잇바디돌김 아임계수 추출물의 항산화 활성 및 흰쥐의 혈중 알코올 제거 효과

이 해 인

순천대학교 식품영양학과

Antioxidant Activity of Subcritical Water Extracts from *Porphyra dentata* and Their Effect on Blood Alcohol Levels in Acute Alcohol-Fed Rats

Hae-In Lee

Department of Food and Nutrition, Suncheon National University

ABSTRACT This study investigated the antioxidant activity and alcohol-degrading effects of subcritical water extracts from *Porphyra dentata* (PD-SW) and compared them with hot-water extracts from *Porphyra dentata* (PD-W). Total polyphenol and flavonoid content, which are the major components responsible for the antioxidant activities of the PD-SW, were higher those in the PD-W. PD-SW also revealed higher antioxidant effects compared to the PD-W, which resulted in the down-regulation of the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical scavenging activities and ferric reducing antioxidant power values. The PD-SW showed a significant increase in hepatic alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase activity when compared to the alcohol control, resulting in decreased plasma alcohol and acetaldehyde concentrations in acute alcohol-induced rats. Overall, PD-SW showed antioxidant activity and was effective in degrading alcohol in acute alcohol-fed rats. These results provide valuable information for applications of natural functional material.

Key words: *Porphyra dentata*, laver, subcritical water extract, alcohol metabolic enzyme, antioxidant

서 론

최근 국민건강영양조사의 통계에 따르면 만 19세 이상 성인에서 월간 폭음률(월 1회 이상 남성 7잔 이상, 여성 5잔 이상 음주한 분율)은 남성 50.8%, 여성 26.9%로 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(KDCA, 2020). 특히, 음주로 인한 숙취, 간질환, 알코올 중독 등 다양한 보건문제에 따른 사회경제적 비용은 9조 4,524억 원으로 흡연과 비만보다도 높아 음주로 인한 질병관리가 중요한 문제로 대두되고 있다(You 등, 2016; Lee 등, 2015).

숙취의 대표적인 원인물질로는 알코올대사 산물인 아세트알데히드가 있는데, 이는 활성산소 생성과 간조직 손상 등을 유도한다고 알려져 있다(Palmer 등, 2019). 체내의 알코올은 알코올가수분해효소(alcohol dehydrogenase, ADH)와 알데히드가수분해효소(aldehyde dehydrogenase, ALDH)에 의해서 아세트산으로 전환되고 소변이나 CO₂로 배설되는 대사과정을 거치는데, 효소 활성이 낮은 경우 체내 축적된

알코올과 아세트알데히드가 산화되지 못하고 혈액 중에 축적되면 메스꺼움, 구토, 두통, 무기력함 등의 숙취 증상이 발생한다(Lee 등, 2015; Mackus 등, 2020). 따라서 알코올과 아세트알데히드로 인한 숙취 및 질병을 해소하기 위한 식품 또는 천연물에 대한 관심이 집중되고 있다(Lee와 Bae, 2011).

김(*Porphyra* sp.)은 홍조류 중 상업적으로 가장 인기 있는 해양작물 중 하나이며, 주로 한국을 비롯한 아시아 국가에서 생산되고 있다(Bito 등, 2017). 김은 단백질과 탄수화물 함량이 높고 비타민 A, B₂, C와 칼슘(Ca), 요오드(I), 철(Fe) 등의 무기질 함량이 풍부하다고 알려져 있다(Ruperez, 2002; Lee 등, 2016). 또한, 폴리페놀 화합물인 푸코잔틴, 카테킨, 플로로탄닌 등이 풍부하여 당뇨, 비만, 고지혈증 등의 대사증후군을 예방하는 데 도움을 준다(Larsen 등, 2011). 김의 수용성 다당류인 포피란과 불용성식이섬유는 항산화, 고혈압, 항암 등에 효과를 가진다(Baek 등, 2018; Lee 등, 2010). 이와 같이 김의 풍부한 영양소와 다양한 생리활성물

Received 25 August 2021; Revised 15 October 2021; Accepted 1 November 2021

Corresponding author: Hae-In Lee, Department of Food and Nutrition, Suncheon National University, 255 Jungang-ro, Suncheon-si, Jeonnam 57922, Korea, E-mail: leehi3657@scnu.ac.kr

Author information: Hae-In Lee (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

질을 이용한 질병 타깃 연구는 활발히 이루어지고 있다.

