



Research Article

Protective effects of hot water extract from glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on ethanol-induced hepatic injury in mice

알코올성 간 손상 동물 모델에 대한 함초 열수추출물의 간 보호 효과

Ho Jeong Jeong, Byung Hyuk Yoo, Gi Dong Han*

정호정 · 유병혁 · 한기동*

Department of Food Science and Technology, College of Life and Applied Sciences, Yeungnam University, Gyeongsan 38541, Korea

영남대학교 생명응용과학대학 식품공학과

Abstract Chronic ethanol intake induces hepatic steatosis and injury. Glasswort (*Salicornia herbacea* L.) contains betaine and other bioactives with potential hepatoprotective effects. Male C57BL/6 mice (n=10/group) were assigned to four groups and reared for 6 weeks on Lieber-DeCarli liquid diets: normal diet (N), ethanol diet (C), ethanol diet plus silymarin (100 mg/kg, P), and ethanol diet plus hot water extract from glasswort (HWEG, 6.7 mg/kg, A). Ethanol feeding was gradually adapted and maintained at a final concentration while providing 36% of total energy from ethanol. Serum biomarkers and liver histology (H&E) were evaluated. Body weight gain was lower in ethanol-fed groups than in N, without significant differences among ethanol groups. Compared with C, HWEG significantly decreased serum lactate dehydrogenase and total cholesterol, and lowered aspartate aminotransferase; high-density/low-density lipoprotein profiles were improved. Histologically, HWEG reduced both size and number of hepatocellular fat globules relative to C, approaching the morphology of N. Oral administration of a HWEG at 6.7 mg/kg exerts hepatoprotective effects against ethanol-induced liver injury in mice, with biochemical and histological improvements comparable in trend to silymarin. These findings support HWEG as a promising ingredient for development of functional foods targeting alcohol-related hepatic dysfunction. Further work to quantify active constituents (e.g., betaine) and delineate mechanisms is warranted.

Keywords glasswort, ethanol-induced hepatic injury, hepatoprotection, betaine, functional food



OPEN ACCESS

Citation: Jeong HJ, Yoo BH, Han GD. Protective effects of hot water extract from glasswort (*Salicornia herbacea* L.) on ethanol-induced hepatic injury in mice. Food Sci. Preserv., 32(6), 1227-1233 (2025)

Received: September 12, 2025

Revised: November 18, 2025

Accepted: November 20, 2025

*Corresponding author

Gi Dong Han
Tel: +82-53-810-2957
E-mail: gdhan1@ynu.ac.kr

Copyright © 2025 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

알코올의 장기간 섭취는 간 조직의 병리학적 변화를 초래한다고 알려져 있다. 에탄올은 간의 염증, 괴사, 섬유화, 지방질 및 콜라겐의 집적을 이루며 섭취 기간이 장기화 할수록 간 비대 및 간 경화로 이르게 되어 간 조직의 형태적 변화를 초래하는 것으로 알려져 있다(Kasdallah-Grissa 등, 2007; Ponnappa와 Rubin, 2000). 알코올 중독의 원인으로 알려져 있는 지방산의 대사 변화와 지방간 유도는 아직 완전하게 그 메커니즘이 밝혀지지 않았으나 혈중 triglyceride, total cholesterol, 그리고 LDL-cholesterol(low-density lipoprotein cholesterol) 증가가 가장 큰 원인으로 알려져 있다. 이후 LDH 농도 변화 및 간 손상에 따른 간 경화로 진행되므로 알코올 섭취에 의한 간 손상에 대한 효과 검증은 장기적인 병변 관찰 기간이 필요하다(Chen 등, 2004). 국내에서는 알코올 섭취로 인한 간 손상을 보호하는 소재로써 헛개(Na 등, 2004)를 주원료로 한 건강기능성 원료 및 제품들을 시중에서 쉽게 찾아볼 수 있으며, 이외에도 갈근(Kim, 2017), 갈화(Cho 등, 2001), 울금(Sung 등, 2016) 등의

약용작물들을 주원료로 한 제품들이 알코올성 간손상 및 숙취 해소를 목적으로 판매되고 있다. 기존의 천연물 기반 간보호 소재들은 주로 항산화 또는 해독 작용을 통해 간세포 손상을 완화하는 데 초점을 맞추어왔다. 예를 들어, 헛개(*Hovenia dulcis*)는 dihydromyricetin 및 플라보노이드 화합물을 통해 알코올 대사 촉진 및 아세트알데하이드 해독 효과를 나타내며(Na 등, 2004), 울금(*Curcuma longa*)은 curcumin 성분의 항산화 및 항염 활성으로 ROS(reactive oxygen species) 및 염증성 간손상 억제 효과를 보인다(Sung 등, 2016).

