

채소의 용매분획 추출물들이 *Saccharomyces cerevisiae*의 alcohol dehydrogenase 활성에 미치는 영향

강배광 · 정순택* · 김선재
 목포대학교 식품산업기술연구센터 · 식품공학과

Effects of Vegetable Extracts by Solvent Separation on Alcohol Dehydrogenase Activity from *Saccharomyces cerevisiae*

Bae-Kwang Kang, Soon-Teck Jung* and Seon-Jae Kim
 Food Industrial Technology Research Center and
 Department of Food Engineering, Mokpo National University

The effects of extracts from bean sprout (*Glycine max*), dropwort (*Oenathe javanica*) and radish (*Raphanus sativus* Var. *hortensis* for. *acanthiformis*) by solvent separation on alcohol dehydrogenase (ADH) activity *in vitro* were investigated. The extracts were obtained from alcohol extracts of bean sprout, dropwort and radish, followed by solvent separation. Aqueous fractions facilitated much higher ADH activity than organic fractions. The facilitating rates of bean sprout, dropwort and radish in aqueous fractions were 125.75%, 104.94% and 87.63%, respectively. Basic fractions showed the highest facilitating rate with about 40%. Also other fractions showed below 20% facilitating rate and didn't show great difference from organic fractions. Phenolic fractions didn't show great effect on ADH activity.

Key words: alcohol dehydrogenase(ADH), *Saccharomyces cerevisiae*, facilitating effects, bean sprouts, dropwort, radish

서 론

체내의 알코올은 간이나 몸의 다른 기관과 부위로 운반되고 간으로 운반된 알코올은 alcohol dehydrogenase(ADH)와 aldehyde dehydrogenase(ALDH)에 의해 산화되어 acetic acid로 되고 일부는 뇨나 CO₂로 배설된다⁽¹⁾. 간에서 알코올의 대사는 NAD⁺와 ADH, ALDH의 활성에 영향을 주는 요인들에 의해 조절된다^(2,3). ADH의 활성은 주로 간세포에서 일어나며 gastrointestinal tract에서도 상당히 일어난다⁽⁴⁾. 또한, ADH의 활성은 pyrazole⁽⁵⁾, rice seedling⁽⁶⁾ 등에 의해 억제되고 Zn²⁺, Co²⁺ 등에 의해 재활성화 되며 Ca²⁺, EDTA, 2-mercaptoethanol 등에 의해 촉진된다⁽⁷⁾. Aspartate나 alanine은 NAD⁺의 재생을 촉진시킴으로써 ADH 활성을 높이며 asparagine은 acetaldehyde와 반응하여 부가물을 생성해 acetaldehyde의 농도를 낮추어 생물학적 독성을 약화시킨다⁽⁴⁾. 그런데, 사람들이 술을 마시고 취하면 언어적, 행동적, 정신적인

측면에 문제를 일으키며⁽⁸⁻¹⁰⁾ 알콜성 간장애를 일으킨다⁽¹¹⁾. 따라서, 사람들은 숙취를 해소하는데 많은 관심을 갖게 되었고 한국에서 전통적으로 콩나물, 미나리, 무, 부추 등의 채소들이 식탁을 통해 숙취해소에 이용되어 왔다. 이런 민간요법적인 방법들은 과학적으로 명쾌하게 밝혀지지 않고 이용되어 왔으며 최근에 보다 과학적, 의학적으로 접근하여 산업화한 경우도 있다. 지금까지는 주로 이 채소들의 대사⁽¹²⁾, 화학성분⁽¹³⁾, 이 등⁽¹⁴⁾의 ADH의 저해제 검색, 안 등⁽¹⁵⁾과 문 등^(16,17)이 헛개나무와 오리나무의 추출물, 蘇葉 추출물, 단풍취 분획물이 간 해독작용과 알코올 분해능의 관계를 연구하였고 최 등⁽¹⁸⁾이 오미자 추출물이 알코올효소 활성에 미치는 영향 등을 조사하였다. 또한, 알코올 대사에 영향을 미치는 성분으로 몇몇 합성의약품의 효과가 보고되어 있기도 하다^(19,21). 따라서, 본 연구의 저자들은 선행된 연구에서 전통적으로 숙취에 이용되어 온 콩나물, 미나리, 무의 추출물들이 ADH 활성에 어떤 영향을 주는지를 조사하였었다⁽²²⁾. 본 연구에서는 이 채소들로부터 다상간의 분배에 근거한 용매분획으로 추출물들을 얻어 ADH 활성에 어떤 영향을 주는지를 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