김 중에서도 잇바디돌김(*Porphyra dentata*)은 생장속도가 빠르고 식감이 좋으며, 신안, 진도, 해남 등의 전남해역에서 많이 채취되고 있다(KLIA, 2010). Baek 등(2019)은 잇바디돌김이 방사무늬김보다 항산화 활성이 높고 요오드(I)를 비롯한 철(Fe), 구리(Cu), 망간(Mn), 아연(Zn), 인(P) 등의 무기질과 비타민 C가 많이 함유되어 있다고 보고하였다. 잇바디돌김은 동아시아에서 민간요법의 재료로 활용되어 왔으며, 현재까지 항암, 항염증, 항비만 등의 연구가 보고되어 있다(Kazłowska 등, 2010; Kazłowska 등, 2013; Choi 등, 2020).

최근 김의 유효성분을 보다 효율적으로 추출하려는 연구들이 진행되고 있다. 아임계수 추출방법은 물의 유전상수율이 압력과 온도에 의해 변경되는 원리를 적용한 기술로 특히 페놀화합물, 플라보노이드 등의 비극성 유효성분을 추출할 수 있는 방법이다(Ko 등, 2017). 열수추출법의 경우 100°C 이하에서 추출되는데, 물은 상대유전율이 매우 높기 때문에 극성 화합물 추출은 용이하나 비극성 화합물의 추출에는 효과가 낮은 편이다(Cheigh 등, 2011). 그러나 아임계수 추출법은 순수한 물의 상대유전율을 낮추어 추출하기 때문에 비극성 화합물 추출에도 용이할 뿐만 아니라 물을 이용한 안전하고 친환경적인 추출기술이라 할 수 있다. 또한 아임계수를 이용한 추출법은 일반적인 추출방법보다 단시간에 유용물질을 효율적으로 얻을 수 있는 기술로 실용화가 가능하기 때문에 현재 많은 연구가 이루어지고 있다(Ko 등, 2011; Na 등, 2014).

따라서 본 연구에서는 아임계수 추출방법을 적용한 잇바디돌김을 추출하여 기존 열수추출법과 항산화 활성을 비교하고 급성으로 알코올을 급여한 흰쥐의 혈중 알코올 농도 및 간에서의 알코올대사 효소 활성을 측정 비교하였다.

재료 및 방법

잇바디돌김 추출물 재료

잇바디돌김은 전남 신안에서 2019년에 수확된 김을 (주)홍도식품(Muan, Korea)에서 구입하여 동결건조기(Operon Co., Kimpo, Korea)를 이용하여 수분을 완전히 제거한 뒤 추출에 사용하였다. 아임계 추출은 아임계수 추출장치(TPR-I, Taiatsu Techno Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료를 증류수로 20배 희석했으며 압력 3 MPa, 온도 180°C에서 15분간 추출하였다. 잇바디돌김 열수추출물은 시료에 20배의 증류수를 혼합하여 80°C에서 4시간 동안 환류 추출하였다. 추출된 시료는 동결건조기(Operon Co.)를 이용하여 수분을 완전히 제거한 뒤 냉동 보관하여 분석하였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis(1912)의 방법에 따라 측정하였으며, tannic acid(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO,

USA)를 이용한 표준곡선에 대입하여 추출물 g당 mg tannic acid equivalent(TAE)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Moreno 등(2000)의 방법을 수정하여 측정하였으며, 표준물질로는 rutin(Sigma-Aldrich)을 이용하여 추출물 g당 mg rutin equivalent(RE)로 나타내었다.

항산화 활성 분석

2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 라디칼 소거능은 DPPH의 환원성을 이용하여 517 nm에서 ELISA reader(Molecular Devices, San Jose, CA, USA)로 측정하였다. 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS⁺) 라디칼 소거 활성은 Hong 등(2012)의 실험 방법을 변형하여 측정하였으며, 대조구에 대한 흡광도의 감소 비율로 나타내었다. 철 환원력(ferric reducing antioxidant power, FRAP)은 Thaipong 등(2006)의 방법을 변형하여 실험한 뒤 흡광도 700 nm에서 ELISA reader(Molecular Device)를 이용하여 환원력을 측정하였다. 항산화 활성은 같은 농도의 ascorbic acid(Sigma-Aldrich)를 대조구로 사용하여 비교하였다.

