헛개나무를 전주지역의 전통주인 모주에 활용하여 건강기능성 모주 및 무알코올 음료로써 모주의 가능성을 모색하고자 헛개나무 모주를 제조한 후 관능적, 이화학적 분석 및 항산화 활성과 동물실험을 통한 생리활성을 검증하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에서 사용된 원주(알코올 5도 막걸리)는 (주)전주주조(Jeonju, Korea)에서 구입하여 사용하였고, 첨가되는 부재료인 대추와 생강은 전주 중앙시장에서, 흑설탕과 백설탕(CJ Cheil Jedang Co., Incheon, Korea)은 대형 마트에서, 헛개나무 열매와 줄기는 금산건재약초(Jeonju, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 모든 재료는 4°C에서 냉장 보관하면서 사용하였다.

헛개나무 첨가량 결정

헛개나무를 이용한 모주에 관한 연구가 거의 전무하므로 기능성 소재를 이용한 음료 개발에 관련된 여러 선행연구(16-19)를 참고하였다. 헛개나무의 첨가량을 원주 대비 다양한 농도(0, 0.5, 1, 5, 10%)로 설정하였으며 열매와 줄기의 비율은 1:1로 하였고, 모주 제조 시 비율에 따라 무게를 측정하여 첨가하였다.

관능검사

헛개나무 첨가량을 결정하기 위해 전북대학교 식품영양학과 대학생 및 대학원생 50명을 대상으로 전북대학교 생활과학대학의 실험실에서 관능검사를 실시하였다. 시료는 암호화하여 임의의 순서로 제시하였으며 각각의 시료 200 mL를 1회용 종이컵에 담아 제시하였다. 5개의 sample(0, 0.5, 1, 5, 10%)을 대상으로 관능검사 항목은 향기(aroma), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 구수한 맛(roasted nutty

taste), 청량감(refreshing), 목넘김(swallowing), 뒷맛(aftertaste), 외관(appearance), 전체적인 기호도(overall acceptability)를 평가하였다. 평가 방법은 7점 척도법으로 '매우 좋다'를 7점, '매우 나쁘다'를 1점으로 평가하도록 하였다. 시료의 섭취 사이에는 다음 시료의 평가에 영향을 주지 않기 위해 생수를 제공하여 반드시 입안을 헹궈 평가하도록 하였다.

헛개나무 모주 제조

본 연구에 사용된 모주는 전주지역 제조업체인 (주)전주주조의 제조 방법을 사용하여 계피를 1.5% 첨가한 일반 모주를 대조군으로 하였으며, 관능평가 결과 대부분 항목에서 높은 기호도를 나타낸 헛개나무 1% 첨가 모주를 실험군으로 제조하였다. 알코올 농도 5도인 막걸리 1,500 mL, 대추 30 g, 생강 30 g에 대조군은 계피 1.5%, 실험군은 헛개나무 1%를 첨가하여 3시간 동안 가열한 후, 흑설탕 45 g, 백설탕 45 g을 넣고 30분 동안 재가열하여 제조하였다. 헛개나무 열매 추출물을 첨가한 식혜의 경우 헛개나무 열매 추출물의 첨가량이 많을수록 당도가 높아지는 등(13) 헛개나무가 단맛을 가지고 있다는 연구 결과(15,20)가 있어, 칼로리 등을 고려하여 헛개나무 모주의 설탕 함량은 막걸리의 6%, 대조군의 설탕 함량은 막걸리의 7%로 하였다. 완성된 모주는 4°C에 냉장 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

일반성분 분석

실험군과 대조군을 대상으로 AOAC 방법(21)에 준하여 일반성분을 분석하였다. 수분 함량은 105°C 상압 가열건조법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하여 분석하였다. 조단백질 함량은 Kjeldahl 질소정량법, 조회분 함량은 550°C에서 건식회화법으로 측정하였다.

이화학적 특성 분석

pH는 Docu-pH Meter(Sartorius, Göttingen, Germany)를 이용하여 측정하였고, 산도는 시료 10 mL에 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH가 8.4에 도달할 때까지 소요된 양으로부터 산출하여 젯산의 함량으로 환산하였다. 당도는 굴절당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하였고, 환원당은 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid)(22)에 의해 측정하였다. 시료 농도는 0~25 mg/mL로 희석하였다. 용액 100 µL를 96 well plate에 넣고 DNS reagent 100 µL를 혼합한 후 Heating block(Finemould Precision IND, Seoul, Korea)에서 가열하였다. Microplate reader(MRX II, Dynex Technologies, Chantilly, VA, USA)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다. 알코올의 농도 및 밀도는 시료 100 mL를 증류하여 정용한 후 알코올·밀도 측정기(Density meter Anton Paar DMA 500, Courta-boeuf, France)를 사용하여 측정하였다. 색도는 색차계

(Colorimeter Jc801S, Color Techno System Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타냈으며 표준편의 L 값, a값, b값은 각각 93.573, 0.157, 1.353이었다.