실험에 사용된 콩나물, 미나리, 무는 목포의 재래식 시장

*Corresponding author : Soon-Teck Jung, Food Industrial Technology Research Center and Department of Food Engineering, Mokpo National University, Chungkye, Muan, Chonnam 534-729, Korea
 Tel: 82-61-450-2421
 Fax: 82-61-454-1521
 E-mail : stjung@chungkye.mokpo.ac.kr

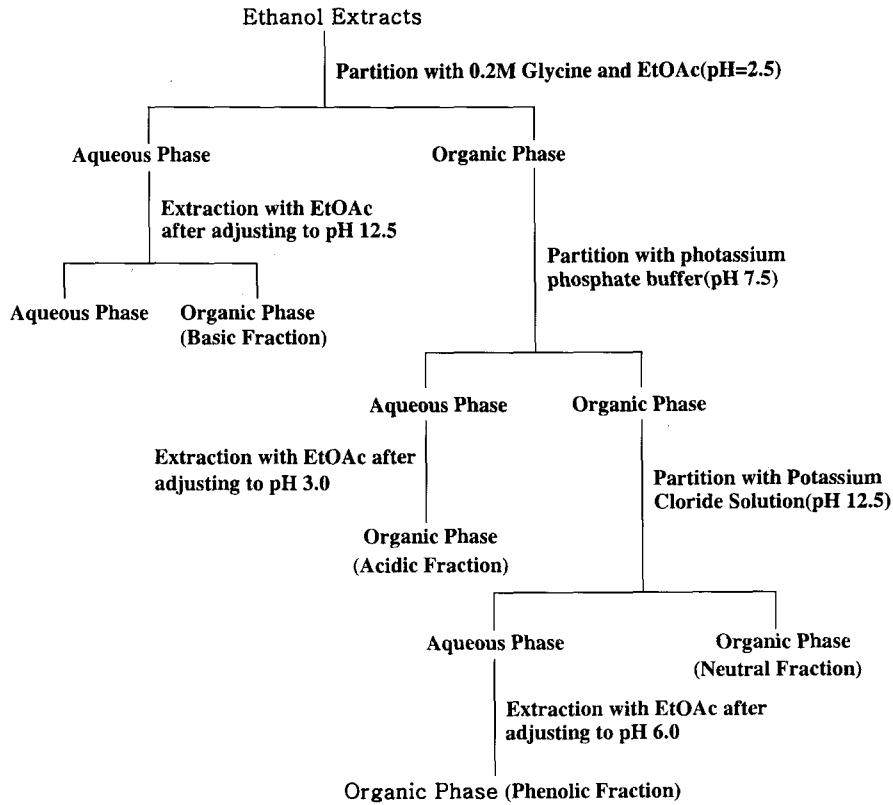


Fig. 1. Extraction and fractionation procedures of vegetable extracts by solvent separation.

에서 육안으로 싱싱하다고 판단되는 것을 2001년 4월에 구입하여 사용하였다. 효소로 사용한 ADH는 실험실에서 배양한 *Saccharomyces cerevisiae*로부터 Ganzhorn 등⁽²³⁾의 방법에 따라 추출정제하여 36 Units/mL 농도로 만들었다. ADH와 13 mM NAD(Sigma)는 -20°C에서 보관하면서 사용하였으며 tris-base(Sigma)로 만든 0.05 M tris-buffer(pH 8.8)는 4°C에서 보관하면서 사용하였다⁽²⁴⁾.

