

고농도 산소수로 재배한 콩나물 추출 음료의 알코올 분해 효능

성혜미 · 정현정 · 윤수경 · 김태용¹ · 김기명² · 위지향*
(재)전남생물산업진흥원 식품산업연구원, ¹이조은산소(주), ²호남대학교 식품영양학과

Effect of a Soy-Sprout Beverage Prepared with High-Concentrated Oxygen Water on Alcohol Metabolism in Rats

Hea Mi Sung, Hyun Jung Jung, Su Kyoung Yun, Tae Yong Kim¹, Ki Myong Kim², and Ji-Hyang Wee*

Food Research Institute, Jeonnam Bioindustry Foundation

¹e.JoeunSanso, Co., Ltd.

²Department of Food and Nutrition, Honam University

Abstract This study was conducted to investigate the detoxification effect of extract from soy-sprout grown using high concentrated oxygen water extract (SE) against alcohol-induced hangover in male Sprague-Dawley (SD) rats. The rats were orally administered with different concentrations of SE beverage [26, 260 and 2,000 mg/kg body weight (b.w.)] and, after 30 min, with alcohol at a dose of 3 g/kg b.w. After 1 and 3 h of alcohol administration, blood was collected from the retro-orbital plexus, while after 5 h, blood was collected from the heart. In the 2,000 mg/kg b.w. SE group, the concentration of blood alcohol was significantly reduced after 1-5 h of alcohol loading as compared with that in the other groups. In addition, the blood acetaldehyde concentration was reduced by SE (2,000 mg/kg b.w.). These results suggest that SE beverage can alleviate alcohol hangover symptoms by stimulating the activities related to hepatic alcohol-metabolizing enzymes.

Keywords: soy-sprout, hangover, alcohol detoxification, acetaldehyde

서 론

콩나물은 고려시대 이전부터 이용되어 오던 고유의 채소류이며(1) 주식인 쌀에서 부족 되기 쉬운 주요 영양분의 공급원으로써 연중 재배 가능한 우리나라의 중요한 식품원료로 알려져 있다(2). 콩나물의 주요 성분은 숙취해소로 알려진 asparagine과 항암 작용이 있는 isoflavone(3) 등이 있다. 특히 asparagine은 콩나물 생육기간 중 6일째부터 급격히 증가하여 발아 후 10일에는 건물량의 22.7%가 되고 15일에는 최고 25%가 된다는 보고가 있다(1). 따라서, 콩나물의 숙취해소 효능을 높이기 위해서는 재배 일수를 길게 하여 asparagine 함량이 높은 것을 사용하는 것이 바람직하나 숙취해소용으로 콩나물의 상업적 가치를 높이기 위해서는 단기간에 asparagine 함량을 높이는 방법으로 재배하는 것이 필요하다. 콩나물은 콩을 물에 침지한 후 시루에 담아 하루 5-6회 물을 주는 등의 방법(1)으로 재배하는게 일반적이거나 오존수를 처리한 콩나물의 품질 특성에 대한 연구(4), 게르마늄 용해수로 재배한 콩나물의 위암세포 억제 효과(5), 클로렐라 재배용수를 이용한 알파콩나물 개발(6), 다양한 물질처리에 의한 콩나

물의 세균형성 및 생장(7), 키토산을 처리한 콩나물의 생장의 변화(8-9)에 대한 보고 등 일반적인 응용수가 아닌 재배수를 이용한 콩나물의 특성 평가를 통해 콩나물의 효능을 극대화시키기 위한 연구가 계속되고 있다. 특히, 고농도 산소수에 침지한 새싹을 재배하면 발아율 및 성장률이 일반 재배수보다 높아 효율성과 안정성 측면에서 유리하다는 연구결과(10)에서와 같이 고농도 산소수 콩나물 재배 시 재배일수를 단축하고 asparagine 함량이 증가된 콩나물을 얻을 수 있어 상업적 가치를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

체내에서 알코올은 알코올 가수분해효소인 alcohol dehydrogenase (ADH)에 의해 간에서 산화되어 아세트알데히드가 되고 다시 aldehyde dehydrogenase (ALDH)에 의해 산화되어 acetic acid로 되며 일부는 노나 CO₂로 배설된다(11-15). 알코올은 섭취량에 따라 간 대사에 여러 가지 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데 알코올 그 자체보다 산화되는 과정에서 생성된 아세트알데히드와 NADH가 간세포에 손상 및 숙취를 가져온다. 과음을 하면 aspartate-malate shuttle에서 생성된 NAD⁺가 고갈되어 체내에 독성이 강한 acetaldehyde가 축적되고 이것이 숙취에 이르게 된다. 술을 마신 후 asparagine 함량이 많은 콩나물을 먹거나 콩나물국을 마시면 NAD⁺를 보충하여 주어 체내 흡수된 alcohol을 무해한 acetate로 분해하여 숙취에 이르지 않도록 해주는 작용을 한다는 보고가 있다(16).