항산화 활성 측정

헛개나무 모주의 항산화 활성을 알아보기 위하여 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) radical 소거능 및 SOD(superoxide dismutase) 활성을 측정하였다. DPPH radical에 대한 소거 효과는 Tung 등(23)의 방법에 준하여 평가하였다. Methanol에 용해시킨 0.2 mM DPPH 용액 100 µL에 시료 100 µL를 가하여 즉시 530 nm에서 흡광도를 측정하였고 표준물질로 1 mg/mL ascorbic acid를 사용하였다. 산화에 대한 저해율(inhibition rate, %)은 다음 식에 의하여 DPPH radical 소거능을 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = [(A - B) / A] \times 100$$

A: 시료대조군의 흡광도

B: 시료처리군의 흡광도

SOD 활성은 SOD 측정용 kit # K335-100(BioVision, Mountain View, CA, USA)을 이용하여 측정하였다(24). SOD 농도는 superoxide anion이 SOD에 의해 산화되어 oxygen과 formazan을 형성하는데, 이때 생성된 formazan dye의 농도를 측정하였다. Protocol에 따라 96 well plate에 시약을 분주한 뒤 37°C에서 20분간 incubation 하였다. 450 nm에서 흡광도를 측정한 후 SOD의 superoxide anion의 생성 저해를 나타내는 SOD activity(inhibition rate%)를 계산하였다.

실험동물 사육

개발된 헛개나무 모주의 생리활성을 평가하기 위해 동물 실험을 실시하였다. 실험동물은 4주령 ICR 수컷 마우스 60 마리를 구입하여 1주일 동안 환경에 적응시킨 후 난교법(randomized block design)에 의해 총 6군으로 나누어 4주간 사육하였는데, 6군은 증류수섭취군(NC), 알코올섭취군(EC), 알코올+일반 모주 저농도섭취군(MCL, 1 mL/kg bw), 알코올+일반 모주 고농도섭취군(MCH, 2 mL/kg bw), 알코올+헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL, 1 mL/kg bw), 알코올+헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH, 2 mL/kg bw)이다. 알코올 투여는 Moon과 Cha(25)의 방법에 준하여 체중 kg 당 20% 알코올 4 g을 경구 투여하였다. 증류수섭취군은 시료 대신 증류수를 20% 알코올과 동량으로 경구 투여하였다. 사육기간 중 실험동물의 체중은 1주일에 한 번 측정하였고 물과 식이는 자유롭게 섭취하도록 하였으며, 식이섭취량은 격일로 사료 잔량을 측정하여 1일 섭취량으로 환산하였다. 실험 기간 동안 사육실의 온도는 23±1°C, 습도는 50~60%로 유지하였으며 명암은 12시간 주기로 하였다. 동물사육은

전북대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(승인번호 CBU 2014-00069).

혈장 및 장기 채취

사육이 끝난 실험동물을 12시간 절식시킨 후 희생시켰다. 혈액은 1,200×g, 4°C에서 15분간 원심분리 후 혈청을 분리하여 분석 전까지 -80°C에 보관하였으며, 간은 채혈 후 즉시 적출하여 무게를 측정한 후 실험 전까지 -80°C에서 보관하였다.

지질성분 함량 측정

혈중의 중성지방(TG) 및 총 콜레스테롤(TC)은 자동분석기(Fuji Film DRI-CHEM 3500i, Fujifilm, Tokyo, Japan), HDL-콜레스테롤은 phosphotungstic acid/MG²⁺ 침전소법(Asan Phamaceutical Co., Seoul, Korea)으로 분석하였다. 간 조직에서 총 지질을 Folch 등(26)의 방법에 따라 추출한 후 중성지방 및 총 콜레스테롤 수준을 시판 키트(Asan Phamaceutical Co., Seoul, Korea)를 사용하여 효소법으로 측정하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS 12.0 for windows program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균(mean)±표준편차(standard deviation, SD)로 나타내었고, 각 군 간의 통계적 유의성 검증은 ANOVA 분석을 하였다. 각 군 간에 유의한 차이가 있을 경우 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 검증하였다. 또한 두 군 간의 비교는 independent t-test를 실시하여 분석하였다(P<0.05).

결과 및 고찰

관능검사

헛개나무 첨가량을 달리하여 모주를 제조한 뒤 4°C에서 냉장보관 후 전체적인 기호도, 향기, 단맛, 신맛, 구수한 맛, 청량감, 목넘김, 뒷맛, 외관에 대한 관능검사를 하여 비교한 결과를 Table 1에 나타내었다. 전반적인 기호도는 1% 첨가군이 가장 높았으며 유의적인 차이가 있었다(P<0.05). 향기는 5% 첨가군이 가장 낮고 대조군이 가장 높은 기호도를 나타내었는데 이것은 패널들이 시판되는 모주의 계피향에 익숙하므로 대조군의 기호도가 높았던 것으로 사료된다. 단맛은 전체적으로 헛개나무를 첨가한 모주가 높았으며, 특히 1% 첨가군이 가장 높은 기호도를 나타내었다. 신맛은 대조군과 10% 첨가군에서 가장 낮고 0.5% 첨가군에서 가장 높은 기호도를 나타내었다. 구수한 맛은 대조군과 10% 첨가군에서 가장 낮고 0.5% 첨가군에서 가장 높은 기호도를 나타내었다. 청량감은 10% 첨가군에서 가장 낮고 1% 첨가군에서 점수가 높아 유의적인 차이가 있었다(P<0.05). 목넘김은 10% 첨가군에서 가장 낮고 1% 첨가군에서 가장 높은 기호