중국에서 신령스러운 풀이라 하여 신초로 불리는 함초는 중심자목 명아주과(Amaranthaceae)의 한해살이풀로써, 국내에서는 주로 신안 증도, 자은, 해남 산이 등 서남해안 갯벌과 폐염전에서 재배되며, 연간생산량은 약 4,200톤에 달한다. 함초에는 고농도의 염스트레스에 내성을 가지기 위해 betaine과 같은 양쪽성 물질(zwitterionic compound)이 다량 함유된 것으로 알려져 있으며(Lee 등, 2004), 함초에 다량 함유된 식이섬유소 및 미네랄 등 생리활성 물질로 인한 지질성상 개선 및 지방 축적 억제 등의 항비만 효과(Lee 등, 2012)와, 함초 효소적 가수분해물의 스트렙토조토신 유발 당뇨쥐에 대한 항당뇨 효과(Kim 등, 2008) 및 장 이동을 증가시켜 장 운동 촉진과 변비 해소작용에 도움을 줄 수 있다는 연구(Cho 등, 2008) 등이 보고된 바 있다. 간보호 효과와 관련하여는 사염화탄소로 유발된 간손상에 대한 보호효과(Ha와 Lee, 2005) 등이 연구된 바 있으나 알코올성 간손상 유발모델에 대한 간 보호효과에 대한 연구는 미미한 실정이다. 함초는 고염 환경 적응을 위해 축적된 betaine, 미네랄, 식이섬유 등 내삼투성 활성 물질을 함유하고 있어, 단순 항산화뿐 아니라 간 내 지질대사 조절 및 대사성 간보호 기전이 특징적이다(Lee 등, 2004; Lee 등, 2012). 따라서 이 연구에서는 6주간 에탄올 식이 급여로 유발된 간손상 동물 모델에 이용하여 함초 열수추출물(hot water extract from glasswort, HWEG)의 간 보호효과를 구명하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시료(시약) 및 기구

실험에 사용된 기기로는 생화학 분석 장비(Roche Ltd, Basel, Switzerland), glass teflon homogenizer(Chang shin scientific Co., Seoul, Korea), Microplate Reader(Bio-TEK, Winooski, VT, USA), Chemi-Doc(BIORAD, Hercules, CA, USA), UV-spectrophotometer(Shimadzu UV-1201, Kyoto, Japan), centrifuge(Hanil FLETA5, Seoul, Korea), water bath(Thermo minder taitec, Saitama, Japan), deep freezer(Sanyo, Tokyo, Japan)를 사용하였다. 실험 시료로 사용한 실리마린(silymarin)은 시그마(Sigma-aldrich, St Louis MO, USA)에서 제공받았으며, HWEG

시료는 약재상(허브스토리메디신, 경기도 화성시, 한국)에서 구입한 원료를 10배수를 가하여 99°C에서 3시간 열수추출 한 후, filter paper(Whatman No. 2)를 이용하여 여과하고, rotary evaporator로 60 °Brix로 농축 후 동결건조하고 분쇄하여 시료로 사용하였다. 선행연구 결과를 바탕으로 할 때, 최종 수율은 원료 대비 약 18.5±0.8%로 나타났다. 총폴리페놀 함량은 7.8±0.4 mg GAE/g extract로 측정되었다.

2.2. 실험동물

실험동물은 6주령의 수컷 C57BL/6 mouse를 BOKOREA (Osan, Korea)로 부터 분양받아 (주)동남의화학연구원 동물사(동물시설등록증: 제 412호)에서 일주일간 검역과 순화를 거친 후 건강한 동물을 사용하였다. 사육환경은 온도 22±3°C, 습도 50±10%, 12 h light/dark 조건으로 설정하였다. 적응기간(1주일) 동안 일반식이(AIN-93 diet)를 공급하였으며 식수를 자유롭게 섭취하도록 하였고, 적응 기간 후 난괴법에 의해 군마다 10마리씩 4군으로 분류하였다. 본 연구는 (주)동남의화학연구원 동물실험위원회(SEMI IACUC)의 방침 및 법규에 따라 진행되었다(승인번호: SEMI-16-12).