실험동물 사육 및 혈액 채취

잇바디돌김 아임계수 추출물이 급성 알코올 섭취 시 혈중 알코올 분해 효과를 측정하기 위하여 8주령의 수컷 Sprague-Dawley계 흰쥐 28마리를 지바이오(Gwangju, Korea)로부터 구입하였다. 동물 사육실의 환경은 항온(20±2°C), 항습(50±5%), 12시간 간격(08:00~20:00)의 광주기로 일정한 조건을 유지하여 1주간 고형식으로 적응시킨 후 사용하였다. 실험군은 난괴법에 의하여 알코올대조군(Acon), 잇바디돌김 열수추출물(PD-W), 잇바디돌김 아임계수 추출물(PD-SW), 양성대조군(Pcon)으로 나누었으며, 양성대조군은 썬대두발효 복합추출물로 현재 시판 중인 숙취해소 음료 중 판매량이 높은 제품(모닝케어H, Dong-A Pharm., Seoul, Korea)을 선정하였다. 사람의 1회 음용량을 고려하여 50 mg/mL PD-SW를 알코올 투여 30분 전에 체중 kg당 7 mL씩 각각 경구 투여하였으며, 알코올대조군은 시료 대신 증류수를 동일한 수준으로 경구 투여하였다. 알코올은 40% 에탄올을 체중 kg당 5 g 수준으로 존데를 이용하여 경구 투여하였다(Hong 등, 2012). 동물실험은 순천대학교 동물실험윤리위원회의 승인을 받아 수행하였다(동물실험 승인번호: SCNU IACUC-2020-18).

알코올 투여 후 30분, 90분, 180분이 경과하였을 때 CO₂ 마취상태에서 쇄골하정맥을 통하여 채혈하였다. 항응고제 ethylene-diamine-tetraacetic acid(EDTA)가 처리된 혈액은 알코올 및 아세트알데히드 농도 측정을 위해 600×g에서 15분간 원심분리하여 혈장을 분리하였다.

혈장 내 알코올 및 아세트알데히드 농도 측정

혈장 중 알코올과 아세트알데히드 농도 분석은 각각 측정

용 kit(Megazyme, Leinster, Ireland)을 사용하였으며 ELISA reader(Molecular Device)를 이용하여 측정하였다.

간조직 효소원 분리

간조직은 0.1 M triethanolamine, 0.02 M EDTA와 2 mM dithiothreitol이 포함된 완충용액(pH 7.4)을 가하여 균질기(099CK33, Glascol, Terre Haute, IN, USA)로 마쇄하여 얻은 균질액을 600×g(4°C)에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 10,000×g(4°C)에서 20분간 원심분리하여 미토콘드리아 침전물을 취해 사용된 완충용액에 녹인 후 효소원으로 사용하였다. 상층액은 100,000×g(4°C)에서 1시간 초원심분리하여 시토졸 분획을 얻어 효소원으로 사용하였다.

간조직 내 알코올대사 효소 활성도 측정

Alcohol dehydrogenase(ADH) 활성도는 Bergmeyer의 방법(1974)에 준하여 흡광도 340 nm에서 NADH 생성량을 측정하였다. Aldehyde dehydrogenase(ALDH)는 acetaldehyde에서 acetate를 생성하는 효소이며, 활성도는 Koivula와 Koivusalo의 방법(1975)에 준하여 NAD로부터 NADH를 생성하는 원리를 이용하여 측정하였다. 효소 활성도는 Bradford의 방법(1976)을 사용하여 측정된 단백질 mg당 NADH의 양을 nmol로 표기하였다.