Table 1. Sensory evaluation of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Sensory evaluation	Samples ¹⁾				
	0%	0.5%	1%	5%	10%
Overall acceptability	4.25±1.44 ^{abc2)}	4.50±1.37 ^{ab}	4.94±1.12 ^a	3.56±1.67 ^{bc}	3.25±1.29 ^c
Aroma	4.63±1.75	4.06±1.12	4.38±1.02	3.31±1.45	3.75±1.06
Sweetness	3.81±1.38	4.25±1.24	4.94±1.06	3.75±1.53	4.06±1.24
Sourness	3.19±1.52	4.38±1.59	4.00±1.59	3.31±1.08	3.19±1.28
Roasted nutty taste	3.69±1.20	4.44±1.31	4.25±1.34	3.81±1.60	3.69±1.14
Refreshing	3.67±1.40 ^{bc}	4.13±1.25 ^{ab}	4.80±1.15 ^a	3.80±1.21 ^{bc}	3.00±1.13 ^c
Swallowing	4.06±1.29 ^{ab}	4.50±1.10 ^{ab}	5.00±0.97 ^a	3.75±1.57 ^{bc}	3.06±1.34 ^c
Aftertaste	4.38±1.45 ^a	4.44±1.41 ^a	4.88±1.20 ^a	3.25±1.53 ^b	3.25±1.06 ^b
Appearance	3.81±1.47 ^b	3.81±1.56 ^b	4.56±1.26 ^{ab}	5.25±1.18 ^a	4.19±1.56 ^b

¹⁾0% (Control), *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb.; 0.5%, *Moju* made with 0.5% *Hovenia dulcis* Thunb.; 1%, *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb.; 5%, *Moju* made with 5% *Hovenia dulcis* Thunb.; 10%, *Moju* made with 10% *Hovenia dulcis* Thunb.

²⁾Values with different letters are significantly different by analysis of variance with Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

도를 나타내었다($P<0.05$). 뒷맛은 5% 첨가군과 10% 첨가군에서 가장 낮고 1% 첨가군에서 가장 높은 기호도를 나타내었다($P<0.05$). 외관은 5% 첨가군에서 유의적으로 높은 기호도를 나타내었는데($P<0.05$), 패널들이 겉쪽하고 진한 갈색인 시판되는 모주의 색에 익숙하기 때문에 사료된다. 관능검사 결과를 보아 전체적인 기호도는 외관과 향기보다는 단맛, 목넘김, 뒷맛이 좋은 것이 기호도가 높은 것을 알 수 있었다. 향기를 제외한 대부분 항목에서 헛개나무 첨가량이 증가할수록 기호도가 증가하다가 헛개나무 첨가량 5% 이상에서 기호도가 감소하는 경향을 보였으며, 전반적으로 헛개나무 1% 첨가군이 가장 높은 기호도를 나타내었다.

일반 모주 및 헛개나무 모주 제조

다양한 농도로 헛개나무를 첨가하여 제조한 헛개나무 모주의 관능검사 결과를 바탕으로 헛개나무 1% 첨가군을 최종 실험군(MH)으로 하였으며 일반 모주를 대조군(MC)으로 이화학적 분석, 항산화 활성 및 동물실험을 통한 생리활성 검증에 사용하였다. 실험군과 대조군의 레시피는 Table 2에 나타내었다.

일반성분

개발된 모주에 함유된 일반성분에 대한 분석 결과는 Table 3과 같다. 열량은 대조군(MC)과 헛개나무 모주(MH)에서 각각 57, 56 kcal/100 g으로 분석되었다. 대조군과 실험군 모두 수분 비율이 가장 높았는데 수분 함량은 대조군이 85.91 g/100 g, 실험군이 86.77 g/100 g으로 분석되었다. 실험군은 대조군보다 조지방, 조단백질의 함량이 높았으며, 대조군은 탄수화물, 조회분의 함량이 실험군보다 많았다. 따라서 헛개나무 모주의 주된 성분은 수분과 탄수화물이었으며 약간의 조단백(1.14 g/100 g), 조회분(0.12 g/100 g), 조지방(0.11 g/100 g)으로 구성되었다.

이화학적 특성 분석

헛개나무 모주의 pH, 산도, 당도 및 환원당 등을 측정 한 결과는 Table 4와 같다. 발효 과정에서 생성되는 유기산, 탄산가스 및 기타 산 물질의 영향을 받는 pH는 대조군에서 4.71, 헛개나무 모주에서 4.91로 헛개나무 모주가 비교적 높게 측정되었지만 유의적인 차이는 없었다. 산도는 막걸리의 발효 과정 중에 생성되는 산 물질(유기산, 탄산가스, 산성 아미노산, 기타 산 물질)의 함량을 나타내며, 휘발성 향기

Table 2. Formulas for the manufacture of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Samples ¹⁾	Ingredients							
	Makgeolli (mL)	Jujube (g)	Ginger (g)	Cinnamon (g)	White sugar (g)	Brown sugar (g)	<i>Hovenia dulcis</i> Thunb.	
							Stem (g)	Fruit (g)
MC	1,500	30	30	22.5	52.5	52.5	0	0
MH	1,500	30	30	0	45	45	7.5	7.5

¹⁾MC, *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb.; MH, *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb.

