

## 신선초를 혼합한 과채주스의 알코올 대사 효소 활성화에 미치는 영향

김민주<sup>1</sup>, 임상욱<sup>1</sup>, 안혜진<sup>2</sup>, 전정귀<sup>3</sup>, 강민정<sup>1\*</sup>

### Effect of Fruit-Vegetable Juices Containing *Angelica keiskei* on Alcohol Metabolizing Enzyme Activities *in vitro*

Min-Ju Kim<sup>1</sup>, Sang-Wook Lim<sup>1</sup>, Hye-Jin Ahn<sup>2</sup>, Junggyu Jun<sup>3</sup>, and Min-Jung Kang<sup>1\*</sup>

Received: 22 January 2016 / Revised: 7 February 2016 / Accepted: 15 March 2016

© 2016 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

**Abstract:** Excessive alcohol consumption can cause hang-over symptoms, such as headache, drowsiness, dizziness, gastrointestinal distress, and anxiety. The aim of this study was to investigate alcohol metabolizing enzyme activities and antioxidant activities of fruit-vegetable juices containing *Angelica keiskei* prepared using a low speed masticating juicer *in vitro*. The acceleration rate of alcohol dehydrogenase (ADH) by *A. keiskei*-cherry tomato juice (ACJ) and *A. keiskei*-green grape juice (AGJ) were  $163.8 \pm 4.3\%$  and  $148.2 \pm 6.9\%$ , respectively. The acceleration rate of aldehyde dehydrogenase (ALDH) by ACJ and AGJ were  $185.6 \pm 9.5\%$  and  $161.1 \pm 4.8\%$ , respectively. Total polyphenol of ACJ and AGJ were  $111.1 \pm 1.6$  mg/dL and  $100.8 \pm 2.9$  mg/dL, respectively. DPPH radical scavenging activities of ACJ and AGJ were  $62.0 \pm 0.5\%$  and  $61.3 \pm 0.4\%$ , respectively. Thus, these results indicate that alcohol degrading enzyme activities can be enhanced by fruit-vegetable juices containing *A. keiskei*.

**Keywords:** Juice, *Angelica keiskei*, Cherry tomato, Green grape, Alcohol

<sup>1</sup>(주)휴롬 바이오식품연구소  
<sup>1</sup>Bio-Food Research Center, Hurom Co., Ltd., Gimhae 50969, Korea  
Tel: +82-55-720-1736, Fax: +82-55-720-1791  
e-mail: mjgang@hurom.com

<sup>2</sup>인제대학교 식품생명과학부  
<sup>2</sup>School of Food and Life Science, Inje University

<sup>3</sup>인제대학교 식의약생명공학부  
<sup>3</sup>Department of Smart Food and Drugs, Inje University

### 1. INTRODUCTION

최근 사회가 복잡해지고 과중한 업무에서 오는 스트레스를 해소하기 위해 한국인의 음주량과 음주 비율은 증가 추세를 보이고 있다. 2011년 국민건강·영양조사에 따르면 19세 이상 한국인의 월간 음주율은 남자 77.7%, 여자 41.3%이었으며, 음주와 관련된 질환이나 사고로 사망한 비율은 전 세계 평균인 3.8%의 약 3배인 9.1%에 이르는 것으로 보고되었다 [1]. 2013년 OECD (The Organization for Economic Cooperation Development) 보고에 따르면 우리나라 국민의 1인당 연평균 알코올 섭취량은 8.7 L이었다 [2].

음주로 인한 경제적 비용은 2009년 23조 4,430억 원이었고, 음주 관련 범죄로 인한 사회적 비용 또한 8조 8,577억 원으로, 음주로 인해 나타나는 실질 사회경제적 손실은 32조 2,577억 원에 이른다고 보고하였다 [3].

체내의 알코올 대사는 alcohol dehydrogenase (ADH) 체계, microsomal ethanol oxidation system (MEOS) 체계, catalase 체계의 효소계가 관여한다. 간으로 흡수된 에탄올의 80~90%는 ADH 체계가 작용하여, ADH에 의해 아세트알데하이드가 되고 다시 ALDH에 의해 산화되어 아세트산을 형성한 후 최종적으로는 요와 이산화탄소로 배설된다 [4]. 하지만 과음이나 만성적인 음주 상태에서 흡수된 에탄올의 10~20%는 MEOS 체계에 의해 대사되는 것으로 알려져 있으며, 알코올에 의해 유도되는 산화 스트레스와 상관성이 있다 [5]. 알코올 대사에 의해 생성된 자유라디칼은 항산화 시스템에도 영향을 미쳐 DNA 변이, 발암, 노화, 동맥경화, 급만성 알코올 독성을 일으키고, 간 손상을 가중시키며, 산화 스트레스는 간 염증 및 섬유증을 일으키는 등 심각한 신체적 문제를 야기한다 [6,7].