통계처리

모든 실험 결과는 SPSS package 프로그램(v26, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 실험군당 평균±표준편차로 표시하였다. 각 군의 평균치의 통계적 유의성 검정은 one-way ANOVA를 실시한 후 실험군 간의 사후 검정은 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 하였다. PD-W와 PD-SW의 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 유의성 검정은 Student's *t*-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

페놀성 화합물은 천연자원에 널리 분포하는 대사산물로서 색, 향미, 맛 등의 품질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 항산화, 항염증, 항균, 항암 등의 기능성을 가지고 있다(Alesiani 등, 2010). 따라서 잇바디돌김의 아임계수 추출물에 함유된

총 폴리페놀 함량을 측정하여 Fig. 1에 제시하였다. 잇바디돌김 아임계수 추출물의 총 폴리페놀 함량은 83.17 mg TAE/g으로 열수추출물 44.74 mg TAE/g과 비교하여 유의적으로 높았다. Kazłowska 등(2010)은 잇바디돌김에 함유된 주요 페놀화합물이 hesperidin, rutin, catechol이며, 이들은 lipopolysaccharide 자극으로 인한 nitric oxide 생성을 억제하고 항염증, 항암 등 다양한 생리활성 기능을 가진다고 보고하였다. Na 등(2014)의 연구에서 추출방법을 달리한 해조류의 폴리페놀 측정 결과 김의 아임계수 추출물이 열수추출물에 비해 2.6배 높았으며 이는 본 실험 결과와 동일한 경향이었다. 아임계수 추출은 높은 온도에서 진행되어 비극성 페놀성 화합물의 용해도가 높기 때문에 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 열수추출물보다 총 폴리페놀 함량이 높은 것으로 사료된다(Ko 등, 2017).

잇바디돌김의 아임계수 추출물에 함유된 플라보노이드 함량은 215.36 mg RE/g으로 열수추출물의 같은 농도와 비교했을 때 1.3배 높아 유의적인 차이를 보였다(Fig. 1). 플라보노이드는 라디칼 반응성 화합물과 반응하여 활성산소종(ROS)을 안정시키는 항산화제 역할을 한다(Nijveldt 등, 2001). 따라서 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 열수추출물보다 총 폴리페놀 함량과 플라보노이드 함량이 높았다.

항산화 활성

항산화 활성은 항산화 물질이 전자를 손상된 세포에 제공하여 자유라디칼(free radical)에 의한 손상을 방지하고 안정한 상태로 전환하는 것이다(Rahman 등, 2015). 항산화 활성을 측정하는 대표적인 방법으로는 시료에서 수소이온이나 전자를 제공받아 안정화되면서 변화하는 흡광도를 측정하는 DPPH 라디칼 소거능 및 ABTS⁺ 라디칼 소거능 측정 방법이 있다(Kim 등, 2020). 따라서 잇바디돌김의 아임계수 추출물에 대한 항산화 활성 실험은 DPPH 라디칼 소거능, ABTS⁺ 라디칼 소거능과 FRAP를 측정하였다(Fig. 2). DPPH 라디칼 소거능은 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 열수추출물과 비교하여 저농도(1 mg/mL)군에서 유의적으로 높았으며, 고농도(5 mg/mL)에서는 높은 경향을 보였다. 두 가지 추출 방법 모두 농도 의존적인 결과를 보였으며, 특히 높은 농도(5 mg/mL)는 DPPH 라디칼 소거능이 천연 항산화제인 ascorbic acid(1 mg/mL)와 유사한 수준으로 효과적이었다.

Fig. 1. Total phenolic and flavonoid contents of PD-W and PD-SW. Values are expressed as mean±SD (n=3). Values are significantly different between groups according to Student's *t*-test; *** $P < 0.001$. PD-W: hot-water extract from *Porphyra dentata*, PD-SW: subcritical water extract from *Porphyra dentata*.

Fig. 2. The DPPH, ABTS⁺ scavenging activities and FRAP values of PD-W and PD-SW. Values are expressed as mean±SD (n=3). Values not sharing a common letter (a-f) are significantly different among groups ($P<0.05$). PD-W: hot-water extract from *Porphyra dentata*, PD-SW: subcritical water extract from *Porphyra dentata*, AA: ascorbic acid, DPPH: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, ABTS: 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), FRAP: ferric reducing antioxidant power.