지금까지 콩나물에 관한 선행연구들은 콩나물을 착즙하거나 열수 또는 알코올 등의 추출법을 사용하여 콩나물 품질개선 및 기능성에 대한 연구가 많았으나(4-9) 콩나물 재배방법 및 추출방법 개선을 통한 숙취해소 효능 평가에 대한 연구는 미진하였다. 또

*Corresponding author: Ji-Hyang Wee, Department of Research and Development, Jeonnam Food Research Institute, Naju, Jeonnam 520-330, Korea
Tel: 82-61-339-1210
Fax: 82-61-336-9627
Email: happywee@lycos.co.kr
Received March 21, 2014; revised June 26, 2014;
accepted July 1, 2014

한 본 시험에 사용된 콩나물 당침올리고당은 생체 내 소화효소에 의해 가수분해되지 않는 난소화성 당으로 상대적으로 낮은 에너지를 제공하며, 췌장의 인슐린 분비에 영향을 미치지 않고, 장내 미생물환경 개선 및 항콜레스테롤능을 보인다. 또한 다이어트 소재, 감미료 및 식품첨가물로서 이용가치가 높은 식품으로 주목 받고 있다(17). 이런 올리고당에 의한 콩나물 당침 추출은 열수나 알코올 등의 콩나물 추출물보다 높은 생리활성이 기대되며, 음료 첨가물로서 기호도 또한 높을 것이라 기대된다. 따라서 본 연구에서는 재배수의 용존산소량을 강화한 콩나물을 물이나 알코올이 아닌 당류에 침지하여 얻은 콩나물추출물로 제조한 콩나물 음료의 알코올 분해능력을 확인하여 용존산소 및 당 침지 방법의 숙취해소에 대한 효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

고농도 산소수로 재배한 콩나물 추출 음료의 알코올 분해 효능을 평가하기 위해 농업회사법인 이조은산소(주)(Gwangju, Korea)로부터 시판중인 콩나물과 콩나물 추출 음료를 제공받았으며 대조군으로 사용한 콩나물은 시판콩나물(소가씻어나온콩나물, Pulmuone, Seoul, Korea)을 구입하였다. 콩나물 추출 음료에 사용한 콩나물은 준저리 품종을 사용하였고 일반 용수에 비해 용존산소가 400-500% 강화된 재배수를 이용하여 6일간 재배하였다. 이때 재배수에 용존산소가 일정하게 공급되도록 하는 다용도 수직형 혼합용해기 (특허등록번호 10-0439943)설비를 이용하였으며 16.8 ppm 농도의 재배수를 500 L/min 유속으로 3 ton/day로 순환시켜 공급하였다. 이렇게 재배한 콩나물을 깨끗이 세척하여 음료에 사용하였다. 음료는 콩나물 48%, 이소말토올리고당 2.4%, 물 49%, 헛개나무열매농축액 0.2%, 술잎엑기스액 0.1%, 구연산추출액 0.1%, 합성착향료(혼합과일향) 0.1%, 스테비오사이드 0.1%를 혼합하여 제조하였다. 콩나물 추출 음료의 농도는 15.7°Bx로 측정되었으며 측정 농도는 refractometer (ATA3452 PR-201a, Atago, Tokyo, Japan)로 3회 반복 측정하여 평균값으로 하였다. 콩나물 추출 음료의 숙취해소능 정도를 확인하기 위해 시판숙취음료를 양성대조군(PC)으로 사용하였으며 콩나물 추출 음료 및 시판숙취음료는 실험에 용이 하도록 동결건조기(PVTFD1-R, Ilsin, Dongducheon, Korea)로 건조하여 분말상태로 만들어 사용하였다.

총 아미노산 및 asparagine 함량 분석

총 아미노산 함량 및 asparagine 함량은 유리아미노산 함량 분석 방법을 사용하였으며 자동 아미노산분석기(HITACH L-8900, HITACHI Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 분석하였다. 표준용액의 제조는 amino acid mixture standard solution type AN(Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan)과 amino acid mixture standard solution type B (Wako Pure Chemical Industries, Ltd., Osaka, Japan) 각각 2 mL를 취하여 0.02 N HCl (Deajung chemical, Siheung, Korea)를 사용하여 50 mL로 정용하였다. 시험용액의 제조 및 분석은 시료 0.5 g에 trichloroacetic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 16%로 희석하여 1 mL를 넣은 후 15분 진탕 후 890×g에서 15분간 원심분리하여 상등액을 사용해 분석에 사용하였으며 Table 1과 같은 조건으로 분석하였다. 총 아미노산 함량 및 asparagine 함량 분석은 일반적인 방법으로 5-6일간 재배하여 시중에 판매 중인 콩나물과 고농도 산소수를 이용하여 6일간 재배한 콩나물을 대상으로 하여 각각 2회 반복 분석하였다.

Table 1. Operating condition of amino acid analyzer for analysis of asparagine

Item	Condition
Instrument	Amino acid analysis HITACH L-8900
Column	Column for physiological Fluids Analysis #2622
Mobile phase	PF-1, PF-2, PF-3, PF-4, H ₂ O, PF-RG
Buffer flow rate	0.35 mL/min
Reagent flow rate	0.3 mL/min
Detector wavelength	440, 570 nm
Injection volume	20 µL

ADH 활성 측정

알코올 분해 효소(alcohol dehydrogenase, ADH)의 활성측정은 ethanol assay kit (R-Biopharm Co., Ltd., Darmstadt, Germany)를 사용하였고, kit의 procedure에 따라 Choi 등(18)와 Kim 등(19)의 방법을 변형하여 측정하였다. 콩나물 추출 음료 분말 ADH 활성 측정은 먼저 potassium diphosphate buffer (pH 9.0) 3 mL에 NAD 1 tablet (0.8 mg)을 넣고 20°C에서 녹인 후, 이 혼합액 300 µL에 콩나물 추출 음료 분말을 77 mg/mL 농도로 처리하여 3분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정한 값을 A1, 5 µL의 ADH 효소를 가하여 10분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정한 값을 A2로 표현하였다. 본 실험에서의 control은 정제수를 사용하였으며, ADH의 활성은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$ADH (\%) = \frac{\Delta Sample (A2-A1)}{\Delta Control (A2-A1)} \times 100$$