추출 및 용매분획

재료인 콩나물, 미나리, 무의 추출물을 얻기 위해 각각 200 g 씩 알코올에 침지하여 24시간 방치한 후 마쇄(Omni Mixer Homogenizer, OMNI-17106)하여 asparator(EYELA, A-3S)와 filter paper(Whatman, 110 mm)를 이용해 filtering 하였다. 이것을 rotary vacuum evaporator(EYELA, N-N Series)를 이용해 농축한 다음 증류수 20 mL로 정용하여 원심분리(Kontron Instruments, T-324)하였다. 상등액을 Fig. 1과 같이 용매분획하여 추출물들을 얻었다. 즉, 0.2 M ethylacetate 및 potassium phosphate buffer, potassium chloride solution을 순차적으로 가하여 수용성, 염기성, 산성, 중성, 페놀성 분획물들을 얻었다. 이 분획물들은 -20°C에서 보관하면서 사용하였다.

ADH 활성도 측정

ADH 활성도는 Kim 등⁽²⁴⁾과 Pares 등⁽²⁵⁾의 방법에 따라 diode array spectrophotometer(Hewlet Packard, 8452A)를 이용하여 340 nm에서 형성되는 NADH의 흡광도를 측정함으로써 나타내었다. ADH 활성의 최적 조건을 알아낸 후, ADH

활성이 직선을 나타내는 반응시간과 효소농도에서 최고값의 1/2을 갖는 효소농도에서 ADH 활성을 측정하였다. 시험관에 alcohol 0.2 mL, NAD 0.4 mL, 콩나물, 미나리, 무의 분획추출물 0.03, 0.05, 0.07, 0.09, 0.11 mL을 각각 넣어 총부피가 5 mL가 되도록 0.05 M Tris buffer를 넣었다. 대조구는 ADH 대신에 0.05 M Tris buffer 0.04 mL을 넣는 것 외에는 실험구와 같다. 준비된 시험관을 25°C의 water bath(Vision, KMC-1205SW)에서 10분간 방치한후 ADH를 0.04 mL을 넣어 35분간 반응시켰다. 반응이 끝나면 즉시 시험관을 ice에 옮긴 후 위의 spectrophotometer를 이용해 340 nm에서 ADH의 활성을 측정하였다.

결과 및 고찰

수용성 분획물이 ADH 활성에 미치는 효과

콩나물, 미나리, 무의 수용성 분획물들이 *Saccharomyces cerevisiae*의 ADH의 활성에 미치는 효과는 Fig. 2와 같이 대조구가 0%일 때 콩나물이 125.75%, 미나리가 104.94%, 무가 87.63%로 대조구에 비해 콩나물, 미나리, 무 순으로 ADH의 활성을 크게 촉진시켰다. 또한, 수용성 분획물들이 다른 유기성 분획물들보다 ADH 활성을 훨씬 높게 촉진시키는 것으로 나타났다. 이 결과는 본 연구자들의 선행된 연구 결과⁽²²⁾와 일치함을 보였다. 그런데, 배추의 경우 ADH 활성을 촉진하는 성분들이 검출되지 않거나 극히 미량만이 함유되어 있어서 숙취해소에 이용되지 않고 있다는 것으로도 이들의 ADH 활성 촉진효과에 대한 결과는 중요한 의미를 갖는다.

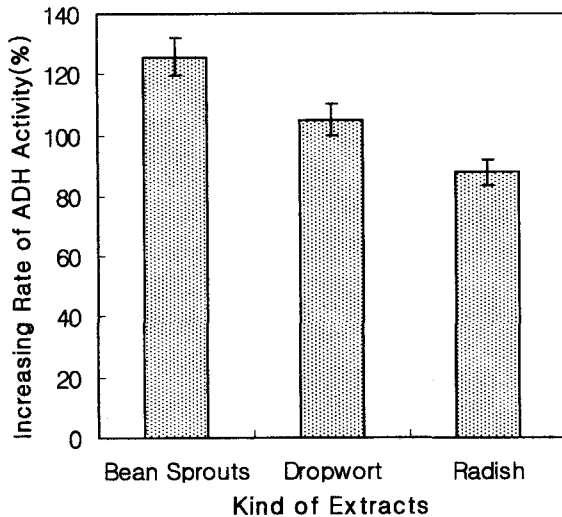


Fig. 2. Effect of aqueous fractions of vegetable extracts on ADH activity.