Table 3. Proximate composition of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Samples ¹⁾	Calories (kcal/100 g)	General nutrients				
		Moisture (g/100 g)	Carbohydrate (g/100 g)	Crude fat (g/100 g)	Crude protein (g/100 g)	Crude ash (g/100 g)
MC	57	85.91	13.14	0.02	0.80	0.13
MH	56	86.77	11.86	0.11	1.14	0.12

¹⁾MC, *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb.; MH, *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb.

Table 4. Physicochemical properties of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Samples ¹⁾	pH	Acidity (%)	°Brix	Reducing sugar (mg/mL)	Alcohol (%)	Density (g/cm ³)	Color			
							L	a	b	ΔE
MC	4.71±0.12	0.30±0.006	13.5±0.1	78.11±5.03	0.1	0.998	38.4±0.11	8.00±0.07	25.27±0.24*	60.65±0.21*
MH	4.91±0.05	0.28±0.01	12.63±0.06	68.97±3.65	0.1	0.998	45.1±0.08*	8.28±0.06*	24.59±0.14	54.37±0.20

¹⁾MC, *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb., MH, *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb.

*Values are expressed by independent-samples t-test.

성분과 함께 막걸리의 맛, 냄새, 보존성과 관련이 있는데, 대조군에서 0.3%, 헛개나무 모주에서 0.28%로 측정되었다. 대조군과 헛개나무 모주의 pH 및 산도는 거의 유사하여 헛개나무 모주가 모주의 일반적인 품질에 헛개나무의 영양학적 우수성을 겸비하였다고 사료된다. Kwon 등(5)의 연구에서는 12종의 전주 모주가 당도 4.2~25.4를 나타낸다고 보고하였는데, 본 연구 결과는 대조군에서 13.5°Brix, 헛개나무 모주에서 12.63°Brix로 측정되었다. 모주가 각기 다른 당도를 나타내는 이유는 첨가되는 원료, 설탕의 양, 불의 세기 등이 다르기 때문으로 사료된다. 환원당은 알코올 발효의 기질뿐만 아니라 감미도에 영향을 주며, 산미, 감칠맛 등과 조화되어 독특한 맛을 낸다(27). 대조군은 78.11 mg/mL, 헛개나무 모주는 68.97 mg/mL로 Lee와 Shim(28)이 연구한 막걸리에 비해 높은 함량을 나타내었는데, 이는 모주 제조 시 첨가하는 비환원당인 설탕이 막걸리에 함유된 산과 열에 함께 반응하여 포도당과 과당으로 분해되어 환원력이 생겨 검출된 것으로 사료된다(5).

대조군과 헛개나무 모주 모두 알코올 농도는 0.1%, 알코올 밀도는 0.998 g/cm³로 측정되었다. 막걸리의 알코올 함량에 관한 연구에 따르면 막걸리의 알코올 함량은 막걸리 제조 시 첨가한 첨가물에 따라 큰 영향을 받는 것으로 확인되었으나(29), 본 연구에서 헛개나무를 첨가한 모주의 알코올 함량은 대조군과 비교하였을 때 유의적인 차이를 나타내지 않아 모주 제조 시 헛개나무의 첨가는 알코올 발효에 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

제조한 모주는 육안으로 관찰 시 전체적으로 짙은 갈색의 액체 상태였으나 좀 더 정확한 각각의 물리적 특성을 알아보기 위하여 색도를 분석하였다. 명도를 나타내는 L값은 대조군이 38.4, 헛개나무 모주는 45.1로 측정되었고 헛개나무 모주가 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다. 적색도를 나타내는 a값은 대조군이 8, 헛개나무 모주는 8.28로 측정되었고 헛개나무 모주가 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 대조군이 25.27, 헛개나무 모주는 24.59로 측정되었고 대조군이 유의적으로 더 높은 값을 나타내었다 ($P < 0.05$). Kwon 등(5)은 12종의 전주 모주가 적색도(a값) 4.08~6.49, 황색도(b값) 15.41~20.83을 나타내었다고 보고하였는데, 이처럼 모주가 각기 다른 물리적 성질을 나타내는 이유는 첨가되는 원료의 종류, 비율, 설탕의 양 등이 다르기 때문으로 사료된다.

항산화 활성

DPPH assay는 빠르고 간단하게 식물이나 식품 추출물 또는 단일 화합물의 항산화능을 측정하기 위해 널리 사용되는 방법이다. 특유의 자색을 나타내는 DPPH는 분자 내에 free radical을 가지고 있어 항산화 작용을 나타내는 ascorbate, tocopherol, BHA 등에 의해 환원되어 탈색되는 특성을 가지고 있다(30). DPPH radical 소거법은 DPPH의 짙은 자색이 탈색되는 정도에 따라 그 물질의 항산화능을 나타낸다. 대조군과 헛개나무 모주의 DPPH radical 소거능은 약 51.76~52.07%로 측정되었으며 두 그룹 간의 유의적인 차이는 없었다(Table 5). 대조군과 실험군의 부재료인 계피와 헛개나무는 비슷한 수준의 높은 항산화 효과가 보고된 바 있다(31). 따라서 헛개나무의 항산화 효과에 대해 많이 보고되었지만(11,32), 선행연구를 참고하였을 때 대조군과 헛개나무 모주는 비슷한 수준의 DPPH radical 소거능을 나타낸 것으로 사료된다.