알코올 섭취 시 산화에 의해 생성된 일차 대사산물인 아세트알데하이드는 숙취의 주요한 인자로, 생성된 과량의 아세트알데하이드는 간 독성을 촉진시킬 뿐만 아니라 혈압저하와 두통, 메스꺼움, 맥박의 증가, 발한, 홍조, 오심, 구토 등의 숙취증상을 일으킨다 [8].

과음과 빈번한 음주 문화의 특성을 가진 우리나라에서는 다양한 숙취해소 음료 및 생약 추출물을 함유한 기능성 식품이 개발되어 시판되고 있으나 뚜렷한 체내 알코올 분해 효과를 나타내는 것은 많지 않다 [9]. 또한 미나리 [10], 배 [11], 오미자 [12], 헛개나무 열매 [13], 복어 [14], 민들레 [15], 전복 [16] 등 식품의 알코올 분해 효과에 관한 다수의 연구가 보고되었으나, 채소·과일 혼합주스의 알코올 분해 효과에 관한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 한국인이 주로 주스로 만들어 섭취하는 채소, 과일 9종을 선별하여 알코올 분해 대사 효소인 ADH와 ALDH의 활성을 *in vitro*에서 분석하였다. 알코올 분해 효소 활성이 높은 재료를 선별하고 혼합주스를 제조한 후 알코올 분해 효소 활성 및 알코올 대사 시 발생하는 자유라디칼 제거 가능성을 확인하였다. 따라서 저속 착즙 방법으로 혼합한 채소·과일 혼합주스의 항산화능 및 알코올 대사효소인 ADH와 ALDH의 활성에 미치는 영향을 *in vitro*에서 확인하고자 하였다.

## 2. MATERIALS AND METHOD

### 2.1. 실험재료 및 주스 제조

본 실험에 사용한 당근, 딸기, 방울토마토, 브로콜리, 신선초, 양배추, 청포도, 케일, 포도 등은 김해 대형마트에서 구입하였다. 구입한 각 재료는 깨끗이 씻어 절단한 후 저속주스기 (Hurom Co., Ltd., Gimhae, Korea)로 착즙하였다. 당근, 딸기, 방울토마토, 브로콜리, 신선초, 양배추, 청포도, 케일, 포도의 착즙 수율은 각각 50, 80, 75, 30, 60, 65, 80, 65, 80%이었고, 딸기, 방울토마토, 청포도, 포도의 수율이 높은 것으로 나타났다. 신선초방울토마토주스 (ACJ)는 신선초 80 g, 방울토마토 70 g을, 신선초청포도주스 (AGJ)는 신선초 80 g, 청포도 65 g을 착즙하여 각각 100 mL의 ACJ 및 AGJ를 제조하였다.

### 2.2. *In vitro*에서 ADH 및 ALDH 효소 활성 측정

준비된 채소, 과일 주스는 850×g에서 20분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 ADH 및 ALDH 시료로 사용하였다.

9종의 채소·과일주스의 ADH 활성 측정은 Blandino 등 [17]의 방법을 변형하여 측정하였다. 증류수 1.4 mL, 1.0 M Tris-HCl buffer (pH 8.8) 750 μL, 20 mM NAD<sup>+</sup> 300 μL, ethanol 300 μL, 착즙주스 100 μL, ADH 150 μL를 30°C에서 5분간 방치시킨 후 분광광도계 (Libra S22, Biochrom Co., Cambridge, England)를 이용하여 340 nm에서 5분 동안 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 시료를 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 상대활성 (%)을 나타내었다.

9종의 채소·과일주스의 ALDH 활성 측정은 Bostian과 Betts [18]의 방법을 변형하여 측정하였다. 증류수 2.1 mL, 1.0 M Tris-HCl buffer (pH 8.0) 300 μL, 20 mM NAD<sup>+</sup> 100 μL, 0.1 M acetaldehyde 100 μL, 3.0 M KCl 100 μL, 0.33 M 2-mercaptoethanol 100 μL, 착즙주스 100 μL과 ALDH 100 μL를 넣고 30°C에서 5분간 방치한 후, 5분 동안 340 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. 이때 시료를 첨가하지 않은 것을 대조구로 하여 상대활성 (%)으로 나타내었다.