ALDH 활성 측정

아세트알데히드 분해 효소(aldehyde dehydrogenase, ALDH)의 활성측정은 acetaldehyde assay kit (R-Biopharm Co., Ltd., Darmstadt, Germany)를 사용하였고, kit의 procedure에 따라 McCloskey와 Mahaney(20)의 방법을 변형하여 측정하였다. Potassium diphosphate buffer (pH 9.0) 3 mL에 NAD 1 tablet (0.8 mg)을 넣고 20°C에서 녹인 후, 이 혼합액 300 µL에 콩나물 추출 음료 분말을 77 mg/mL 농도로 처리하여 3분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정한 값을 A1, 5 µL의 ALDH 효소를 가하여 5분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정한 값을 A2로 표현하였다. 본 실험에서의 control은 정제수를 사용하였으며 ALDH의 활성은 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$ALDH (\%) = \frac{\Delta Sample (A2-A1)}{\Delta Control (A2-A1)} \times 100$$

실험동물 설계 및 처치

실험동물은 계생 후 5주령, 수컷 Sprague-Dawley (SD) rat을 (주)오리엔트바이오(Sungnam, Korea)에서 구입하여 동물사육실에서 일정한 조건(온도 23±3°C, 상대습도 50±10%, 환기회수 10-15 회/시간, 12시간 light/dark cycle)에서 일주일간 적응시킨 후 사용하였다. 실험동물은 난피법에 의해 1개 군당 10마리씩을 선정하여 5개 군으로 분류하였다. 섭취량 설정은 현재 제품화되어 판매 중인 음료 1회 섭취량을 기준으로 동물 1회 섭취량으로 설정하여 저농도군으로 하였으며, 중농도군은 저농도군의 10배, 고농도군은 저농도군의 약 100배 용량으로 설정하여 각 군의 차이를 보고자 하였다.

Table 2. Experimental groups and its abbreviations

Group	Experimental group	(n=10)
AC	Alcohol (3 g/kg) treated group	
SEL	Alcohol (3 g/kg)+Soy-sprout extract beverage powder 26 mg/kg body weight treated group	
SEM	Alcohol (3 g/kg)+Soy-sprout extract beverage powder 260 mg/kg body weight treated group	
SEH	Alcohol (3 g/kg)+Soy-sprout extract beverage powder 2000 mg/kg body weight treated group	
PC	Alcohol (3 g/kg)+Alcohol detoxification beverage powder 41 mg/kg body weight treated group	

실험군은 Table 2와 같이 알코올 투여군(AC, Alcohol control), 알코올+콩나물 추출 음료 분말 26 mg/kg body weight/day 투여한 저농도군(SEL, Soy-sprout extract beverage powder low), 알코올+콩나물 추출 음료 분말 260 mg/kg body weight/day 투여한 중농도군(SEM, Soy-sprout extract beverage powder medium), 알코올+콩나물 추출 음료 분말 2,000 mg/kg body weight/day 투여한 고농도군(SEH, Soy-sprout extract beverage powder high)과 알코올+시판숙취음료분말 41 mg/kg body weight/day 투여한 양성대조군(PC, Positive Control)으로 분류하였다. 실험동물은 18시간 절식 시킨 다음 시료 투여 30분 후 알코올을 경구 투여하였으며 알코올은 발효주정을 40%로 희석하여 3 g/kg body weight 로 경구투여 하였다. 마찬가지로 양성대조군(PC)에게도 시료를 경구 투여하였다. 단, 알코올만 투여하는 군에는 시료 대신 식염수를 경구 투여 하였다.

알코올 투여 1시간, 3시간 후에는 안와정맥에서 채혈하였으며 5시간 후에는 심장에서 채혈하였다. 혈액은 serum separate tube (Becton Dickinson Co., San Jose, CA, USA)에 담아 30분간 실온에서 방치하고 890×g에서 20분간 원심 분리하여 혈청을 분리하여 실험에 사용하였다.

혈중 알코올 농도 측정

혈중 알코올 농도는 ethanol assay kit (Abcam, Inc., Cambridge, MA, USA)를 사용하여 Zehendner 등(21)의 방법으로 분석하였다. 혈청은 assay buffer를 사용해 희석시킨 후 50 µL를 취하고 assay buffer, probe 및 enzyme mix를 혼합한 reaction mix preparation을 50 µL 첨가하여 1시간 실온에서 배양하고, 570 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정 결과는 ethanol 표준 곡선을 사용하여 혈액 내 알코올 함량을 산출하였다.