산화물은 체내에서 산화스트레스를 유발하는 것으로 알려져 있으며, 특히 활성산소는 인체 내에 매우 독성이 강한 물질로 생성과 동시에 superoxide의 저해물질인 SOD에 의해 독성이 소멸되는 것으로 알려져 있다(33). SOD 활성은 대조군은 66.58%, 헛개나무 모주는 82.65%로 측정되었고, 헛개나무 모주의 값은 대조군에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다($P < 0.05$). 이러한 결과는 10종의 약용식물 추출물의 항산화 효과를 측정한 연구(32)에서 비교적 높은 superoxide 음이온 라디칼 소거능을 나타낸 헛개나무의 항산화 효과에 대한 연구 결과와 일치한다. 이에 높은 superoxide 음이온 라디칼 소거능을 나타낸 헛개나무 모주는 산화적 스트레스와 노화 예방에 좋은 효과를 가지고 있는 항산화 물질로써 이용 가치가 높다고 사료된다.

실험동물모델에서의 생리활성 효능 검증

실험기간 동안 식이섭취량은 각 실험군 간에 유의적인 차

Table 5. Antioxidant activity of *Moju* made with *Hovenia dulcis* Thunb.

Samples ¹⁾	DPPH radical scavenging activity (%)	SOD activity (%)
MC	52.07±0.29	66.58±1.78
MH	51.76±0.10	82.65±3.90*

¹⁾MC, *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb.; MH, *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb.

*Values for MH group are significantly different compared to MC group by independent-samples t-test.

Table 6. Body weight and food intake in mice for 4 weeks

Parameter	Group ¹⁾					
	NC	EC	MCL	MCH	MDL	MDH
Final weight (g)	42.65±3.01 ²⁾	43.75±3.14	44.82±4.14	42.05±3.98	44.26±4.27	43.75±3.6
Food intake (g/d)	4.94±0.37	4.96±0.43	5.10±0.40	4.94±0.37	4.97±0.24	4.81±0.18

¹⁾NC, Control; EC, ethanol; MCL, EC plus low-dose *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb. (1 mL/kg of body weight); MCH, EC plus high-dose *Moju* made with 0% *Hovenia dulcis* Thunb. (2 mL/kg of body weight); MDL, EC plus low-dose *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. (1 mL/kg of body weight); MDH, EC plus high-dose *Moju* made with 1% *Hovenia dulcis* Thunb. (2 mL/kg of body weight).

²⁾Values are mean±SD.

이를 보이지 않았으며 체중의 변화 또한 각 실험군 간의 유의적인 차이를 보이지 않았다(Table 6).

혈중의 지질 농도를 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 혈중 중성지방, 총 콜레스테롤 함량은 증류수섭취군(NC)에 비해 알코올섭취군(EC)에서 높은 값을 나타냈으며, HDL-콜레스테롤 함량은 낮은 값을 나타내었다. Baraona와 Lieber (34)는 알코올을 장기간 섭취 시 고중성지방혈증과 고콜레스테롤혈증을 유발한다고 보고하였으며, Lee 등(35)도 에탄올 투여 시 혈청 내 총 지질 및 중성지방 함량이 대조군에 비해 증가됨을 보고하여 본 연구와 일치하는 결과를 보였다. 혈중 중성지방은 일반 모주 고농도섭취군(MCH), 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL), 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH)에서 알코올섭취군(EC)에 비해 비교적 낮은 수준을 나타내었다. 특히 헛개나무 모주 고농도 섭취군(MDH)은 알코올 투여군임에도 불구하고 정상 대조군보다도 낮은 중성지방 수준을 나타내었다. 혈중 총 콜레스테롤은 일반 모주 고농도섭취군(MCH) 133.4±23.21 mg/dL, 헛개나무 모주

저농도섭취군(MDL) 139.67±20.89 mg/dL, 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH) 140.4±31.16 mg/dL로 알코올섭취군(EC) 167.72±31.15 mg/dL에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($P<0.05$). 혈중 HDL-콜레스테롤은 콜레스테롤을 말초조직으로부터 간으로 운반하여 혈관벽에 콜레스테롤 침착을 방지하는 것으로 알려져 있다(36). 본 연구에서 HDL-콜레스테롤은 일반 모주 고농도섭취군(MCH) 170.64±19.92 mg/dL, 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL) 170.88±12.87 mg/dL, 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH) 178.01±19.20 mg/dL로 알코올섭취군(EC) 149.02±23.93 mg/dL에 비해 유의적으로 높은 수준을 나타내었다($P<0.05$). 혈중 지질 농도는 일반 모주 고농도섭취군(MCH)과 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL)에서 비슷한 경향을 보였는데 이와 같은 결과는 헛개나무 모주 섭취가 일반 모주 섭취보다 혈중 지질 농도에 더 효과적임을 나타낸 것이라 사료된다. Hong 등(37)과 Choi 등(6)의 연구에서도 헛개나무 추출물로 증가된 혈중 중성지방 및 콜레스테롤 함량이 감소되었다