Fig. 2와 각 재료들의 성분함량에서 알 수 있는 것처럼 효소의 cofactor로 작용하는 무기물들도 중요한 인자이지만 이들 외에 아미노산들 역시 ADH의 활성을 촉진시키는데 매우 중요한 인자로 작용하는 것으로 보여진다. 이들이 독자적으로 ADH에 작용하는 것보다 함께 작용하는 것이 촉진효과가 높다는 것이 이를 뒷받침한다. ADH의 활성화에 영향을 주는 요인으로 Magonet 등⁽⁷⁾과 Park⁽⁴⁾의 보고와 같이 Ca^{2+} , Zn^{2+} , asparagine, aspartic acid가 크게 영향을 미칠 것으로 고려된다. 콩나물과 미나리, 무, 배추 등의 이들 성분은 콩나물이 Ca^{2+} 50 mg%, Zn^{2+} 1 mg%, aspartic acid 1200 mg%, asparagine은 발아 9일째에 콩나물 100 g당 7470 mg의 함량으로 최고에 달하고 미나리는 Ca^{2+} 71 mg%, asparagine 250 mg%이며 무는 미량의 Ca^{2+} , aspartic acid 450 mg%을 함유하고 있음이 보고되어 있다⁽²⁶⁾. 콩나물은 Ca^{2+} 50 mg%, Zn^{2+} 1 mg%, aspartic acid 1200 mg%로 함량이 높지만 미나리는 Ca^{2+} 만 71 mg%인데도 104.94%로 높으며 무는 aspartic acid 만이 450 mg%이지만 87.63%나 되어 이들이 모두 ADH의 활성 촉진에 중요한 인자임을 말해준다. 이러한 결과는 아노산들 중에서 aspartic acid 등은 $NAD^+/NADH$ 의 비율을 높여서 ADH에 의한 알코올의 분해를 촉진시켜 알코올의 독성을 낮추며 asparagine은 acetaldehyde와 결합하여 이것에 의한 독성을 낮춘다는 보고^(4,27)와 구기자가 쥐를 이용한 동물실험에서 ADH와 ALDH의 활성을 증가시킨다는 보고⁽²⁸⁾가 있는데 구기자의 성분중 ADH에 영향을 줄 수 있는 것으로 Ca^{2+} 만이 구기자 100 g당 44 mg이 들어있다. 또한, 이 등⁽²⁹⁾이 콩나물, 복어 등의 식품에서 추출한 aspartic acid 등의 아미노산들이 알코올에 의한 간을 보호하는 효과가 있다고 보고하였다. 본 연구자들의 결과와 이들의 결과들을 종합해 볼 때 aspartic acid, Ca^{2+} , Zn^{2+} 등의 인자들이 *in vitro*와 *in vivo*에서 작용하는 경우 동일한 기작에 의해 동일한 결과를 가져오지는 않더라도 ADH 등의 효소활성 촉진에는 중요한 인자로 작용하는 것으로 판단된다. 이 성분들을 함유하고 있는 이들 채소중 콩나물을 숙취해소 등에 이용할 음료 등의 식품개발의 재료로 활용하기 위한 학문적, 산업적 대응이 필요하다고 본다.

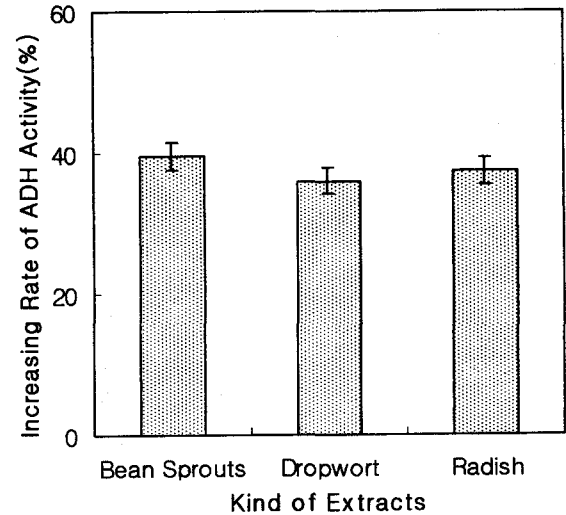


Fig. 3. Effect of basic fractions of vegetable extracts on ADH activity.