### 2.3. 총 폴리페놀 함량 측정

채소·과일주스의 총 폴리페놀 함량은 Folin과 Denis [19]의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 착즙한 주스와 100% 메탄올을 1:4로 혼합하여 2시간 동안 추출한 후 4°C에서 850×g로 20분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 추출물로 사용하였다. 400 μL의 추출물에 50% Folin-Ciocalteu's phenol reagent 200 μL를 첨가하고 3분 뒤 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 400 μL를 첨가하고 실온에서 방치시켰다. 1시간 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 하여 표준곡선으로부터 정량하였다.

### 2.4. DPPH 라디칼 소거능 측정

채소·과일주스의 DPPH 라디칼 소거능은 Blois의 방법 [20]에 따라 측정하였다. 준비된 채소·과일주스는 850×g에서 20분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 시료로 사용하였다. 200 μL의 착즙주스에 0.3 mM DPPH 용액 800 μL를 첨가한 후 실온에서 방치시켰다. 10분 후 525 nm에서 흡광도를 측정하였고 표준품으로는 L-ascorbic acid를 사용하였다.

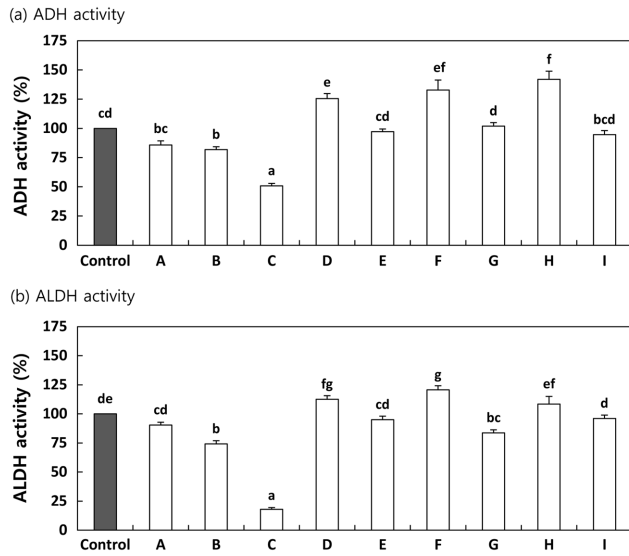
### 2.5. 통계처리

모든 실험결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 각 군의 평균치의 유의성 검정은 일원성 분산분석 (ANOVA)를 사용하여 실시하였고, Tukey's test에 의해 *p*<0.05 수준에서 실시하였다. 통계분석은 Statistics Analysis Systems (SAS) 통계프로그램 (ver 9.2, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하였다.

## 3. RESULTS AND DISCUSSION

### 3.1. 채소·과일 주스의 ADH 및 ALDH 활성

9종의 채소·과일 주스의 ADH 및 ALDH 활성은 Fig. 1에 나타내었다. ADH 활성을 측정한 결과, 대조구의 흡광도 값이 100%일 때 신선초주스 (125.5±4.3%), 방울토마토주스 (141.9±7.0%), 청포도주스 (132.8±8.5%), 케일주스 (102.0±3.0%)가 100% 이상의 ADH 활성을 나타내었다. 당근주스, 브로콜리주스, 양배추주스, 딸기주스, 포도주스는 ADH 활성에 영향을 주지 않았다. ALDH 활성을 측정한 결과, 청포도주스 (120.7±3.5%), 신선초주스 (112.6±3.0%), 방울토마토주스 (108.5±6.5%)를 첨가한 경우 주스를 첨가하지 않은 대조구 (100%)에 비해 ALDH 활성을 촉진시키는 것으로 나타났다.



**Fig. 1.** Alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase activities of fruits juice and vegetables juice. A, carrot juice; B, strawberry juice; C, broccoli juice; D, *Angelica keiskei* juice; E, cabbage juice; F, green grape juice; G, kale juice; H, cherry tomato juice; I, grape juice. Values are presented as mean $\pm$ SD. Each bar with different letters is significantly different at  $p < 0.05$ .