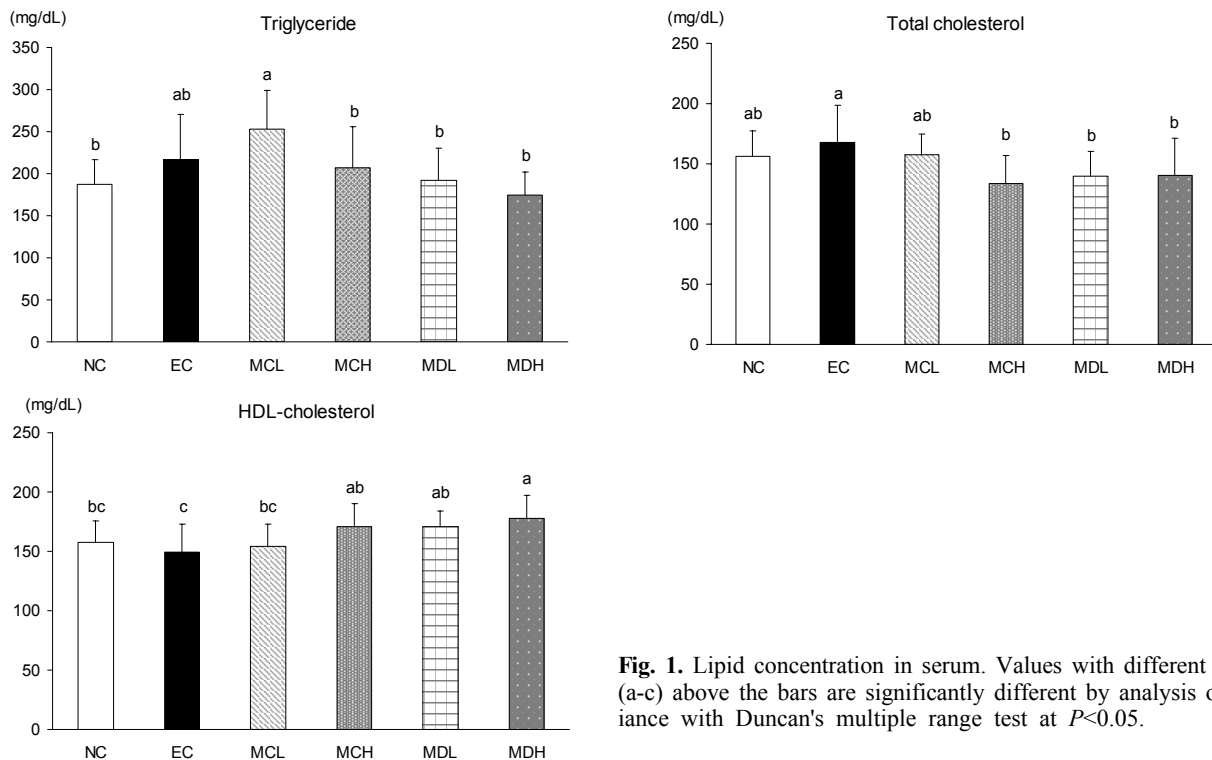


Fig. 1. Lipid concentration in serum. Values with different letters (a-c) above the bars are significantly different by analysis of variance with Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

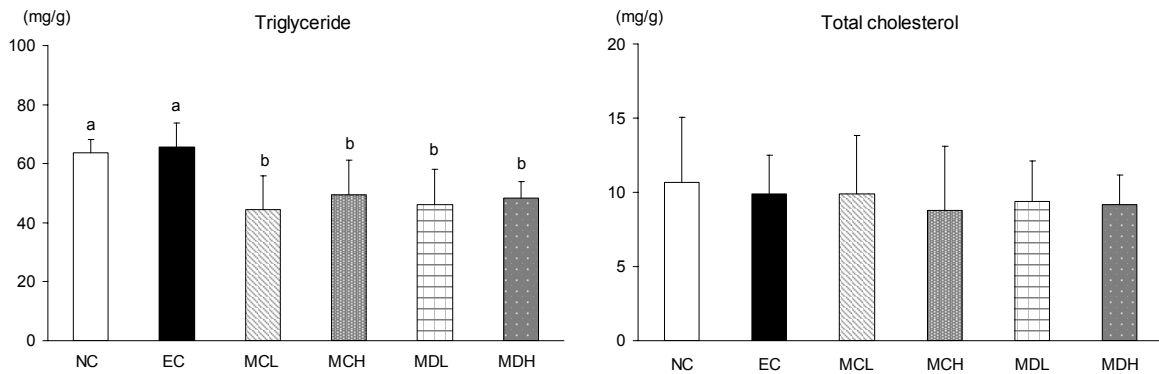


Fig. 2. Lipid concentration in liver. Values with different letters (a,b) above the bars are significantly different by analysis of variance with Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다.