ABTS⁺ 라디칼 소거능은 잇바디돌김의 아임계수 추출물 (1, 5 mg/mL)이 같은 농도의 열수추출물에 비해 유의적으로 높았으며, 농도가 높을수록 많은 활성을 보였다. Cotas 등 (2020)과 Farasat 등(2014)은 플라보노이드 함량과 라디칼 소거능이 양의 상관관계라고 보고하였으며, 본 실험 결과에서도 플라보노이드 함량과 DPPH 라디칼 소거능($r=0.952$, $P<0.01$), ABTS⁺ 라디칼 소거능($r=0.974$, $P<0.01$)이 높은 양의 상관관계를 보였다.

FRAP는 물질 내에 존재하는 reductones에 의해 제공되는 수소가 활성산소를 분해하는 환원력을 측정하는 방법이다(Kim 등, 2016). 잇바디돌김의 아임계수 추출물(1, 5 mg/mL)은 같은 농도의 열수추출물에 비해 유의적으로 높은 환원력을 보였으며 농도 의존적인 결과를 보였다. 특히 잇바디돌김의 아임계수 추출물과 열수추출물 높은 농도(5 mg/mL)군은 모두 천연항산화제인 ascorbic acid(1, 5 mg/mL)에 비해 유의적으로 높은 환원력을 보였다. 이에 따라 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 효과적인 항산화 물질임을 입증하였으며, 특히 5 mg/mL 농도가 가장 항산화 활성이 높았다.

혈장 중 알코올 및 아세트알데히드 농도

잇바디돌김의 아임계수 추출물을 투여한 흰쥐의 혈장 내 알코올 및 아세트알데히드 함량의 변화는 Fig. 3에 제시하였다. 알코올 섭취 30분 후 혈장 내 알코올 농도는 알코올대

조균이 가장 높았으며, 잇바디돌김의 아임계수 추출물은 알코올대조군보다 20% 감소하여 유의적인 차이를 보였다. 잇바디돌김 열수추출물의 경우 알코올대조군보다 9.8% 감소하였으나 유의적인 차이는 없었으며, 양성대조군은 가장 낮은 알코올 함량을 보였다. 알코올 섭취 90분 후 알코올 농도는 잇바디돌김 아임계수 추출물, 열수추출물, 양성대조군 모두 알코올대조군보다 유의적으로 낮았으며, 잇바디돌김 아임계수 추출물이 61.81 mg/L로 가장 낮았다. 알코올 섭취 180분 후 알코올 농도를 측정하고 시간별 알코올 농도 면적(AUC)을 산출한 결과, 잇바디돌김의 아임계수 추출물은 알코올대조군에 비해 23.5% 낮았고 열수추출물은 14.8% 낮아 두 군 모두 유의적으로 감소하는 것을 확인하였다.

혈장 내 아세트알데히드 함량 또한 알코올 섭취 30, 90, 180분 후에 측정한 결과, 실험군 간에 시간별 농도는 유의적인 차이를 보이지 않았으나 시간별 아세트알데히드 농도 면적(AUC) 산출 결과 잇바디돌김의 아임계수 추출물 투여군은 알코올대조군보다 40% 감소하여 유의적인 차이를 보였다. 아세트알데히드는 뇌에 영향을 주어 두통과 숙취의 원인이 되는 물질이며, 장기적인 알코올 섭취로 인한 체내 아세트알데히드 함량 증가는 미토콘드리아 기능장애 및 알코올 대사 효소 활성을 감소시켜 알코올성 간질환을 유발한다(Labonne 등, 2009). Choi 등(2016)은 김의 당단백질은 4주간 알코올을 급여한 쥐에서 아세트알데히드 함량이 낮아

Fig. 3. Effects of PD-SW on serum alcohol and acetaldehyde contents in acute alcohol-induced rats. Values are expressed as mean±SD (n=7). Values not sharing a common letter (a-c) are significantly different among groups ($P<0.05$). Acon: 40% alcohol (5 g/kg)+distilled water (7 mL/kg), PD-W: alcohol+hot-water extract from *Porphyra dentata* (50 mg/mL, 7 mL/kg), PD-SW: alcohol+subcritical water extract from *Porphyra dentata* (50 mg/mL, 7 mL/kg), Pcon: alcohol+positive control (7 mL/kg), AUC: area under the curve.

졌다고 보고하여 만성 알코올 섭취 시에도 본 실험 결과와 유사함을 확인하였다.