2.2.1. Lieber-DeCarli 액체식이 조성 및 시료 투여

동물실험에 사용된 식이는 Lieber-DeCarli(Diet inc., Bethlehem, PA, USA) 액체 기본 식이(Normal diet) 및 에탄올 식이(Ethanol diet)를 사용하여 42일간 급여하였다(Lieber와 DeCarli, 1986). 액체 기본 식이는 총열량의 35%를 지방, 18%를 단백질, 47%를 탄수화물에서 공급받았으며, 에탄올 식이의 경우 지방과 단백질은 액체 기본 식이와 구성이 같으며 탄수화물을 11%로 줄이는 대신 에탄올에서 36%의 열량이 공급되도록 조성하였다. 매일 일정시간 마리당 20 mL씩 6주 동안 액체식이를 공급하였으며, 잔량을 확인한 뒤 액체식이를 교체하였다(Fengler 등, 2016). 에탄올 식이 급여는 Rhodes 등(2005)과 Yin과 Lee(2008)의 방법에 따라 에탄올에 대한 거부감을 해소하고, 적응기간을 두기 위해 최초 0.5%부터 2일 단위로 0.5%씩 증량하여 최종적으로 3.3% 농도로 설정하여 급여 하였다. 실험군은 군별 10마리씩 N(정상), C(에탄올), P(에탄올+실리마린 100 mg/kg), A(에탄올+HWEG 6.7 mg/kg) 총 4군으로 디자인하였으며, 양성대조군인 silymarin은 100 mg/kg으로 시료군인 HWEG 시료군은 6.7 mg/kg로 각각 매일 1회 총 42일간 경구(p.o) 투여하였다(Fengler 등, 2016). 본 실험에서 양성대조군으로 사용된 silymarin (100 mg/kg)의 용량은 선행연구에서 알코올성 간손상 모델에 반복적으로 적용되어 유의한 보호효과를 보인 농도로 설정하였다(Fengler 등, 2016; Sung 등, 2016). HWEG(6.7 mg/kg)의 경우, 예비 실험에서 체중 및 간지표(aspartate aminotransferase, AST; alanine aminotransferase, ALT) 변화를 확인한 결과,

3.3-10 mg/kg 범위 내에서 무독성이 확인되었으며, 이 중 지표 효과가 뚜렷하고 사료섭취에 영향을 주지 않는 농도로 6.7 mg/kg을 최종 선정하였다. 또한, 이 용량은 일반적인 식이 섭취 수준에 근접하는 농도로, 기능성 소재로서의 실용적 적용 가능성을 고려하였다. 시료 투여 42일 후, 해부 전 24시간 동안에는 물만 주고 절식하였으며, 이때 효소 활성의 일증변동을 고려하여 지정 시간 내에 실험을 진행하였다.

2.2.2. 체중 측정 및 해부

실험동물의 체중 측정은 1주마다 동일시간에 실시하여 확인하였다. 실험동물에 대하여 Lieber-DeCarli 액체 식이 및 실험 시료를 42일간 급여 및 경구 투여하였다. 해부 전 24시간 동안 물만 주고 절식하였으며 실험동물은 CO₂로 마취시킨 후, 개복하고 1 mL 주사기를 이용하여 복부대동맥에서 채혈하였다. 이후, 간은 생리식염수로 관류하여 적출한 후 냉각된 생리식염수로 충분히 세척하고 물기를 제거한 다음 지방 등을 깨끗하게 정리하여 무게를 측정하고 조직 검사에 사용하였다.

2.2.3. 혈청 생화학적 분석

얻어진 혈액은 약 30분간 실온에서 방치시킨 후 3,000 rpm에서 15분간 원심 분리하여 혈청을 얻었다. 분리된 혈청은 혈청 생화학기(Roche Ltd., Basel, Switzerland)로 AST, ALT, LDH, Total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol을 분석하였다.

2.2.4. 간 조직 H&E 염색 관찰

절취한 간 조직을 10% formalin에 넣어 고정한 후 수세하고 60%에서 100% alcohol을 이용하여 순차적으로 탈수한 후 파라핀에 포매하여 block을 만들었다. 이것을 rotary microtome을 사용하여 5 µm의 두께로 조직절편을 만들고 hematoxylin & eosin(H&E)으로 염색한 후 광학현미경(Nikon Co., Tokyo, Japan)으로 관찰하였다.