혈중 아세트알데히드 농도 측정

혈중 아세트알데히드 농도는 McCloskey과 Mahaney(20)의 방법을 이용하여 제조한 아세트알데히드 측정 kit (R-Biopharm Co., Ltd., Darmstadt, Germany)로 분석하였다. Potassium diphosphate buffer (pH 9.0) 3 mL에 NAD 1 tablet (0.8 mg)을 넣고 20°C에서 녹였다. 이 혼합액 3 mL에 0.2 mL의 혈청을 가하여 3분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정된 값을 A1, 0.05 mL의 ALDH를 가하여 5분간 반응시킨 후 340 nm에서 흡광도를 측정된 값을 A2로 표현하였고 측정된 아세트알데히드 농도는 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Acetaldehyde (g/L)} = \frac{V \times M_w}{\epsilon \times d \times v \times 2 \times 1000} \times \Delta A$$

V=final volume

v=sample volume

Mw=molecular weight of the substance to be assayed (44.05)

d=light path

ϵ =extinction coefficient of NADH at 340 nm=6.3

ΔA =sample (A2-A1)-Blank (A2-A1)

혈중 ALT, AST 및 ALP 활성도 측정

혈청 내의 alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), alkaline phosphatase (ALP) 함량 측정은 혈액 생화학분석기(KoneLab 20 XT, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)로 O'Driscoll 등(22)의 방법을 변형하여 측정하였다.

통계분석

본 실험결과를 SAS (Statistical Analysis System) version 9.1 프로그램(SAS Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분석하였다. 모든 측정 항목의 결과는 평균(mean)±표준편차(standard deviation, SD) 및 표준오차(standard error of mean, SEM)로 표시하였고, 실험군간 평균 차이는 one-way ANOVA로 유의성을 확인한 후 Duncan's multiple range test를 이용하여 사후 검증하였으며 $p < 0.05$ 수준에서 유의성의 여부를 검증하였다.

결과 및 고찰

총 아미노산 및 asparagine 함량 분석

콩나물에 함유된 asparagine은 체내 알코올 대사과정에 관여하여 알코올과 알코올 분해 중간산물인 acetaldehyde의 분해능을 가진 것으로 알려져 있다(23). 따라서 고농도 산소수로 재배한 콩나물의 asparagine 함량과 일반적인 방법으로 재배하여 시중에 판매 중인 콩나물의 asparagine 함량을 비교하여 고농도 산소수에 의한 재배가 asparagine 함량 증가에 영향을 끼치는지를 확인하였다. 분석결과(Table 3), 일반 콩나물의 총 아미노산 함량은 75.70 mg/g이었으며 asparagine이 전체 아미노산 중 17.2%로 나타났다. 고농도 산소수로 재배한 것에서는 총 아미노산 함량이 92.05 mg/g으로 시판 중인 일반 콩나물보다 유의적으로 높았으며 전체 아미노산 중 asparagine 함량도 20.3%로 높게 나타났다. 이는 재배 온도 및 관수 횟수 등의 콩나물 재배 조건에 따른 asparagine 함량 연구(23) 결과에서 가장 높게 나타난 18.9% 보다 높은 것으로 확인되어 고농도 산소수로 재배한 콩나물의 asparagine이 일반 용수를 사용한 것보다 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 고농도 산소수로 재배 시 콩나물의 성장률이 촉진(10)되어 일반콩나물 보다 성장이 증가된 콩나물 하배축의 asparagine의 함량이 증가(2)한 것으로 생각된다. Jeon과 Han(24)의 연구에서는 콩나물 발효액을 함유하는 숙취해소 음료를 흰쥐에 투여하여 혈중 알코올 분해율을 평가한 결과 물만 투여한 군보다 콩나물 발효액을 함유한 음료투여군의 혈중 알코올 농도가 유의하게 낮아졌다고 하였는데 그 원인은 asparagine 함량이 높아 숙취해소에 도움이 되기 때문이라고 보고하였다. 이러한 연구결과로 볼 때, 고농도 산소수로 재배하여 asparagine 함량이 높은 콩나물은 일

Table 3. Content of asparagine in the soy-sprout by high concentrated oxygen water and general soy-sprout

Group	Total amino acid content (mg/g)	Asparagine content (mg/g)	¹⁾ Asparagine content (%)
Soy-sprout by high concentrated oxygen water	92.05±4.7 ^a	18.65±2.2 ^a	20.3
General soy-sprout	75.70±3.0 ^b	13.03±1.0 ^b	17.2

¹⁾Asparagine content (%), Asparagine content of total amino acid content

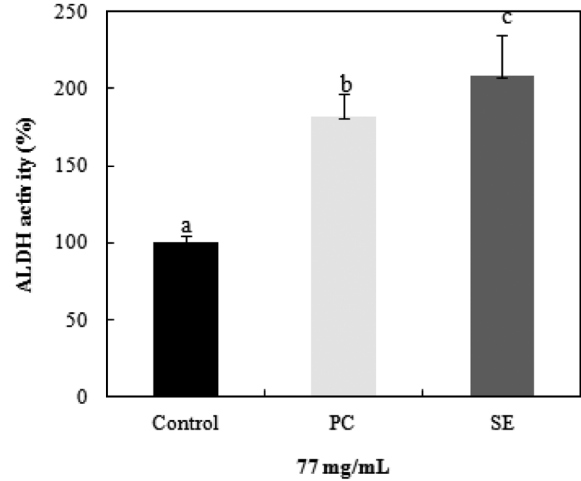
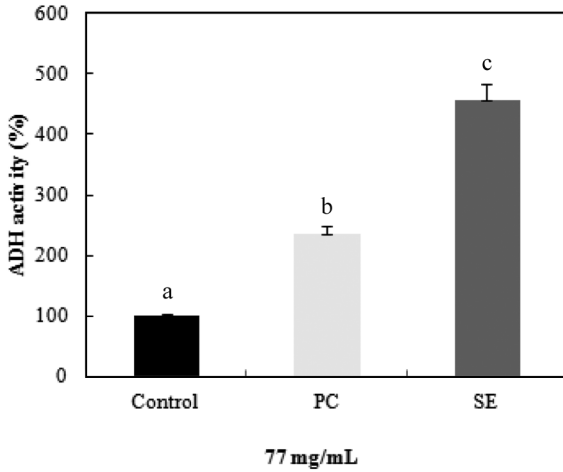