본 연구는 급성 알코올 섭취 시 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 혈장 내 알코올 농도를 낮추어 숙취의 원인물질인 아세트알데히드를 감소시키는 데 효과적이며, 현재 시판 중인 양성대조군과 동일한 수준임을 확인하였다.

간조직 중의 알코올대사 효소 활성도

알코올은 간 내 ADH 효소에 의해 아세트알데히드로 전환되며, 이는 ALDH 효소에 의해 아세트산으로 산화된 다음 아세틸-CoA로 전환되어 구연산회로를 거쳐 에너지를 발생

하거나 지방산을 합성하는 데 이용되고 잔여물은 배설된다 (Comporti 등, 2010). 따라서 잇바디돌김의 아임계수 추출물 투여 시 혈장 내 알코올과 아세트알데히드 함량이 낮아졌으므로 원인을 규명하기 위하여 간조직 중의 ADH와 ALDH 효소 활성도를 측정하였다(Fig. 4).

본 실험에서 알코올대조군은 ADH 효소 활성도가 가장 낮았으며 잇바디돌김의 아임계수 추출물 투여 시 알코올대조군보다 1.7배 유의적으로 증가하였다. 양성대조군 역시 알코올대조군보다 효소 활성도가 유의적으로 높아짐을 확인하였으며, 잇바디돌김 열수추출물의 경우 알코올대조군보다 1.2배 증가하는 경향을 보였으나 유의적 차이는 없었

Fig. 4. Effects of PD-SW on hepatic alcohol metabolic enzyme activities in acute alcohol-induced rats. Values are expressed as mean±SD (n=7). Values not sharing a common letter (a,b) are significantly different among groups ($P<0.05$). Acon: 40% alcohol (5 g/kg)+distilled water (7 mL/kg), PD-W: alcohol+hot-water extract from *Porphyra dentata* (50 mg/mL, 7 mL/kg), PD-SW: alcohol+subcritical water extract from *Porphyra dentata* (50 mg/mL, 7 mL/kg), Pcon: alcohol+positive control (7 mL/kg), ADH: alcohol dehydrogenase, ALDH: aldehyde dehydrogenase.

다. ADH 효소 활성도는 혈중 알코올 함량($r=-0.468$, $P<0.05$)과 음의 상관관계를 보임에 따라 잇바디돌김의 아임계수 추출물이 ADH 효소 활성을 높여 혈중 알코올을 빠르게 산화시킨 것으로 판단된다.

ALDH 효소 활성도 역시 잇바디돌김의 아임계수 추출물과 양성대조군은 알코올대조군보다 유의적으로 증가하였으나, 열수추출물의 경우 유의적인 차이는 없었다. 해조류는 식이섬유소가 풍부하고 후코이단, 후코잔틴 등의 생리활성물질로 인해 알코올 분해를 촉진하는 효과가 있다고 알려져 있으나, 현재까지 김 추출물의 급성 알코올 분해 효과는 밝혀지지 않았다(Zheng 등, 2019; Kim 등, 2012; Kim 등, 2014). 본 실험 결과 잇바디돌김 아임계수 추출물은 김 열수 추출물에 비해 간조직 내 ADH와 ALDH의 효소 활성도가 높았으며, 이로 인해 알코올 산화과정을 촉진해 혈중 알코올 및 아세트알데히드 농도가 낮아졌을 것이라 사료된다.