2.3 통계 처리

통계적 검정은 Statview 통계 프로그램을 이용하여, $p < 0.05$, $p < 0.001$ 이하일 경우 통계적으로 유의한 것으로 검정하였다. 각 항목에 대한 유의한 차이를 나타내는지의 비교분석은 one-way ANOVA 이후 Tukey 다중비교 하여 통계적 유의성을 검증하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 체중 변화

체중은 실험동물의 순화 기간부터 시료투여 6주 동안 7일 간격으로 측정하였다(Table 1). 정상군과 실험군 모두 실험 기간 동안 체중이 점진적으로 증가하였다. 에탄올 식이군(C, P, A)은 정상군(N)에 비해 체중 증가폭이 다소 낮은 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다($p > 0.05$). 따라서 체중 변화는 각 군 간에 유의미한 차이를 보이지 않는 것으로 판단된다.

이와 같은 현상은 식이 섭취 감소에 따른 영양결핍 현상을 배제한 Lieber와 Decarli(1974)의 연구와 Nam 등(2011)의 연구에서도 에탄올 액체 식이 섭취 군에서 체중 감소 경향을 확인할 수 있었으며, Pikaar 등(1987)은 지속적인 에탄올 섭취는 알코올 산화 시스템에 영향을 미쳐 ATP 생성에 영향을 미쳐 체중감소에 원인이 된다고 보고하였다.

3.2. 혈청 생화학 검사

혈청 생화학 분석 장비를 통해 AST, ALT, LDH, total cholesterol, HDL-cholesterol, LDL-cholesterol을 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다.

간은 혈액 속 지방산을 이용하여 중성지방을 합성하고 유리 지방산을 혈액으로 방출한다. 그러나 장기간 알코올 섭취는 유리 지방산의 이동을 증가시켜 혈액순환계의 중성지방 및 총콜레스테롤 농도를 높이며 동시에 간에 지방 축적을 유도하는 것

Table 1. Effect of HWEG on body weight during the 6-week feeding period

Group	Body weight (g)						
	Initial	1 week	2 week	3 week	4 week	5 week	6 week
N ¹⁾	22.23±0.81 ^{2)ms3)}	22.92±0.80*	24.93±1.27*	26.84±1.24*	29.19±1.85*	29.90±1.85*	31.71±2.28*
C	21.66±0.79	21.38±0.77	22.62±0.71	24.25±0.87	25.61±0.94	26.19±1.01	27.37±1.61
P	20.98±0.86	21.59±0.30	22.81±0.72	24.34±0.91	25.73±1.29	26.48±1.22	28.02±1.49
A	21.41±0.60	21.49±0.85	22.68±1.31	24.41±1.28	25.77±0.97	25.84±0.97	26.76±1.47

¹⁾N, normal diet; C, ethanol diet; P, ethanol diet with silymarin (100 mg/kg); A, ethanol diet with HWEG (6.7 mg/kg).

²⁾All values are mean±SD (n=10).

^{3)ms}, not significant; *, means with different between group of samples by one-way ANOVA with Tukey's test ($p < 0.05$).

Table 2. Effects of HWEG on serum ALT, AST, LDH, total cholesterol, HDL cholesterol and LDL-cholesterol after 6 weeks

Group	ALT (U/L)	AST (U/L)	LDH (U/L)	Total cholesterol (mg/dL)	HDL-cholesterol (mg/dL)	LDL-cholesterol (mg/dL)
N ¹⁾	25.20±1.59 ^{2)ns3)}	54.70±3.58	989.6±102.24	140.29±13.02	154.40±21.49*	14.89±0.21
C	23.81±3.78	55.20±4.81	1187.18±142.08	161.57±8.62	118.21±7.32	15.14±0.15
P	24.30±4.37	54.43±6.78	1029.60±212.51	140.29±20.58	128.54±19.23	15.16±3.91
A	20.53±4.38	45.00±5.74*	657.50±300.67*	134.62±24.58*	124.28±19.87	16.01±2.46

¹⁾N, normal diet; C, ethanol diet; P, ethanol diet with silymarin (100 mg/kg); A, ethanol diet with HWEG (6.7 mg/kg).

²⁾All values are mean±SD (n=10).

^{3)ns}, not significant; *, means with different between group of samples by one-way ANOVA with Tukey's test (p<0.05).