간 중의 지질 농도를 분석한 결과는 Fig. 2와 같다. 간 중 중성지방은 증류수섭취군(NC)에 비해 알코올섭취군(EC)이 높았지만 유의적인 차이는 보이지 않았다. 간 중 중성지방은 일반 모주 저농도섭취군(MCL) 44.44 ± 11.46 mg/g, 일반 모주 고농도섭취군(MCH) 49.36 ± 11.72 mg/g, 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL) 46.13 ± 11.87 mg/g, 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH) 48.32 ± 5.65 mg/g으로 알코올섭취군(EC) 65.7 ± 7.99 mg/g에 비해 유의적으로 낮았다($P < 0.05$). 간 중 총 콜레스테롤은 모든 군에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구 결과는 헛개열매 열수 추출물 및 헛개열매 추출액 발효물의 21일간 급여에서 간 조직 중성지방과 총 콜레스테롤이 유의적으로 감소하였다고 보고한 Choi 등(6)과 만성적인 에탄올 섭취 시 간에서 지방산 합성은 촉진되고 분해는 억제되므로 지방이 축적되어 지방간을 유발하며 영양상태가 양호한 상태에서도 장기간의 에탄올 섭취로 지방간이 유발될 수 있다고 한 Decarli와 Lieber(38) 및 Lieber 등(39)의 보고와 유사한 결과를 보였다. 이상의 실험 결과들을 종합해 볼 때 헛개나무 모주는 에탄올 투여에 의해 나타나는 혈중 및 간 중 지질 수준에 긍정적인 영향을 미치고 있어 이를 이용한 기능성 음료의 가능성이 높다고 사료된다.

요 약

본 연구는 헛개나무(*Hovenia dulcis* Thunb.) 함량을 달리 한 모주를 제조한 후 관능검사를 통해 최종 레시피를 선정하였으며, 개발 모주를 실험군, 일반 모주를 대조군으로 하여 일반성분, 이화학적 특성 및 항산화 활성을 측정하였다. 생리활성 검증을 위한 동물실험은 6개의 군[증류수섭취군(NC), 알코올섭취군(EC), 알코올+ 일반 모주 저농도섭취군(MCL), 알코올+ 일반 모주 고농도섭취군(MCH), 알코올+ 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL), 알코올+ 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH)]으로 나눠 실시하였다. 헛개나무 모주의 일반성분 분석 결과 수분 86.77 g/100 g, 탄수화물

11.86 g/100 g을 함유한 것으로 측정되었다. 이화학적 분석 결과 수율 60%, pH 4.91, 산도 0.28%, 당도 12.63° Brix, 환원당 68.97 mg/mL, 알코올 농도 0.1%, 알코올 밀도 0.998 g/cm³로 측정되었으며 대조군과 유의적인 차이는 없었다. SOD 활성은 헛개나무 모주가 대조군에 비해 유의적으로 높게 측정되었다. 헛개나무 모주를 실험동물(ICR mice)에게 4주 동안 투여한 결과 혈중 중성지방은 알코올섭취군(EC)에 비해 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL), 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH)에서 낮은 경향을 보였고, 혈중 총 콜레스테롤은 알코올섭취군(EC)에 비해 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL), 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH)에서 유의적으로 낮았다. HDL-콜레스테롤은 알코올섭취군(EC)에 비해 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL), 헛개나무 모주 고농도섭취군(MDH)에서 유의적으로 높았다. 간 중 중성지방은 에탄올섭취군(EC)과 비교하여 일반 모주 저농도섭취군(MCL)과 헛개나무 모주 저농도섭취군(MDL)에서 유의적으로 낮았다. 이상의 결과로 본 연구는 헛개나무 모주를 개발하고, 개발된 모주의 일반성분, 이화학적 특성, 항산화 활성 및 체내 지질 수준을 확인하였으며, 이를 통해 헛개나무를 이용한 모주가 무알코올 음료 및 건강기능성 식품 소재로써 활용 가능한 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 「중소기업 맞춤형 기술역량 강화사업」으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Chang KS, Yu YJ. 1981. Studies on the components of sogukju and commercial yakju. *Korean J Food Sci Technol* 13: 307-313.
2. Cha JY, Cho YS. 2001. Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 44: 122-128.
3. Jo JH. 1999. *The recovery of our traditional liquor*. Seohaemunjib, Seoul, Korea. p 168.