Fig. 1. Effect of soy-sprout beverage extract powder on ADH activity. Control, water; PC, commercial alcohol detoxification beverage powder 77 mg/mL; SE, soy-sprout extract beverage powder 77 mg/mL. Each value was expressed as the mean±SD. Different letters show a significant difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

Fig. 2. Effect of soy-sprout beverage extract powder on ALDH activity. Control, water; PC, commercial alcohol detoxification beverage powder 77 mg/mL; SE, soy-sprout extract beverage powder 77 mg/mL. Each value was expressed as the mean±SD. Different letters show a significant difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

반 콩나물에 비해 숙취해소에 더 도움이 될 것이라 예상된다.

ADH 및 ALDH 효소 활성도

콩나물 추출 음료 분말의 알코올 분해 효능을 확인하기 위해 알코올 대사에 1차적으로 관여하는 ADH에 대한 활성 측정 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 대조구(control)의 ADH 활성은 100%로 나타났고 콩나물 추출 음료 분말은 456%로 확인되어 대조구(control)와 비교할 때 유의적으로 높은 활성을 나타내었다. 콩나물 추출 음료 분말은 대조구(control)에 비해 약 4.5배 이상 높은 ADH 활성이 나타났으며 시판숙취음료 분말인 양성대조군(PC)와 비교했을 때에는 약 2배 높은 활성을 나타내어, 고농도 산소수로 재배하여 asparagine 함량이 높은 콩나물을 원료로 사용하여 제조한 콩나물 추출 음료 분말이 알코올 분해에 효과적으로 기여하는 것으로 판단되었다.

ADH 활성이 증가하면 혈중 알코올 농도를 신속히 감소시킬 수 있으나 그로 인해 생성되는 아세트알데히드는 숙취의 원인물질로써 혈액에 축적될 경우 더 심한 숙취 증상을 유발할 수 있다. 따라서 콩나물 추출 음료 분말이 혈액 중 아세트알데히드를 분해하는 효소인 ALDH의 활성에 미치는 영향을 확인하여 실질적으로 콩나물 추출 음료 분말이 숙취해소에 기여하는 바를 검증하였으며 그 실험결과를 Fig. 2에 나타내었다. 실험 결과 ALDH 활성 또한 대조구(control)의 활성이 100%인 것에 비하여 콩나물 추출 음료 분말의 활성이 208%로 유의적으로 높게 나타났다. 또한, 시판숙취음료 분말 보다도 유의적으로 높은 ALDH 활성을 보임으로써 콩나물 추출 음료 분말이 혈액 중 아세트알데히드를 제거하는 데에 효과적인 것으로 확인되었다.

ADH 활성을 촉진시키는데 있어 아미노산 성분들도 매우 중요한 인자로 작용하는데, aspartic acid와 alanine은 NAD⁺의 재생 촉진에 의한 NAD⁺/NADH 비율 증가로 인해 ADH 활성을 높여서 알코올의 분해를 촉진시키고, asparagine은 acetaldehyde와 반응하여 부가물을 생성하면서 그의 농도를 낮추어 독성을 약화시키는 것으로 보고한 바 있다(25).

따라서, 고농도 산소수로 재배한 콩나물을 당침하여 제조한 콩나물 추출 음료 분말의 아미노산 성분이 ADH, ALDH의 활성을 촉진시켜 시판숙취음료보다 알코올 및 아세트알데하이드를 신속하게 분해시킴으로써 숙취해소에 더욱 효과가 있을 것으로 예상된다.

혈중 알코올 농도에 미치는 영향

콩나물 추출 음료 분말이 알코올 대사에 미치는 영향을 알아보기 위해 SD rat에 알코올 투여 30분 전 시료를 경구투여하고 30분 후 알코올을 경구투여 한 후 1시간, 3시간, 5시간 경과에 따른 혈중 알코올 농도를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 알코올 투여 1시간 후에는 알코올 투여군(AC)의 혈중 알코올 농도가 1.520±0.045 g/L이었으며, 콩나물 추출 음료 분말을 투여한 저농도군(SEL)은 1.412±0.013 g/L, 중농도군(SEM)은 1.409±0.009 g/L, 고농도군(SEH)은 1.393±0.016 g/L로 나타나 알코올 투여군(AC)과 비교했을 때 유의적으로 감소하였다. 콩나물 추출 음료를 투여한 시험군의 혈중 알코올 농도는 시판숙취해소 음료 분말인 양성대조군(PC)의 혈중 알코올 농도인 1.390±0.009 g/L와 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났는데 이로써 콩나물 추출 음료 분말이 시판숙취해소 음료분말과 동일한 수준으로 혈중 알코올 농도를 감소시키는 효과가 있는 것으로 보여진다.