으로 알려져 있다(Zeman, 1991). 지방 대사에 관여하는 Total cholesterol의 농도는 Lieber-DeCarli 에탄올 식이 급여로 C군에서 161.57±8.62 mg/dL 농도로 N군에 비해 많이 증가하였다. 이는 Fengler 등(2016)의 연구와도 일치하는 결과로 장기적인 알코올 투여는 혈중 총콜레스테롤 농도를 증가시켜 지방대사에 영향을 끼쳐 지방간을 유도하는 것으로 보고하고 있다(Zeman, 1991). 한편 HWEG을 6주간 경구투여 결과 p<0.05 유의수준으로 total cholesterol 농도가 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 HDL-cholesterol 및 LDL-cholesterol 농도에서도 유사한 경향을 확인할 수 있었다. Lieber-DeCarli 에탄올 식이 급여로 인해 C군의 HDL-cholesterol 농도는 감소하고 LDL-cholesterol 농도는 증가하였으나, silymarin을 투여한 P군 및 A군(HWEG 투여군)에서 HDL-cholesterol 농도가 증가하였으며 LDL-cholesterol 농도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. LDH는 조직에 분포하는 효소로서 pyruvic acid와 lactic acid가 간의 가역적 전환에 관여하여 촉매작용을 하며 LDH를 내포한 조직이 파괴될 때 혈액 중 흘러나와 혈중 LDH가 상승하며 간 질환 증추신경에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Seo, 2007). 6주간 에탄올 식이급여로 C군의 LDH 농도는 1,055.66±195.51 U/L로 N군의 989.6±102.24 U/L에 비해 LDH 수치가 다소 상승한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 HWEG 투여로 657.50±300.67 U/L로 p<0.05 유의수준으로 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 한편 Lieber-DeCarli 에탄올 식이급여에도 불구하고 혈청 ALT와 AST 활성이 군간에 유의적인 차이가 없는 것은 다른 선행 연구와 비슷한 결과를 얻었다(Clugston 등, 2011; Fengler 등, 2016; Seo, 2007). 이는 6주간의 에탄올 식이 급여가 지방대사 이상 및 LDH 상승에는 영향을 주었으나, AST 및 ALT 활성 변화에는 통계적으로 유의한 차이를 유발하기에는 부족했던 것으로 판단된다. 이러한 결과는 실험 기간이 상대적으로 짧았던 점 외에도, HWEG 투여 용량의 제한, 사용된 동물 모델(C57BL/6)의 감수성 차이, 및 에탄올 농도의 적응 효과 등 다양한 요인에 의해 영향을 받았을 가능성이 있다. 그럼에도 불구하고 HWEG 투여는 AST에서 p<0.05 유의수준으로 조절함

에 따라 향후 간 손상 회복에도 도움을 줄 것으로 사료된다.

3.3 간의 조직학적 관찰(H&E staining)

알코올에 의한 지방간 증상 및 HWEG 투여에 의한 지방간 개선 효과를 조직학적 관찰 (H&E staining)을 통해 확인하였다 (Fig. 1A). H&E 염색 이미지의 정량적 신뢰성을 확보하기 위하여 각 군의 간 조직 절편(n=10)에 대해 ImageJ 프로그램을 이용한 지방구 면적 분석을 수행하였다. 지방구의 평균 면적을 산출한 결과, C군 대비 P군 및 HWEG 투여군(A군)의 지방구 면적이 각각 약 47% 및 41% 감소하는 경향을 보였으며, p<0.05 수준에서 유의성을 나타내었다(Fig. 1B). 간 조직 H&E 염색결과에서 N군의 간 세포질에 축적된 지방구의 양이 적게 관찰되었으며 지방구 크기도 작았으나, 6주간 Lieber-DeCarli 에탄올 식이를 급여한 C군의 간 조직에서는 지방구의 크기가 급격히 늘어난 것을 관찰할 수 있었다. 이 결과는 앞서 혈청 total cholesterol 검사와도 일치하는 내용으로 Fengler 등 (2016)의 연구와도 유사한 결과를 얻었다. 한편 silymarin을 투여한 P군 및 HWEG을 투여한 A군에서는 지방구의 크기와 지방구 양은 지방간을 유도한 C군과 비교하여 현저히 줄어들음을 확인할 수 있었다. 이는 6주간의 HWEG 투여로 혈중 지방 대사에 관여하는 단백질 인자를 조절하여 간에 지방 축적을 억제하는 것으로 사료된다.