4. Lee BY, Kim SJ, Doo HS, Kwon TH, Kim JW. 2011. Physicochemical and sensory characteristics of *Moju* sold at restaurants located in Jeonju. *Korean J Food Preserv* 18: 907-915.
5. Kwon YH, Jo SJ, Kim HR, Lee HJ, Kim JH, Ahn BH. 2009. Physicochemical properties and volatile compounds in Jeonju *Moju*. *Korean J Food Sci Technol* 41: 503-508.
6. Choi JY, Kim JH, Kim G, Kim CK, Choi MS. 2014. Effect of fermented *Hovenia dulcis* Thunb fruit water extract on biomarker for liver injury and body weight changes in rats given oral administration of ethanol. *Korean J Food Preserv* 21: 412-420.
7. Kim MH, Chung YT, Lee JH, Park YS, Shin MK, Kim HS, Kim DH, Lee HY. 2000. Hepatic detoxification activity and reduction of serum alcohol concentration of *Hovenia dulcis* THUNB from Korea and China. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8: 225-233.
8. An SW, Kim YG, Kim MH, Lee BI, Lee SH, Kwon HI, Hwang B, Lee HY. 1999. Comparison of hepatic detoxification activity and reducing serum alcohol concentration of *Hovenia dulcis* THUNB and *Alnus japonica* Steud. *Korean J Medicinal Crop Sci* 7: 263-268.
9. Lee SE, Bang JK, Seong NS. 2004. Inhibitory activity on angiotensin converting enzyme and antioxidant activity of *Hovenia dulcis* Thunb. cortex extract. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 79-84.
10. Park SH, Chang EY, Chang JS, Yoon KY. 2009. Protective effect of *Hovenia dulcis* Thunb leaves extract on hepatic injury induced by benzo(a)pyrene in mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 569-573.
11. Cho JY, Moon JH, Park KH. 2000. Isolation and identification of 3-methoxy-4-hydroxybenzoic acid and 3-methoxy-4-hydroxycinnamic acid from hot water extracts of *Hovenia dulcis* Thunb and confirmation of their antioxidative and antimicrobial activity. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1403-1408.
12. Choi S, Park GS. 2005. A study on the noodle quality made from *Hovenia dulcis* composite flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1586-1592.
13. Kim HH, Park GS, Jeon JR. 2007. Quality characteristics and storage properties of Sikhe prepared with extracts from *Hovenia dulcis* THUNB. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 848-857.
14. Hwang SJ. 2011. Quality characteristics of soybean *Dasik* containing different amount of *Hovenia dulcis* Thunb. extract. *J East Asian Soc Dietary Life* 21: 520-525.
15. Won SB, Oh KH, Jung SY, Song HS. 2012. Sensory evaluation of Hutgae (*Hovenia dulcis* Thunb) extract for soy sauce development. *Korean J Food & Nutr* 25: 266-273.
16. Lee JK, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. 2013. Physicochemical characteristics and biological activities of *makgeolli* supplemented with the fruit of *Akebia quinata* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 45: 619-627.
17. Jeon MH, Lee WJ. 2011. Characteristics of blueberry added *makgeolli*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 444-449.
18. Choi KW, Lee JK, Jo HJ, Lee KJ, Yoon JA, An JH, Chung KH. 2013. Fermentation characteristics of *makgeolli* made with loquat fruits (*Eriobotrya japonica* Lindley). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 975-982.
19. Lee JS, Lee JS. 2007. Physiological function and development of beverage from *Grifola frondosa*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1241-1247.
20. Park GS, Kim HH. 2005. Physicochemical and sensory characteristics of extract from leaf, fruit stalk and stem of *Hovenia dulcis* Thunb. *J East Asian Soc Dietary Life* 15: 65-70.
21. AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. Chapter 45, p 70.
22. Kato A, Minoshima Y, Yamamoto J, Adachi I, Watson AA, Nash RJ. 2008. Protective effects of dietary chamomile tea on diabetic complications. *J Agric Food Chem* 56: 8206-8211.
23. Tung YT, Wu JH, Hsieh CY, Chen PS, Chang ST. 2009. Free radical-scavenging phytochemicals of hot water extracts of *Acacia confusa* leaves detected by an on-line screening method. *Food Chem* 115: 1019-1024.
24. Lanoix D, Lacasse AA, Reiter RJ, Vaillancourt C. 2013. Melatonin: the watchdog of villous trophoblast homeostasis against hypoxia/reoxygenation-induced oxidative stress and apoptosis. *Mol Cell Endocrinol* 381: 35-45.
25. Moon YJ, Cha YS. 2008. Effects of persimmon-vinegar on lipid metabolism and alcohol clearance in chronic alcohol-fed rats. *J Med Food* 11: 38-45.
26. Folch J, Lees M, Sloane Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509.
27. Park CS, Lee TS. 2002. Quality characteristic of *takju* prepared by wheat flour *nuruks*. *Korean J Food Sci Technol* 34: 296-302.
28. Lee JW, Shim JY. 2010. Quality characteristics of *makgeolli* during freezing storage. *Food Eng Prog* 14: 328-334.
29. Song JC, Park HJ, Shin WC. 2006. Suppression of solid matters precipitation of *Takju* and its quality improvement by carrageenan. *Korean J Food & Nutr* 19: 288-295.
30. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
31. Park YM, Kim SJ, Jo KH, Yang EJ, Jung ST. 2006. Anticarcinogenic and antioxidant activities from medicinal herbs. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 284-293.
32. Joo SY. 2013. Antioxidant activities of medicinal plant extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 512-519.
33. Masaki H, Sakaki S, Atsumi T, Sakurai H. 1995. Active-oxygen scavenging activity of plant extracts. *Biol Pharm Bull* 18: 162-166.
34. Baraona E, Lieber CS. 1972. Effects of chronic ethanol feeding on serum lipoprotein metabolism in the rat. *J Clin Invest* 49: 769-778.
35. Lee JS, Kim NY, Lee KH, Kim GS, Park HJ, Choi JW, Kim SH. 2000. Effects of flower of *Pueraria lobata* on lipid peroxidation and activities of alcohol metabolic enzymes in alcohol-treated rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 935-942.
36. Rifkind BM, Tamir I, Heiss G, Wallace RB, Tyroler HA. 1979. Distribution of high density and other lipoproteins in selected LRC prevalence study populations: a brief survey. *Lipids* 14: 105-112.
37. Hong YL, Kim MH, Ahn C, Lee HY, Kim JD. 2000. Studies on the biological activities of the extracts from *Hovenia dulcis* Thunb. *J Agr Sci* 11: 1-11.
38. DeCarli LM, Lieber CS. 1967. Fatty liver in the rat after prolonged intake of ethanol with a nutritionally adequate new liquid diet. *J Nutr* 91: 331-336.
39. Lieber CS, Jones DP, DeCarli LM. 1965. Effects of prolonged ethanol intake: production of fatty liver despite adequate diets. *J Clin Invest* 44: 1009-1021.