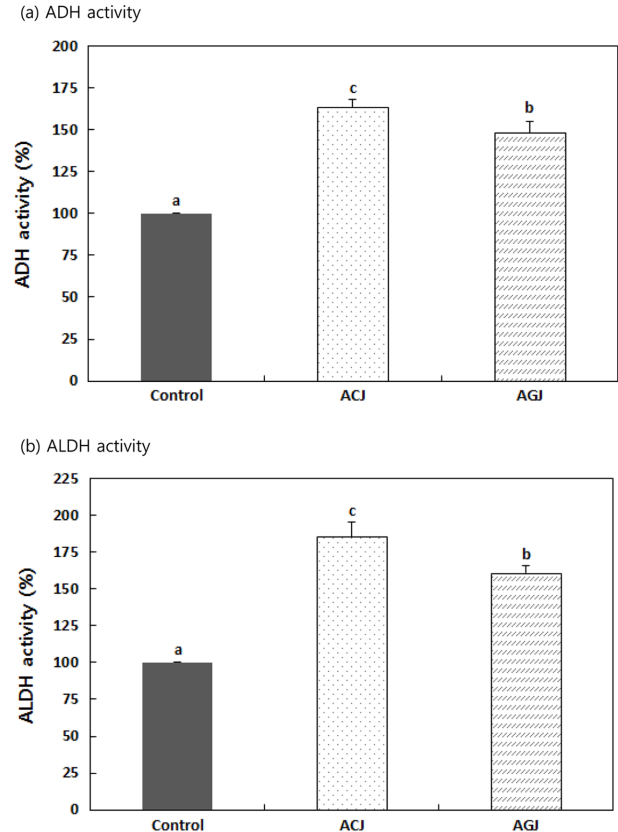
당근주스, 브로콜리주스, 양배추주스, 케일주스, 딸기주스, 포도주스의 경우 ALDH 활성에 영향을 주지 않았다.

알코올은 체내에서 ADH에 의해 아세트알데하이드로 분해되고 다시 ALDH에 의해 아세테이트를 생성한 후 이산화탄소와 물로 분해된다. 천연물의 알코올 분해효소 활성을 측정된 결과에 의하면 오미자 발효음료 [12], 헛개나무 [13], 매실즙 [21], 감태 [22], 콩나물 [23] 등은 ADH 활성을 촉진시켜 알코올 분해에 도움을 주는 것으로 보고되었다. 특히 헛개나무 [13], 매실즙 [21], 감태 [22] 등은 ADH 및 ALDH 활성을 모두 촉진시키는 것으로 나타났다. 알코올 대사에 1차적으로 작용하는 ADH 활성이 촉진될 경우 체내 알코올을 빠르게 분해할 수 있으나 아세트알데하이드 생성이 증가하게 된다. 아세트알데하이드는 두통, 메스꺼움, 구토, 현기증 등의 숙취증상을 동반하고 알코올에 의한 간 손상 주요 유발인자로 작용한다 [7]. 따라서 ALDH 활성을 촉진시켜 혈중 아세트알데하이드를 신속하게 제거하는 것이 숙취 증상을 완화시키는데 도움이 될 수 있다.

본 연구에서 ADH 및 ALDH 활성을 촉진시키는 것으로 나타난 신선초주스, 방울토마토주스, 청포도주스를 혼합과채주스 재료로 최종 선정하였다.

### 3.2. 혼합과채주스의 ADH 및 ALDH 활성

신선초방울토마토주스 (ACJ)와 신선초청포도주스 (AGJ)를 제조한 후 ADH 및 ALDH 활성을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 대조구의 ADH 활성을 100%로 나타내었고 ACJ와 AGJ의 ADH 활성은 각각 163.8 $\pm$ 4.3, 148.2 $\pm$ 6.9%로 나타나



**Fig. 2.** Alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenase activities of ACJ and AGJ. ACJ, juice mixed *Angelica keiskei* and cherry tomato; AGJ, juice mixed *Angelica keiskei* and green grape. Values are presented as mean $\pm$ SD. Each bar with different letters is significantly different at  $p < 0.01$ .

대조구에 비해 유의적으로 높았다 ( $p < 0.01$ ). ACJ와 AGJ의 ALDH 활성은 각각 185.6 $\pm$ 9.5, 161.1 $\pm$ 4.8%로 대조구 (100%)에 비해 유의적으로 높게 나타났다 ( $p < 0.01$ ). 본 연구에서 9종의 채소·과일주스의 알코올 분해효소 활성을 측정된 결과 신선초주스, 방울토마토주스, 청포도주스가 ADH, ALDH 활성을 촉진시키는 것으로 나타났고, 이를 활용한 혼합과채주스의 경우 각각의 단일 재료 주스보다 ADH 및 ALDH 활성 촉진효과가 더욱 우수하였다.