Table 4. Effects of soy-sprout extract beverage powder on the serum alcohol concentration in rats

Group ¹⁾	1 h (g/L)	3 h (g/L)	5 h (g/L)
AC	1.520±0.045 ^a	0.703±0.025 ^a	0.303±0.006 ^a
SEL	1.412±0.013 ^b	0.686±0.031 ^a	0.296±0.006 ^{ab}
SEM	1.409±0.009 ^b	0.700±0.029 ^a	0.295±0.007 ^{ab}
SEH	1.393±0.016 ^b	0.664±0.029 ^a	0.284±0.002 ^b
PC	1.390±0.009 ^b	0.668±0.026 ^a	0.289±0.004 ^{ab}

¹⁾Groups are the same as in Table 2. Each value was expressed as the mean±SEM. Different letters show a significant difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

Table 5. Effects of soy-sprout extract beverage powder on the serum acetaldehyde concentration in rats

Group ¹⁾	1 h (mg/L)	3 h (mg/L)	5 h (mg/L)
AC	27.02±0.72 ^a	19.35±1.91 ^a	33.07±1.87 ^a
SEL	24.11±1.00 ^{ab}	19.44±0.75 ^a	31.56±4.55 ^{ab}
SEM	25.07±0.99 ^{ab}	15.15±1.49 ^a	24.35±2.10 ^{bc}
SEH	22.80±1.71 ^b	10.86±1.57 ^b	20.20±1.27 ^c
PC	22.85±0.98 ^b	15.40±0.88 ^a	25.71±1.96 ^{abc}

¹⁾Groups are the same as in Table 2. Each value was expressed as the mean±SEM. Different letters show a significant difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

알코올 투여 3시간 후에는 알코올 투여군(AC)군과 콩나물 추출 음료 분말 투여군 SEL, SEM, SEH에서 혈중 알코올 농도에 유의적인 차이가 없었는데, 이는 콩나물 추출 음료 분말 및 시판 숙취해소 음료 분말이 알코올 분해를 빠르게 진행시키는 효과가 있어 알코올 투여 1시간 후에는 체내 알코올 농도가 효과적으로 감소하였고, 알코올 투여군(AC)은 알코올 분해가 천천히 진행되어 알코올 투여 3시간 후에 콩나물 추출 음료 분말 투여군과 비슷한 수준으로 알코올 농도가 감소한 것으로 보인다.

알코올 투여 5시간 후 알코올 투여군(AC)의 혈중 알코올 농도는 0.303±0.006 g/L이며 SEL군은 0.296±0.006 g/L, SEM군은 0.295±0.007 g/L로 알코올 투여군(AC)과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았으나 SEH군의 혈중 알코올 농도는 0.284±0.002 g/L로 AC군에 비해 유의적인 차이를 보이며 감소하였다. 이는 고농도의 콩나물 추출 음료 분말은 저농도 및 중농도에 비해 알코올 분해 효소를 촉진시키는 효과를 장시간 유지시켜 체내 알코올 농도를 저하시키는 데에 지속적인 효과를 나타낸 것으로 보인다.

혈중 아세트알데히드 농도

숙취 증상을 야기하는 것으로 알려진 아세트알데히드의 양은 알코올 대사가 빠르게 진행될 때 그 농도가 낮아지는 것으로 알려져 있다(26). 알코올투여군(AC), 콩나물 추출 음료 분말(SE) 및 시판숙취해소 음료 분말인 양성대조군(PC)을 대상으로 알코올 투여 후 알코올 대사의 중간 산물인 혈중 아세트알데히드의 농도를 확인한 결과를 Table 5에 정리하였다. 알코올 투여 1시간 후 알코올 투여군(AC)의 농도보다 SEL, SEM, SEH 및 시판숙취해소 음료 분말인 양성대조군(PC)의 농도가 낮게 나타났다. 특히 콩나물 추출 음료 분말 고농도 투여군(SEH)은 시판숙취해소 음료 분말인 양성대조군(PC)과 동일한 수준으로 혈중 아세트알데히드 농도를 감소시켜 콩나물 추출 음료 분말이 시판숙취해소 음료 분말과 유사한 효능을 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 알코올 투여 3시간 후에는 알코올 투여군(AC)의 아세트알데히드 농

Table 6. Effects of soy-sprout extract beverage powder on serum ALT, AST and ALP

Group ¹⁾	ALT (U/l)	AST (U/l)	ALP (U/l)
AC	60.8±6 ^{ab}	221.9±14 ^{ab}	840.8±47 ^{ab}
SEL	61.7±4 ^{ab}	236.6±8 ^{ab}	845.2±45 ^{ab}
SEM	50.5±5 ^{bc}	222.2±18 ^{bc}	823.4±32 ^{ab}
SEH	40.4±3 ^c	200.6±12 ^b	738.4±42 ^b
PC	71.5±5 ^a	243.8±12 ^a	928.7±21 ^a

¹⁾Groups are the same as in Table 2. Each value was expressed as the mean±SEM. Different letters show a significant difference at $p<0.05$ as determined by Duncan's multiple range test.