4. 요약

만성적인 에탄올 섭취는 지방간과 간 손상을 유발한다. 함초 (*Salicornia herbacea* L.)는 베타인 등 생리활성 성분을 함유하여 간보호 효과가 기대된다. 함초는 고염 환경에 적응하기 위해 betaine, 미네랄(특히 K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), 그리고 폴리페놀계 화합물을 다량 함유하는 것으로 보고되어 있다(Lee 등, 2004; Lee 등, 2012). 본 연구에서 사용된 HWEG 역시 이러한 수용성 성분들을 주요 구성물질로 포함하고 있을 가능성이 높다. 특히 betaine은 세포 내 osmolyte로 작용하여 알코올 대사 과정에서

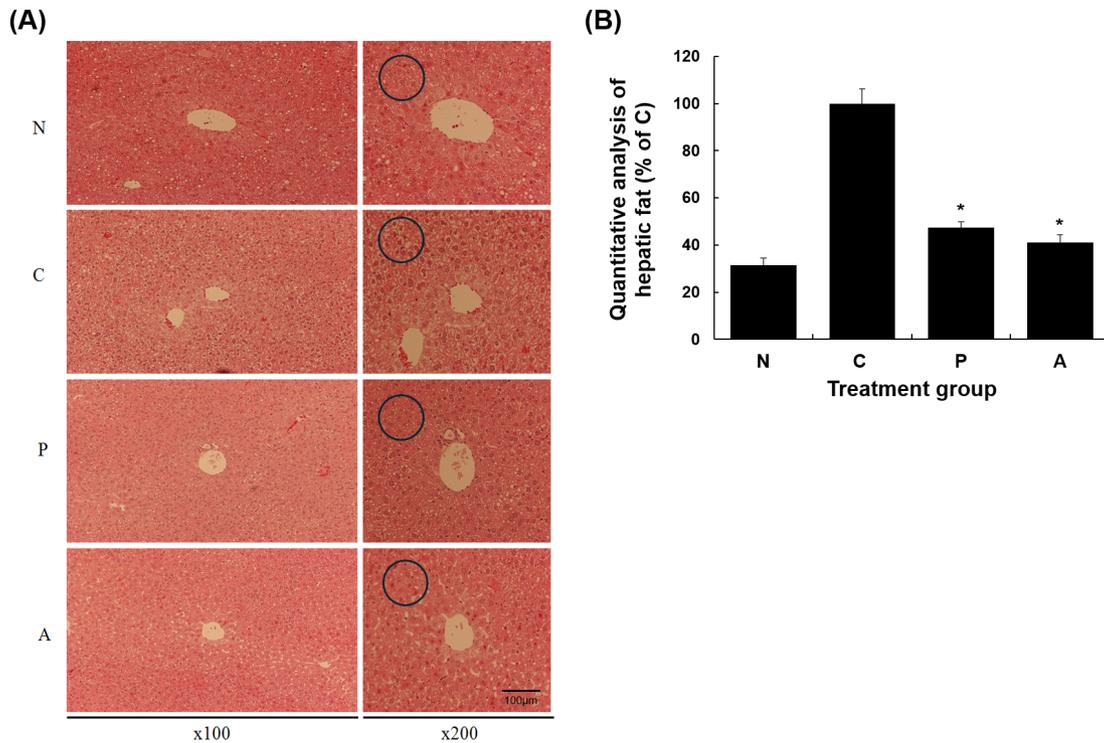


Fig. 1. Representative liver histopathology (H&E) (A) and quantitative analysis of hepatic fat vacuole area using ImageJ (B) Scale bar=100 µm. N, normal diet; C, ethanol diet; P, ethanol diet with silymarin (100 mg/kg); A, ethanol diet with HWEG (6.7 mg/kg). HWEG reduced the size and number of cytoplasmic fat vacuoles relative to C. All values are mean±SD (n=10). Significant differences between samples are indicated as * $p<0.05$.

생성되는 ROS에 의한 산화 스트레스를 완화하고, methionine-homocysteine 대사를 조절함으로써 지질대사 이상과 간세포 손상을 억제하는 것으로 알려져 있다(Kasdallah-Grissa 등, 2007). 또한 함초 열수추출물에는 플라보노이드 및 폴리페놀류가 존재하여 항산화 효소(SOD, CAT, GPx) 활성 유지 및 지질과산화 억제에 기여할 수 있다. Limongelli F 등(2022)은 함초에서 회수된 폴리페놀군이 항산화 및 항지질축적 작용을 갖는다고 보고하였으며, Náj ar AM 등(2024)의 동물/임상 연구에서는 폴리페놀이 풍부한 함초추출물 투여가 지질 개선 및 일부 간 지표 감소 효과를 보였다는 보고가 있다. 수컷 C57BL/6 마우스(n=10/군)를 정상식이(N), 에탄올 식이(C), 에탄올 식이+실리마린 100 mg/kg(P), 에탄올 식이+함초 열수추출물 6.7 mg/kg(A) 4군으로 나누어 6주간 Lieber-DeCarli 액체 식이를 급여하였다. 에탄올은 단계적 적응 후 최종 농도로 급여하였으며 총열량의 36%를 에탄올에서 공급하였다. 혈청지표와 간 조직학(H&E)을 평가하였다. 에탄올 식이군은 N군 대비 체중 증가폭이 작았고, HWEG 투여군은 C군 대비 LDH, 총콜레스테롤을 유의적으로 감소시켰으며 AST도 저하 경향을 보였다. 조직학적으로는 HWEG가 간세포 내 지방구의 크기와 수를 감소시켜 N군에 근접한 형태를 보였다. HWEG 6.7 mg/kg 경구 투