ADH 및 ALDH에 의한 알코올 대사시  $NAD^+$ 가  $NADH$ 로 전환되어  $NAD^+/NADH$  비율은 감소하게 되고 그 결과 ADH 및 ALDH 활성은 저해된다. 따라서  $NADH$ 에서  $NAD^+$ 로 재산화를 촉진시키면 알코올 분해효소 활성 증가에 의한 알코올 및 아세트알데하이드 분해가 촉진될 수 있다.  $NAD^+$ 의 재산화는 아미노산, 무기질, 과당 등에 의해 조절되어지는데 이러한 요인들이 상호작용함으로써 효소활성이 더욱 촉진되는 것으로 보고되었다 [10]. 아미노산 중 아스파르트산과 알라닌은  $NAD^+$ 의 재산화에 의한  $NAD^+/NADH$  비율을 증가시켜 ADH 활성을 촉진시킨다 [24]. Cha 등 [25]은 아르기닌과 메티오닌이 ADH와 ALDH 활성을 촉진시켜 알코올 분해효

과가 우수할 것이라고 보고하였다. 일반적으로 숙취개선 효과가 우수하다고 알려진 콩나물의 아스파르트산, 알라닌, 아르기닌, 메티오닌 함량은 각각 755, 147, 130, 49 mg/100 g fresh weight로 보고되었다 [26]. 신선초의 아스파르트산, 알라닌, 아르기닌, 메티오닌 함량은 각각 334, 59, 151, 44 mg/100 g fresh weight로 [26] 알코올 대사에 관여하는 아미노산 함량이 비교적 높아 알코올 분해 효소 활성을 촉진시키는데 기여하는 것으로 사료된다. 또한 ADH 활성은  $Ca^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$  등과 같은 무기질 성분들에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다 [27]. 신선초의 칼슘 함량은 235 mg/100 g fresh weight으로 높은 수준으로 알코올 대사를 촉진시키는데 기여하는 것으로 사료된다. 토마토의 주요 생리활성 물질인 라이코펜은  $NAD^+$ 의 재산화를 촉진시킨다 [28,29]. Kim 등 [28]의 연구에서 고지방식사와 토마토 와인을 섭취시킨 흰쥐에 있어서 혈장 및 간 조직의 알코올 대사 효소 활성이 증가되었고 이는 토마토 와인에서 풍부한 라이코펜 때문인 것으로 보고하였다. 라이코펜은 알코올 대사 과정에서  $NAD^+$  손실을 완화시켜 알코올 대사를 원활하게 하는데 도움이 되는 것으로 나타났다 [29].

따라서 ACJ와 AGJ는 신선초, 방울토마토, 청포도의 상호작용으로 인해 알코올 분해효소 활성을 더욱 촉진시켜 체내 알코올 및 아세트알데하이드를 분해하는데 도움을 주어 숙취 개선효과를 나타내는 것으로 사료된다.

### 3.3. 혼합과채주스의 총 폴리페놀 함량

ACJ와 AGJ의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. ACJ와 AGJ의 총 폴리페놀 함량은 각각  $111.1 \pm 1.6$ ,  $100.8 \pm 2.9$  mg/dL로 나타났다.

폴리페놀은 플라보노이드, 페놀산 등을 총칭하며 식물체에 널리 분포되어 있으며 특히 채소, 과일, 차, 커피 등에 많이 함유되어 있다 [30]. 폴리페놀 화합물은 강력한 항산화 물질로 활성산소 생성 및 DNA의 산화적 손상을 억제하는 것으로 보고되었다 [31]. 신선초는 퀘세틴 [32], 쿠마린 [33] 등을 함유하고 있어 신선초를 베이스로 한 혼합주스의 폴리페놀 함량 또한 높게 나타났다.

따라서 총 폴리페놀 함량이 높은 ACJ와 AGJ는 활성산소 생성을 억제하여 알코올 섭취로 인한 간세포 손상을 예방할 것으로 사료된다.

### 3.4. 혼합과채주스의 DPPH 라디칼 소거능

ACJ와 AGJ의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 4에 나타내었다. ACJ와 AGJ의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과 각각  $62.0 \pm 0.5$ ,  $61.3 \pm 0.4\%$ 로 나타났고, 표준품인 ascorbic acid는  $94.1 \pm 0.3\%$ 로 나타났다. ACJ와 AGJ의 DPPH 라디칼 소거능은 표준품 대비 각각 65.9, 65.1%로 항산화 효과가 우수한 것으로 나타났다.