요 약

본 연구는 잇바디돌김의 아임계수 추출물의 항산화 활성과 급성 알코올을 투여한 흰쥐의 혈중 알코올 농도에 미치는 효과를 잇바디돌김 열수추출물과 비교하였다. 잇바디돌김의 아임계수 추출물은 열수추출물에 비하여 총 페놀 함량과 플라보노이드 함량이 높았으며, DPPH, ABTS⁺ 라디칼 소거능과 FRAP 활성이 우수하여 아임계수 추출물의 항산화 효과를 확인하였다. 또한, 잇바디돌김 아임계수 추출물은 급성으로 알코올을 투여한 흰쥐의 알코올 분해 효소인 ADH와 ALDH의 활성을 높여 혈중 알코올 및 아세트알데히드 농도를 효과적으로 낮추었다. 본 연구 결과는 잇바디돌김이 숙취 및 알코올성 간질환에 효과적인 소재임을 제시하고 아임계수 추출법의 효과를 확인함으로써 향후 추가 연구를 통해 기능성 식품 소재로의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Alesiani D, Canini A, D'Ambrosia B, Dellagreca M, Fiorentino A, Mastellone C, et al. Antioxidant and antiproliferative activities of phytochemicals from Quince (*Cydonia vulgaris*) peels. *Food Chem.* 2010. 118:199-207.
- Baek SY, Kim SB, Kim MR. Antioxidant activities and physicochemical property of butter morning bread added with dried laver. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2018. 47:1242-1250.
- Baek SY, Kim SJ, Kim DH, Kim MR. Comparison of quality characteristics and antioxidant activities between *Pyropia yezoensis* and *Porphyra dentata* in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019. 48:1233-1243.
- Bergmeyer HU. Alcohol dehydrogenase. In: *Methods of Enzymatic Analysis*. Academic Press, New York, NY, USA. 1974. p 428-429.
- Bito T, Teng F, Watanabe F. Bioactive compounds of edible purple laver *Porphyra* sp. (nori). *J Agric Food Chem.* 2017. 65:10685-10692.
- Bradford MM. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem.* 1976. 72:248-254.
- Cheigh CI, Yoo SY, Chung MS. Efficient flavonoid extraction from apple peel by subcritical water and estimation of antioxidant activity. *Korean J Food Nutr.* 2011. 24:458-463.
- Choi JW, Kim IH, Kim YM, Lee MK, Choi YH, Nam TJ. Protective effect of *Pyropia yezoensis* glycoprotein on chronic ethanol consumption-induced hepatotoxicity in rats. *Mol Med Rep.* 2016. 14:4881-4886.
- Choi SY, Lee SY, Jang DH, Lee SJ, Cho JY, Kim SH. Inhibitory effects of *Porphyra dentata* extract on 3T3-L1 adipocyte differentiation. *J Anim Sci Technol.* 2020. 62:854-864.
- Comporti M, Signorini C, Leoncini S, Gardi C, Ciccoli L, Giardini A, et al. Ethanol-induced oxidative stress: basic knowledge. *Genes Nutr.* 2010. 5:101-109.
- Cotas J, Leandro A, Monteiro P, Pacheco D, Figueirinha A, Gonçalves AMM, et al. Seaweed phenolics: from extraction to applications. *Mar Drugs.* 2020. 18:384. <https://doi.org/10.3390/md18080384>
- Farasat M, Khavari-Nejad RA, Nabavi SMB, Namjooyan F. Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from northern coasts of the Persian Gulf. *Iran J Pharm Res.* 2014. 13:163-170.
- Folin O, Denis W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem.* 1912. 12:239-243.
- Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, et al. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2012. 41:927-935.
- Kazłowska K, Hsu T, Hou CC, Yang WC, Tsai GJ. Anti-inflammatory properties of phenolic compounds and crude extract from *Porphyra dentata*. *J Ethnopharmacol.* 2010. 128:123-130.
- Kazłowska K, Lin HTV, Chang SH, Tsai GJ. *In vitro* and *In vivo* anticancer effects of sterol fraction from red algae *Porphyra dentata*. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2013. Article ID 493869. <https://dx.doi.org/10.1155/2013/493869>
- KDCA. Korean National Health and Nutrition Survey fact sheet. Korea Disease Control and Prevention Agency, Cheongju, Korea. 2020. p 4-5.
- Kim BS, Oh BJ, Lee HI. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activity of dried mackerel treated with extracts of edible plants (green tea, lotus leaf, and pine needle). *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:405-411.
- Kim HY, Cho EK, Kang SH, Bae JM, Choi YJ. α -Glucosidase, tyrosinase, and elastase inhibitory effects of enzymatic extracts from *Ecklonia cava* and its alcohol metabolizing activity. *J Life Sci.* 2012. 22:751-759.
- Kim JH, Cho HD, Hong SM, Lee JH, Lee YS, Kim DH, et al. Antioxidant and antiproliferative effects of *Setaria italica*, *Panicum miliaceum* and *Sorghum bicolor* extracts on prostate cancer cell lines. *Korean J Food Preserv.* 2016. 23:1033-1041.
- Kim MJ, Jeon J, Lee SP, Lee JS. Protective effects of fucoidan against acute alcohol-induced liver injury in rats. *Korean J Food Sci Technol.* 2014. 46:219-223.
- Ko MJ, Cheigh CI, Cho SW, Chung MS. Subcritical water extraction of flavonol quercetin from onion skin. *J Food Eng.* 2011. 102:327-333.
- Ko MJ, Lee JH, Nam HH, Chung MS. Antioxidant activities of phenolic compounds from *Angelica gigas* Nakai extract using subcritical water. *Korean J Food Sci Technol.* 2017. 49:44-49.
- Koivula T, Koivusalo M. Different from of rat liver aldehyde dehydrogenase and their subcellular distribution. *Biochem Biophys Acta.* 1975. 397:9-23.
- Korea Laver Industry Association (KLIA). Laver introduction. 2010 [cited 2021 Aug 11]. Available from: <http://www.koli->