도가 19.35 mg/L이었으며 콩나물 추출 음료 분말 투여 저농도군(SEL)이 19.44 mg/L, 중농도군(SEM)이 15.15 mg/L, 고농도군(SEH)이 10.86 mg/L으로 나타나 콩나물 추출 음료 분말 투여 저, 중, 고농도 3개군 모두에서 알코올투여군(AC)보다 아세트알데히드 농도가 감소하였으나 고농도 투여군(SEH)에서만 유의적인 차이를 보였다. 특히, 고농도 투여군(SEH)의 아세트알데히드 농도는 대조군의 19.35 mg/L에 비해 43.9% 감소된 10.86 mg/L로 나타나 감소폭이 높은 것으로 확인되었다. 알코올 투여 5시간 후에도 3시간과 같은 양상으로 나타나 알코올투여군(AC)보다 콩나물 추출 음료 분말(SE)의 아세트알데히드 농도가 전체적으로 감소하였으며 고농도 투여군(SEH)에서만 유의적인 차이를 보였다. 따라서 혈중 아세트알데히드 농도를 감소시키기 위해서는 고농도의 콩나물 추출 음료 분말을 투여하는 것이 효과적인 것으로 보인다. 상기 실험 결과와 같이 알코올 투여 후 혈중 아세트알데히드 농도 저하에 유의적인 효과가 있는 콩나물 추출 음료 분말 고농도군의 용량을 사람이 섭취하기 위해서는 콩나물 추출 음료 20 mL 섭취가 적절한 것으로 확인되었다. 이는 국제식품규격위원회의 섭취량 가이드(27)에 따른 섭취량 환산법으로 계산하였으며 이조은산소(주)의 콩나물 추출 음료의 1회 섭취 용량이 100 mL이므로 음료 1회 섭취 시 혈중 아세트알데히드 농도를 효과적으로 감소시켜 숙취해소에 도움을 줄 수 있을 것으로 예상된다.

간 기능에 관한 지표효소의 활성

혈중 ALT, AST 및 ALP 활성은 간 손상으로 인한 간세포의 괴사와 간조직의 파괴가 진행됨에 따라 활성이 증가되며 간에서 혈중으로 방출된다. ALP는 간 담관상피세포, 뼈, 소장 등 여러 장기에 분포하는 효소로 혈액 내 이 효소치가 상승하면 확실한 간 손상을 의미하는 것으로 해석된다. 따라서 ALT, AST 및 ALP의 순환계로의 방출은 알코올에 의한 독성화 과정 동안에 간 조직막에 심각한 손상이 있었음을 의미한다(28). 본 연구에서는 알코올 투여 후 손상된 간에 대한 콩나물 추출 음료 분말의 영향을 검토하고자 혈청 내 ALT, AST 및 ALP 활성을 측정하였으며 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

알코올 투여군(AC)에 비해 콩나물 추출 음료 분말 저농도(SEL), 중농도(SEM), 고농도(SEH) 투여군의 ALT, AST 농도는 시료 농도가 증가할수록 감소하였으나 고농도군을 제외하고는 유의적인 차이를 보이지 않았다. AST와 ALP 또한 ALT와 마찬가지로 알코올 투여군(AC)에 비해 시료 투여군의 농도가 감소하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았는데 이는 Park 등(26)의 연구에서와 마찬가지로 40% 알코올의 1회 투여로는 간 손상의 생화학적 지표의 변화가 활발하게 나타나지 않은 것으로 보여진다. 그러나 콩나물 추출 음료 분말 고농도 투여군(SEH)의 ALT가 대조군의 60.8 U/l에 비해 33.6% 감소한 40.4 U/l로 나타나 유의적인 차