알코올 대사 과정 중 ADH에 의해 생성된 아세트알데하이드로부터  $O_2^{\cdot -}$ , OH 등의 활성산소들이 생성된다 [15]. 이러한 활성산소는 지질과산화물을 생성하여 간의 섬유화를 유발

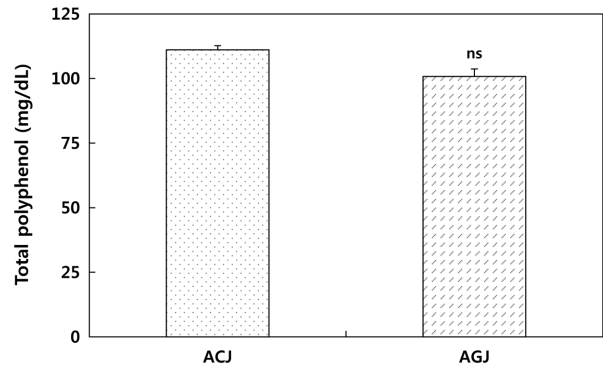


Fig. 3. Total polyphenol contents of ACJ and AGJ. ACJ, juice mixed *Angelica keiskei* and cherry tomato; AGJ, juice mixed *Angelica keiskei* and green grape. Values are presented as mean±SD. ns, not significant.

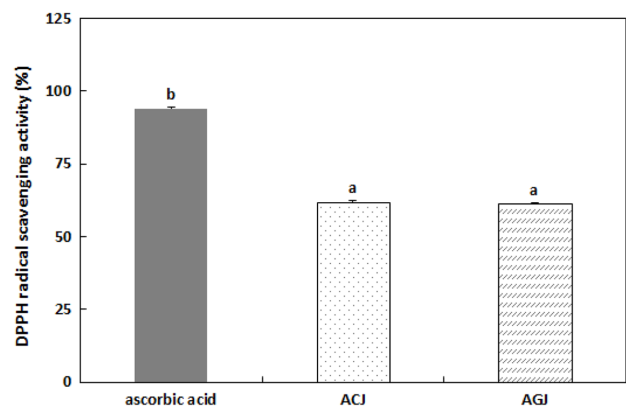


Fig. 4. DPPH radical scavenging activity of ACJ and AGJ. ACJ, juice mixed *Angelica keiskei* and cherry tomato; AGJ, juice mixed *Angelica keiskei* and green grape. Values are presented as mean±SD. Each bar with different letters is significantly different at  $p < 0.01$ .

시키고 간조직의 단백질 변성과 지방간을 촉진시키며 간세포의 DNA 변이를 유도하여 간세포 손상의 원인물질로 작용한다 [34,35]. 따라서 간세포 손상을 예방하기 위해서는 활성산소 생성을 억제하는 것이 중요하다. DPPH 라디칼 소거활성은 총 폴리페놀 함량에 많은 영향을 받는 것으로 보고되었다 [36,37]. Choi 등 [38]의 연구에서 포도주스, 토마토주스, 귤주스, 자몽주스 등의 DPPH 라디칼 소거능이 우수하였으며 특히 고속착즙기에 비해 저속착즙기로 착즙한 채소·과일주스의 항산화 효과가 더욱 우수한 것으로 나타났다. 이는 저속착즙기로 착즙한 주스의 경우 폴리페놀 함량이 높아 항산화 효과를 증가시키는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 ACJ와 AGJ의 총 폴리페놀 함량이 높은 것으로 나타났으며 이는 DPPH 라디칼 소거활성을 증가시키는데 기여하는 것으로 사료된다.

따라서 ACJ와 AGJ는 활성산소를 효과적으로 소거하여 산

화 스트레스를 감소시키고 알코올로 인한 간 손상을 예방하는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

#### 4. CONCLUSION

혼합과채주스의 숙취개선 효과를 규명하기 위하여 알코올 분해효소 활성이 우수한 재료를 선정하였고 이를 활용한 혼합과채주스를 제조한 후 알코올 분해효소 활성 및 항산화능을 조사하였다. 저속착즙한 9종의 채소·과일주스의 알코올 분해효소 및 알데하이드 분해효소 활성을 측정된 결과 대조구의 흡광도 값이 100%일 때 신선초주스, 방울토마토주스, 청포도주스가 100% 이상의 ADH 및 ALDH 활성을 나타내어 알코올 분해효소 활성을 촉진시키는 것으로 나타났다. 신선초방울토마토주스 (ACJ)와 신선초청포도주스 (AGJ)를 제조한 후 알코올 분해효소 및 알데하이드 분해효소 활성을 측정된 결과 단일 재료 주스보다 알코올 분해효소 활성을 더욱 높이는 것으로 나타나 알코올 분해효소 활성 촉진 효과를 확인하였다. 신선초방울토마토주스와 신선초청포도주스의 총 폴리페놀 함량이 높았으며, DPPH 라디칼 소거능 또한 우수한 것으로 나타났다. 따라서 신선초방울토마토주스와 신선초청포도주스는 알코올 분해효소 활성을 촉진시키고 알코올대사 과정에서 활성산소 생성을 억제시켜 숙취개선 및 알코올로 인한 간 손상을 억제하는데 도움을 줄 것으로 사료된다.