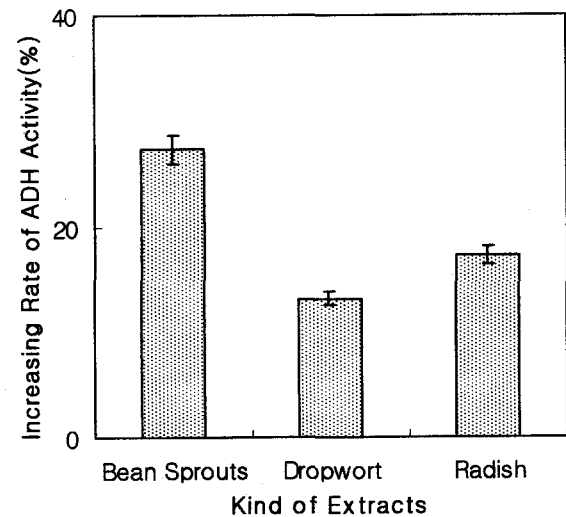


Fig. 4. Effect of acidic fractions of vegetable extracts on ADH activity.

염기성, 산성, 중성의 분획물들이 ADH의 활성화에 미치는 영향

염기성, 산성, 중성의 분획물들에 의한 효과는 Fig. 3, 4, 5와 같다. 이들은 모두 유기용매에 의한 분획물들로 ADH 활성을 크게 촉진시키지는 못하는 것을 알 수 있었다. 앞에서 고찰한 바와 같이 ADH 활성화에 영향을 줄 수 있는 것으로 무기물과 아미노산들의 기능이 중요한데 ADH의 활성화에 영향을 준다고 알려져 있는 아미노산들중에 유기용매에 추출될 수 있는 것은 비극성으로 소수성인 alanine이 있다. alanine 역시 NAD^+ 를 재생성을 촉진시켜 ADH에 의한 알코올의 분해를 촉진시키는 것으로 알려져 있다⁽²⁷⁾. 그런데, 이들 분획물이 수용성 분획물들에서 보다 ADH 활성화의 촉진율이 훨씬 낮은 것은 cofactor와 apoenzyme으로서 정상적으로 작용할 수 있는 Ca^{2+} 등과 아미노산, 단백질 등이 유기성 분획물에는 거의 포함되어 있지 않기 때문일 것으로 생각된다. 이것은 alanine 등의 비극성이고 소수성인 아미노산들을 제외한 양

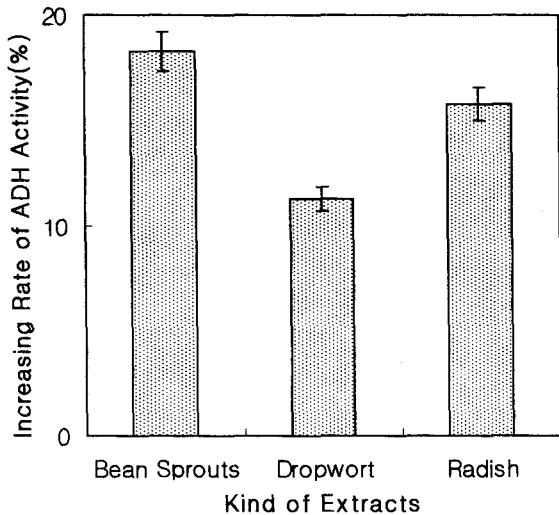


Fig. 5. Effect of neutral fractions of vegetable extracts on ADH activity.