여는 에탄올 유발 간 손상에 대해 생화학 및 조직학적 개선을 나타내어 간보호 효과가 있음을 시사한다. 향후 유효성분(베타인 등) 정량과 작용기전 규명이 필요하다.

Funding

This research was supported by the Regional Innovation System & Education (RISE) program through the Gyeongbuk RISE CENTER, funded by the Ministry of Education (MOE) and the Gyeongsangbuk-do, Republic of Korea [2025-RISE-B0080529002330].

Acknowledgements

None.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Han GD. Methodology: Jeong HJ, Han GD. Formal analysis: Jeong HJ, Validation: Jeong HJ, Yoo

BH, Han GD. Writing - original draft: Jeong HJ. Writing - review & editing: Han GD.

Ethics approval

This study was conducted in accordance with the policies and regulations of the Institutional Animal Care and Use Committee (SEMI) of Dongnam Medical Chemical Research Institute (Ethics Approval Number: SEMI-16-12).

ORCID

Ho Jeong Jeong (First author)

<https://orcid.org/0009-0007-0929-4470>

Byung Hyuk Yoo

<https://orcid.org/0009-0007-0671-4740>

Gi Dong Han (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0002-8209-931X>

References

- Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem*, 72, 248-254 (1976)
- Chen QK, Chen HY, Huang KH, Zhong YQ, Han JA, Zhu ZH, Zhou XD. Clinical features and risk factors of patients with fatty liver in Guangzhou area. *World J Gastroenterol*, 10, 899-902 (2004)
- Cho SY, Jang JY, Kim MJ. Effects of Pueraria flos and radix water-extracts on levels of several serum biomarkers in ethanol-treated rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 30, 92-96 (2001)
- Cho YS, Kim SI, Han YS. Effects of slander glasswort (*Salicornia herbacea* L.) extract on improvements in bowel function and constipation relief. *Kor J Food Sci Technol*, 40, 326-331 (2008)
- Clugston RD, Jiang H, Lee MX, Piantedosi R, Yuen JJ, Ramakrishnan R, Lewis MJ, Gottesman ME, Huang LS, Goldberg IJ, Berk PD, Blaner WS. Altered hepatic lipid metabolism in C57BL/6 mice fed alcohol: A targeted lipidomic and gene expression study. *J Lipid Res*, 52, 2021-2031 (2011)
- Demori I, Voci A, Fugassa E, Burlando B. Combined effects of high-fat diet and ethanol induced oxidative stress in rat liver. *Alcohol*, 40, 185-191 (2006)
- Fengler VH, Macheiner T, Kessler SM, Czepukijc B, Gamperlein K, Muller R, Kiemer AK, Magnes C, Haybaeck J, Lackner C, Sargsyan K. Susceptibility of different mouse wild type strains to develop diet-induced NAFLD/AFLD-associated liver disease. *PLoS One*, 11, e0155163 (2016)
- Ha BJ, Lee SH. The Protective Effects of *Salicornia herbacea* L. against liver toxicity. *J life Sci*, 16, 95-100 (2006)
- Herrera DG, Yague AG, Johnsen-Soriano S, Bosch-Morell F, Collado-Morente L, Muriach M, Romero FJ, Garcia-Verdugo JM. Selective impairment of hippocampal neurogenesis by chronic alcoholism: Protective effects of an antioxidant. *Proc Natl Acad Sci USA*, 100, 7919-7924 (2003)
- Kasdallah-Grissa A, Mornagui B, Aouani E, Hammami M, El May M, Gharbi N, Kamoun A, El-Fazaa S. Resveratrol, a red wine polyphenol, attenuates ethanol-induced oxidative stress in rat liver. *Life Sci*, 80, 1033-1039 (2007)
- Kim KR, Choi JH, Woo MH, Kim YH, Choi SW. Effects of enzymatic hydrolysates from hamcho (*Salicornia herbacea* L.) on blood glucose and serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 170-176 (2008)
- Kim OK. Protective effects of extract of puerariae radix on hepatic injury induced by carbon tetrachloride in rat. *J Oil & Appl Sci*, 34, 443-450 (2017)
- Lee CH, Kim IH, Kim YE, Oh SW, Lee HJ. Determination of betaine from *Salicornia herbacea* L. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 33, 1584-1587 (2004)
- Lee HS, Choi JH, Kim YE, Lee CH. Effect of dietary intake of *Salicornia herbacea* L. hot water extract on anti-obesity in diet-induced obese rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 950-956 (2012)
- Lieber CS, DeCarli LM. An experimental model of alcohol feeding and liver injury in the baboon. *J Med Prim*, 3, 153-163 (1974)
- Lieber CS, DeCarli LM. The feeding of ethanol in liquid diets: Two decades of applications and 1982 update. *Alcohol Clin Exp Res*, 6, 523-531 (1982)
- Limongelli F, Crupi P, Clodoveo ML, Corbo F, Muraglia M. Overview of the polyphenols in *Salicornia*: from recovery to health-promoting effects. *Molecules*, 27, 7954 (2022)
- Na CS, Chung NC, Yang KH, Kim SH, Chung HS, Dong MS. Hepatoprotective and blood alcohol lowering effects of fruit peduncle extract of *Hovenia dulcis* var. *Koreana* in the *in vitro* and *in vivo* animal models. *Yakhak Hoeji*, 48, 34-40 (2004)
- Nájjar AM, López Azcárate C, Domínguez Ruiz C, Núñez-Jurado D, de Torres R, López R, Camino-Moya M, Magni E, Montero-Ramirez E, Bocero A, Laviana A, Busquier Cerdán T, León A, Del Rio C, Montaner J, Pérez-Sánchez S. Evaluating the clinical impact of a polyphenol-rich extract from *Salicornia ramosissima* on patients with transient ischemic attack and minor stroke. *Nutrients*, 16, 4307 (2024)