#### Acknowledgements

이 논문은 경상남도 향노화바이오산업육성사업(과제번호 천연물 6)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

#### REFERENCES

1. Ministry of health and welfare, Korea centers for disease control and prevention (2012) Korea health statistics 2011; Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES V-2). Cheongju, Korea.
2. Organization for economic cooperation and development, OECD stat. <http://www.oecd.org>. (2014).
3. Korea institute for health and social affairs (2013) The current status and cause of the addiction problem, Health welfare policy forum 6: 30-42, Sejong, Korea.
4. Gill, K., Z. Amit, and B. R. Smith (1996) The regulation of aldehyde consumption in rats: the role of alcohol-metabolizing enzymes-catalase and aldehyde dehydrogenase. *Alcohol* 13: 347-353.
5. Lieber, C. S. and L. M. Decarli (1970) Hepatic microsomal ethanol-oxidizing system. *In vitro* characteristics and adaptive properties *in vivo*. *J. Biol. Chem.* 245: 2505-2512.
6. Pemberton, P. W., A. Smith, and T. W. Warnes (2005) Non-invasive monitoring of oxidant stress in alcoholic liver disease. *Scand. J. Gastroenterol.* 40: 1102-1108.
7. Albano, E. (2002) Free-radicals and alcohol-induced liver injury. pp. 153-190. In: Sherman CDIN, Preedy VR, Walsin PR (ed). *Ethanol and liver*. Taylor and Francis, London, UK.
8. Swift, R. and D. Davidson (1998) Alcohol hangover: mechanisms and mediators. *Alcohol Health Res. World* 22: 54-60.
9. Chu, L. Y., Y. S. Nam, S. I. Cho, S. H. Yim, Z. C. Chung, J. S. Bang, U. D. Sohn, J. M. Kim, M. S. Kim, K. H. Koo, Z. C. Chung, and J. H. Jeong (2010) Effects of *Curcuma long* gum preparation on the blood alcohol level and hangover. *Korean J. Clin. Pharm.* 20: 1-8.
10. Kang, B. K., S. T. Jung, and S. J. Kim (2002) Effects of vegetable extracts by solvent separation on alcohol dehydrogenase activity from *Saccharomyces cerevisiae*. *Korean J. food Sci. Technol.* 34: 244-248.
11. Lee, H. S., T. Isse, T. Kawamoto, H. W. Baik, J. Y. Park, and M. Yang (2013) Effect of Korean pear (*Pyruspyrifolia cv. Shingo*) juice on hangover severity following alcohol consumption. *Food Chem. Toxicol.* 58: 101-106.
12. Cho, E. K., H. E. Cho, and Y. J. Choi (2010) Inhibitory effects of angiotensin converting enzyme and  $\alpha$ -glucosidase, and alcohol metabolizing activity of fermented Omija (*Schizandra chinensis Bailon*) beverage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 655-661.
13. Park, E. M., E. J. Ye, S. J. Kim, H. I. Choi, and M. J. Bae (2006) Eliminatory effect of health drink containing *Hovenia dulcis* Thunb extract on ethanol-induced hangover in rats. *J. Korean Soc. Food Cult.* 21: 71-75.
14. Kim, D. H., D. S. Kim, and J. W. Choi (1994) The effect of puffer fish extract on the acetaldehyde metabolism in rat. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 23: 187-191.
15. Noh, K. H., J. H. Jang, J. J. Kim, J. H. Shin, D. K. Kim, and Y. S. Song (2009) Effect of dandelion juice supplementation on alcohol-induced oxidative stress and hangover in healthy male college students. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 683-693.
16. Kang, S. G., K. S. Ham, I. C. Kim, S. J. Kim, and H. L. Kim (2006) The effect of chronic degenerative disease prevention and functionality in *Haliotis discus hannai*. *Abalone Functionality Report*. Chonranam-Do, Korea.
17. Blandino, A., I. Caro, and D. Cantero (1997) Comparative study of alcohol dehydrogenase activity in flor yeast extracts. *Biotechnol. Lett.* 19: 651-654.
18. Bostian, K. A. and G. F. Betts (1978) Rapid purification and properties of potassium-activated aldehyde dehydrogenase from *Saccharomyces cerevisiae*. *Biochem. J.* 173: 773-786.
19. Folin, O. and W. Dennis (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243.
20. Blois, M. S. (1958) Antioxidant determination by the use of stable free radicals. *Nature* 181: 1199-2000.
21. Hwang, J. Y., J. W. Ham, and S. H. Nam (2004) Effect of Maesil (*Prunus mume*) juice on the alcohol metabolizing enzyme activities. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 329-332.
22. Cho, E. K. and Y. J. Choi (2010) Physiological activities of hot water extracts from *Ecklonia cava* Kjellman. *J. Life Sci.* 20: 1675-1682.
23. Sung, H. M., H. J. Jung, S. G. Yun, T. Y. Kim, G. Y. Kim, and J. Y. Wi (2014) Effect of a soy-sprout beverage prepared with high-con-