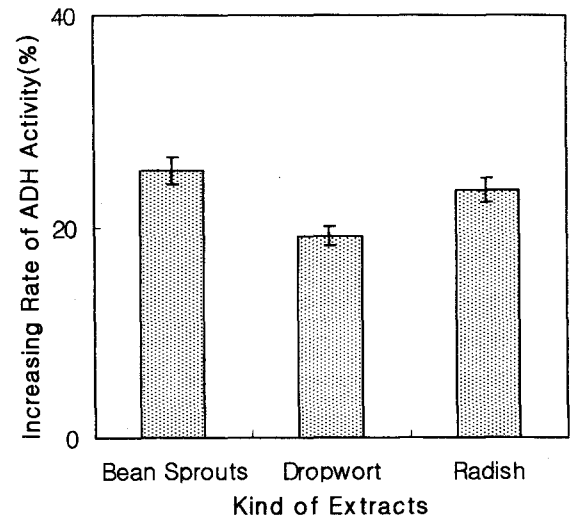


Fig. 6. Effect of phenolic fractions of vegetable extracts on ADH activity.

성의 아미노산들은 등전점을 제외하면 모든 pH에서 이온형으로 존재하기 때문에 물에 의해 쉽게 추출되나 유기용매로 추출되기 어렵고 Ca^{2+} 등의 무기물들 역시 유기용매 보다는 물에 용해되어 추출될 것이므로 ADH 활성을 촉진하는 인자들이 대부분 수용성 분획물들에 포함되어 있기 때문에 이들에 의한 ADH 활성이 높고 유기성에 의해서는 낮게 나타난 것으로 보인다. 또한, ADH 역시 apoenzyme을 필요로 하고 ADH의 apoenzyme으로 작용하는 단백질들이 비수용성이라 하더라도 추출과정에 강알칼리와 강산으로 처리됨으로써 변성을 일으켜 apoenzyme으로서의 기능을 나타내지 못하여 ADH의 활성이 떨어졌을 수도 있다. 따라서, 사용된 재료들의 추출물들을 ADH 활성의 촉진에 이용할 때는 무기물들과 아미노산, apoenzyme으로서의 단백질 등의 인자들이 함께 작용하여 상승효과를 나타낼 수 있는 수용성 분획물들을 이용하는 것이 효과적일 것으로 보이고 연구자들이 선행된 실험에서 이미 확인한 결과와 일치하였다. 그러나, 이 분획물들에 의한 촉진효과가 염기성의 경우 약 40%, 산성과 중성의 경우가 약 20% 정도의 촉진율을 나타냈는데 어떤 성분들에 의해 이러한 결과가 나왔는지는 성분별 분석을 통해서 더 조사를 해야 할 것으로 본다.

페놀성 분획물들이 ADH의 활성에 미치는 영향

페놀성 분획물이 ADH 활성에 미치는 영향은 Fig. 6에 나타내었다. 페놀성 화합물의 성분들은 식물계에 널리 분포하는데 일반적으로 수용성이며 flavonoid가 주를 이루고 phenolic acids, 단순 phenol류 등이 포함된다⁽³⁰⁾. 이들은 산화·환원 반응, 음식의 맛이나 냄새 등에 영향을 주고 항미생물 작용을 하며⁽³¹⁾ 종자의 발아⁽³²⁾와 생장에 관련된 효소의 활성을 조절한다고 알려져 있다⁽³³⁾. 이와같이 페놀성 성분들이 효소에 영향을 주는 것으로 알려져 있어서 페놀성 분획물들이 ADH 활성에도 영향을 줄 수 있을 것인가에 관심을 가졌으나 ADH 활성에는 큰 영향을 나타내지 못했다. 이것은 ADH 활성에 관여하는 것으로 알려진 아미노산 등이 페놀성 화합물이 아닌 것에도 일맥상통한다. 즉, ADH 활성을 촉진하는