- Nam KS, Kim JY, Noh SK, Park JH, Sung EG. Effect of sweet persimmon wine on alcoholic fatty livers in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1548-1555 (2011)
- Pikaar NA, Wedel M, van der Beek EJ, van Dokkum W, Kempen HJ, Kluit C, Ockhuizen T, Hermus RJ. Effects of moderate alcohol consumption on platelet aggregation, fibrinolysis, and blood lipids. *Metabolism*, 36, 538-543 (1987)
- Ponnappa BC, Rubin E. Modeling alcohol's effects on organs in animal models. *Alcohol Res Health*, 24, 93-104 (2000)
- Rhodes JS, Best K, Belknap JK, Finn DA, and Crabbe JC. Evaluation of a simple model of ethanol drinking to intoxication in C57BL/6J mice. *Physiol Behav*, 84, 53-63 (2005)
- Roy A, Mittal N, Zhang H, Pandey SC. Modulation of cellular expression of glucocorticoid receptor and glucocorticoid response element-DNA binding in rat brain during alcohol drinking and withdrawal. *J Pharmacol Exp Ther*, 301, 774-785 (2002)
- Seo BI. Preventive effects of water extracts from artemisiae Iwayomogi Herba on hyperlipiderma and liver damage induced by alcohol. *Kor J Herbology*, 22, 103-110 (2007)
- Sung HM, Lee YH, Jun WJ. *In vitro* hepatoprotective effects of fermented *Curcuma longa* L. by *Aspergillus oryzae* against alcohol-induced oxidative stress. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45, 812-818 (2016)
- Unal-Cevik I, Kiliç M, Gürsoy-Ozdemir Y, Gurer G, Dalkara T. Loss of NeuN immunoreactivity after cerebral ischemia does not indicate neuronal cell loss: A cautionary note. *Brain Res*, 1015, 169-174 (2004)
- Yin HQ, Lee BH. Temporal changes in the hepatic fatty liver in mice receiving standard lieber-DeCarli diet. *Toxicol Res*, 24, 113-117 (2008)
- Zeman FJ. *Liver Disease and Alcoholism*. Clinical Nutrition and Dietetics. 2nd ed. Publishers, New York, NY, USA, p 517-553 (1991)