- centrated oxygen water on alcohol metabolism in rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* 45: 616-621.
24. Park, S. C. (1993) Ethanol oxidation is accelerated by augmentation of malate-aspartate shuttle with aspartate. *Korean J. Biochem.* 25: 137-143.
  25. Cha, J. Y., H. J. Jung, J. J. Jung, H. J. Yang, Y. T. Kim, and Y. S. Lee (2009) Effects of amino acids on the activities of alcohol metabolizing enzyme alcohol dehydrogenase (ADH) and acetaldehyde dehydrogenase (ALDH). *J. Life Sci.* 19: 1321-1327.
  26. The Korean Nutrition Society (2009) Food values. The Korean Nutrition Society, Seoul, Korea.
  27. Magonet, E., P. Hayen, D. Delforge, E. Delaive, and J. Remacle (1992) Importance of the structural zinc atom for the stability of yeast alcohol dehydrogenase. *Biochem. J.* 287: 361-365.
  28. Kim, A. Y., S. M. Jeon, Y. J. Jeong, Y. B. Park, U. J. Jung, and M. S. Choi (2011) Preventive effects of lycopene-enriched tomato wine against oxidative stress in high fat diet-fed rats. *J. Food Sci. Nutr.* 16: 95-103.
  29. Guest, J., G. J. Guillemin, B. Heng, and R. Grant (2015) Lycopene pretreatment ameliorates acute ethanol induced NAD(+) depletion in human astroglial cells. *Oxid. Med. Cell. Longev.* 2015:741612.
  30. Urquiaga, I. and F. Leighton (2000) Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.* 33: 55-64.
  31. Arranz, S., G. Chiva-Blanch, P. Valderas-Martinez, A. Medina-Remn, R. M. Lamuela-Ravents, and R. Estruch (2012) Wine, beer, alcohol and polyphenols on cardiovascular disease and cancer. *Nutrients* 4: 759-781.
  32. Li, L., G. Aldini, M. Carini, C.-Y. O. Chen, H. K. Chun, S. M. Cho, K. M. Park, C. R. Correa, R. M. Russell, J. B. Blimberg, and K. J. Yeum (2009) Characterisation, extraction efficiency, stability and antioxidant activity of phytonutrients in *Angelica keiskei*. *Food Chem.* 115: 227-232.
  33. Kim, D. W., M. J. Curtis-Long, H. J. Yuk, Y. Wang, Y. H. Song, S. H. Jeong, and K. H. Park (2014) Quantitative analysis of phenolic metabolites from different parts of *Angelica keiskei* by HPLC-ESI MS/MS and their xanthine oxidase inhibition. *Food Chem.* 153: 20-27.
  34. Koop, D. R. (2006) Alcohol metabolism's damaging effects on the cell. *Alcohol Res. Health* 29: 274-280.
  35. Wu, D. and A. I. Cederbaum (2003) Alcohol, oxidative stress, and free radical damage. *Alcohol Res. Health* 27: 277-284.
  36. Floegel, A., D. O. Kim, S. J. Chung, S. I. Koo, and O. K. Chun (2011) Comparison of AVTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods. *J. Food Compos. Anal.* 24: 1043-1048.
  37. Gil, M. I., F. A. Tomas-Barberan, B. Hess-Pierce, and A. A. Kader (2002) Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4976-4982.
  38. Choi, M. H., M. J. Kim, Y. J. Jeon, and H. J. Shin (2014) Quantitative change of fresh vegetable and fruit juice by various juicers. *KSBB J.* 29: 145-154.