이를 보인 점에서는 고농도의 콩나물 추출 음료 분말이 간 손상에 관한 생화학적 지표를 감소시키는 데에 효과적일 것으로 판단된다. 또한, 시판숙취음료 분말을 투여한 양성대조군(PC)은 알코올 투여군(AC)에 비해 ALT, AST 및 ALP의 농도가 오히려 증가한 것으로 볼 때, 콩나물 추출 음료 분말이 시판숙취음료 분말에 비해 간 손상을 억제하는 효과가 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 고농도 산소수로 재배한 콩나물을 당침하여 제조한 콩나물 추출 음료의 숙취해소 효능을 확인하기 위해 콩나물 자체의 asparagine 함량 및 ADH와 ALDH 효소활성을 확인하고 알코올과 콩나물 추출 음료 분말을 투여한 쥐의 혈중 알코올 농도, 아세트알데하이드 농도, ALT, AST 및 ALP를 측정하였다. 고농도 산소수로 재배한 콩나물은 시판중인 콩나물에 비해 asparagine 함량이 높게 나타나 숙취해소 효능을 증가시킬 것으로 예상되었다. 알코올을 경구 투여한 쥐에 콩나물 추출 음료 분말을 투여한 경우 혈중 알코올 농도는 알코올만 투여한 대조군에 비해 1시간, 5시간 경과 후에 유의적으로 감소하였으며 혈중 아세트알데하이드 농도 또한 콩나물 추출 음료 분말 고농도 투여군(SEH)에서 1시간, 3시간, 5시간 경과 후 모두 유의적인 감소를 보였다. 또한 고농도의 콩나물 추출 음료 분말은 시판중인 숙취해소 음료 분말 양성대조군(PC)보다 더 뛰어난 알코올 분해능을 보였으며 ALT, AST 및 ALP 측정 결과에서도 콩나물 추출 음료 분말 고농도 투여군(SEH)의 ALT 농도가 알코올투여군(AC) 및 시판숙취해소 음료 분말 양성대조군(PC)에 비해 유의적으로 감소하는 것을 확인하였다. 이상과 같은 결과를 토대로 할 때 콩나물 당침 추출물을 이용한 콩나물 추출 음료는 숙취해소에 기여하고 간세포의 손상을 보호할 수 있는 음료로서 이용이 가능할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상부 광역경제권 연계협력사업 “3G-Bio 연계 친환경 생물소재 고도화 사업 1세부 고기능성 생물소재 개발(과제번호: R0000480)”으로 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Chang KY. Old references related to soybeans in Korea. Korea Soybean Digest 6: 1-8 (1989)
- Jeong YS, Dhakal KH, Park HJ, Lee JD, Lee IJ, Hwang YH. Change of asparagine content in soybean sprouts by variety, root growth, and cultivation period. Agri. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 26: 63-69 (2008)
- Kim YH, Hwang YH, Lee HS. Analysis of isoflavones for 66 varieties of sprout beans and bean sprouts. Korean J. Food Sci. Technol. 35: 568-575 (2003)
- Park GH, Back YY. Effect of ozone water on germination and growth of soybean sprout. Korea Soybean Digest 17: 20-26 (2000)
- Kim EJ, Lee KI, Park KY. The growth inhibition against gastric cancer cell in germanium or soybean sprouts cultured with germanium. Korean J. Food Cook. Sci. 20: 287-291 (2004)
- Kim HY. Development of alpha soybean sprout by chlorella culture fluid. Korea Soybean Digest 20: 63-70 (2003)
- Kang JH, Park CJ, Yoon SY, Jeon SH, Hong DO. Lateral root formation and growth of soybean sprouts treated with various solutions. Korea J. Medicinal Crop Sci. 13: 6-10 (2005)
- Lee YS, Park RD, Rhee CO. Effect of chitosan treatment on growing characteristics of soybean sprouts. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 153-157 (1999)
- Lee YS, Rhee CO. Changes of free sugars, lipoxygenase activity and effects of chitosan treatment during cultivation of soybean sprouts. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 115-121 (1999)
- Cha JM, Hong SH, Kim SY, Park JY, Kim MS, Lee IH. Cultivation of sprout by highly concentrated oxygen water soaking. Korea J. Biotechnol. Bioeng. 23: 525-528 (2008)
- Lieber CS. Metabolism of ethanol. Vol. I, pp. 1-35. In: Medical and Nutritional Complications of Alcoholism. Lieber CS. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA (1992)
- Lin RC, Li TK. Effects of isoflavones on alcohol pharmacokinetics and alcohol-drinking behavior in rats. Am. J. Clin. Nutr. 68: 1512s-1515s (1998)
- Hawkins RD, Kalant H. The metabolism of ethanol and its metabolic effects. Pharmacol. Res. 24: 67-157 (1972)
- Chung YI, Bae IY, Lee JY, Chun HS, Lee HG. Protective effects of branched-chain amino acid (BCAA)-enriched corn gluten hydrolysates on ethanol-induced hepatic injury in rats. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 706-711 (2009)
- Hwang JY, Ham JW, Nam SH. Effect of Maesil (*Prunus mume*) juice on the alcohol metabolizing enzyme activities. Korean J. Food Sci. Technol. 36: 329-332 (2004)
- Park SC. Effect of bean sprout extracts on metabolism and biological functions of ethanol *in vitro* and *in vivo*. Korean Soybean Digest 11: 121-130 (1994)
- Chai YM, Rhee SJ. Effects of dietary oligosaccharide on the blood glucose and serum lipid composition in streptozotocin-induced diabetic rats. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 710-716 (2001)
- Choi JT, Joo HK, Lee SK. The effect of *Schizandrae fructus* extract on alcohol fermentation and enzyme activities of *Saccharomyces cerevisiae*. Agric. Chem. Biotechnol. 38: 278-282 (1995)
- Kim DK, Son DM, Chon SU, Lee KD, Kim KH, YS Rim. Phenolic compounds content and DPPH, ADH, ALDH activities of mungbean sprout based on growth temperature. Korean J. Crop Sci. 54: 1-6 (2009)
- McCloskey LP, Mahaney P. An enzymatic assay for acetaldehyde in grape juice and wine. Am. J. Enol. Vitic. 32: 159-162 (1981)
- Zehendner CM, Luhmann HJ, Yang JW. A simple and novel method to monitor breathing and heart rate in awake and urethane-anesthetized newborn rodents. PLoS One 8: 1-9 (2013)
- O'Driscoll C, O'Connor M, Asam Z, Eyto ED, Rodgers M, Xiao L. Creation and functioning of a buffer zone in a blanket peat forested catchment. Ecol. Eng. 62: 83-92 (2013)
- Jeong YS, Shon TH, Dhakal KH, Lee JD, Hwang YH. Study on the factors affecting asparagine content in soy-sprout. Agri. Res. Bull. Kyungpook Natl. Univ. 26: 71-79 (2008)
- Jeon HG, Han CG. Composition for dissolving hangover containing fermented bean sprouts juice. Korea Patent 10-0989869 (2010)
- Crabtree B, Newsholme EA. The activities of phosphorylase, hexokinase, phosphofructokinase, lactate dehydrogenase and the glycerol-3-phosphate dehydrogenase in muscles from vertebrates and invertebrates. Biochem. J. 126: 49-58 (1972)
- Park EM, Ye EJ, Kim SJ, Choi HI, Bae MJ. Eliminatory effect of health drink containing *Hovenia Dulcis* thunb extract on ethanol-induced hangover in rats. Korea J. Food Culture 21: 71-75 (2006)
- CAC Institute, Inc. Guidelines for simple evaluation of food additive intake. Codex Alimentarius Commission Institute, Rome, Italy (1989)
- You YH, Yoo SN, Yoon HG, Park JG, Lee YH, Kim SO, Oh KT, Lee JM, Cho HY, Jun WJ. *In vitro* and *in vivo* hepatoprotective effects of the aqueous extract from *Taraxacum officinale* (dandelion) root against alcohol-induced oxidative stress. Food Chem. Toxicol. 48: 1632-1637 (2010)