- a.org/foodkim/foodkim1.php
- Labonne BEF, Gutiérrez M, Gómez-Quiroz LE, Fainstein MK, Bucio L, Souza V, et al. Acetaldehyde-induced mitochondrial dysfunction sensitizes hepatocytes to oxidative damage. *Cell Biol Toxicol.* 2009. 25:599-609.
- Larsen R, Eilertsen KE, Elvevoll EO. Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnol Adv.* 2011. 29:508-518.
- Lee EJ, Bae JH. Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry Fruit. *Korean J Food Nutr.* 2011. 24:204-209.
- Lee JH, Kim MR, Min HS, Lee YE, Song ES, Kwon SJ, et al. Food and cooking principles scientifically. 3th ed. Gyomoon Publishers, Paju, Korea. 2016. p 197.
- Lee JS, Lee MH, Koo JG. Effects of porphyran and insoluble dietary fiber isolated from laver, *Porphyra yezoensis*, on lipid metabolism in rats fed high fat diet. *Korean J Food Nutr.* 2010. 23:562-569.
- Lee SM, Yoon YD, Beak JH, Hyen KR, Kang HR. Evaluation of the socioeconomic impact of major health risk factors and the effectiveness of regulatory policies. National Health Insurance Service, Wonju, Korea. 2015. p 490-558.
- Mackus M, van de Loo AJAE, Garssen J, Kraneveld AD, Scholley A, Verster JC. The role of alcohol metabolism in the pathology of alcohol hangover. *J Clin Med.* 2020. 9:3421. <https://doi.org/10.3390/jcm9113421>
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol.* 2000. 71: 109-114.
- Na HS, Kim JY, Park JS, Choi GC, Yang SI, Lee JH, et al. Characteristics of marine algae extracts using subcritical water extract method. *Korean J Food Preserv.* 2014. 21:62-68.
- Nijveldt RJ, van Nood E, van Hoor DEC, Boelens PG, van Norren K, van Leeuwen PAM. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am J Clin Nutr.* 2001. 74:418-425.
- Palmer E, Tyacke R, Sastre M, Lingford-Hughes A, Nutt D, Ward RJ. Alcohol hangover: underlying biochemical, inflammatory and neurochemical mechanisms. *Alcohol Alcohol.* 2019. 54:196-203.
- Rahman M, Islam B, Biswas M, Alam AHMK. In vitro antioxidant and free radical scavenging activity of different parts of *Tabebuia pallida* growing in Bangladesh. *BMC Res Notes.* 2015. 8:621. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1618-6>
- Ruperez P. Mineral content of edible marine seaweed. *Food Chem.* 2002. 79:23-26.
- Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Byrne DH. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal.* 2006. 19:669-675.
- You Y, Lee H, Chung C, Lee MJ, Jun W. Effect of mixture including hot water extract of *Houttuynia cordata* Thunb on ethanol-induced hangover in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2016. 45:1508-1512.
- Zheng J, Tian X, Zhang W, Zheng P, Huang F, Ding G, et al. Protective effects of fucoxanthin against alcoholic liver injury by activation of Nrf2-mediated antioxidant defense and inhibition of TLR4-mediated inflammation. *Mar Drugs.* 2019. 17:552. <https://doi.org/10.3390/md17100552>