것으로 알려진 aspartic acid, alanine 등은 페놀성이 아니며 tryptophan, phenylalanine, tyrosine 등이 페놀성인데 이들은 ADH나 다른 효소에 영향을 준다는 보고가 없다. 그리고, 이들중 tryptophan만 비극성이고 소수성으로 페놀성 분획물에 들어 있을 것이고 나머지는 극성으로 수용성 분획물에 들어 있을 것이다. Fig. 5에 나타난 결과와 같이 페놀성 화합물에 의한 영향은 콩나물이 25.36%, 미나리가 19.14%, 무가 23.49%로 나타나 수용성 분획물들에 비해 ADH 활성에 큰 영향을 주지 않음을 알 수 있다. 이들이 이 정도의 영향을 나타낸 것은 alanine에 의한 효과일 것으로 판단된다. 앞에서 고찰한 것처럼 alanine은 비극성으로 소수성인 아미노산이므로 유기성 분획물에 포함되어 추출될 것이고 마지막 단계인 페놀성 분획물에 포함되어 NAD⁺의 재생성에 관여하여 ADH 활성을 촉진시킬 가능성이 있는 것으로 생각된다. 그러나, 이들성분에 의한 촉진효과 역시 구체적인 성분별 조사가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

요 약

용매분획에 의한 콩나물, 미나리, 무의 추출물들이 *Saccharomyces cerevisiae*의 ADH의 활성에 미치는 영향을 *in vitro*에서 조사하였다. 이 추출물들은 알코올로 추출한 것을 용매분획에 의해 수용성 분획물과 유기성인 염기성, 산성, 중성, 페놀성 분획물들을 얻었다. 수용성 분획물들은 유기성 분획물들 보다 ADH 활성을 훨씬 높게 촉진시켰다. 수용성 분획물인 콩나물, 미나리, 무의 촉진율은 각각 125.75%, 104.94%, 87.63%를 나타냈다. 염기성, 산성, 중성의 분획물들에서 염기성 분획물이 약 40%로 가장 높았고 다른 분획물들은 25% 이하로 나타났으며 큰 차이를 보이지 않았다. 페놀성 분획물들 역시 ADH 활성에 큰 영향을 나타내지 못했다. 따라서, 이 분획물들을 ADH 활성 촉진에 이용할 때는 무기물, 아미노산 등의 상승효과를 얻을 수 있는 수용성 분획물들을 이용해야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단(KOSEF)과 목포대학교 식품산업기술연구센터의 연구비지원으로 수행되었으며 연구비지원에 감사드립니다.

문헌

- Lieber, C.S. Alcohol and the Liver: Update. *Gastroenterology* 106: 1085-1090 (1994)
- Jornvall, H., Hoog, J.O., Bahr-Lindstrom, H., Johanson, J., Kaiser, R. and Person, R. Alcohol dehydrogenase and aldehyde dehydrogenases in biochemistry of alcohol and alcoholism. *Biochem. Soc. Trans.* 16: 223-227 (1987)
- Ronis, M.J., Huang, J., Crouch, J., Mercado, C., Irby, D., Valentine, C.R., Lumpkin, C.K., Ingelman-Sundberg, M. and Badger, T.M. Cytochrome P450 CYP 2E1 induction during chronic alcohol exposure occurs by a two-step mechanism associated with blood alcohol concentration in rats. *J. Pharmacol. Exp. Ther.* 264: 944-947 (1993)
- Park, S.C. Ethanol oxidation is accelerated by augmentation of malate-aspartate shuttle with aspartate. *Korean J. Biochem.* 25: 137-143 (1993)
- Ditlow, C.C., Holmquist, B., Morelock, M.M. and Valle, B.L. Physical and enzymatic properties of a class II alcohol dehydrogenase isozyme of human liver: pi-ADH. *Biochemistry.* 23: 6363-6368 (1984)
- Shimomura, S. and Beevers, H. Alcohol dehydrogenase and an inactivator from rice seedling. *Plant Physiol.* 71: 736-741 (1983)
- Magonet, E., Hayen, P., Delforge, D., Delaive, E. and Remacle, J. Importance of the structural zinc atom for atability of yeast alcohol dehydrogenase. *J. Biochem.* 287: 361-365 (1992)
- Sagarin, M.J., Brown, D.F. and Nadel, E.S. Altered mental status in alcoholism. *J. Emerg. Med.* 19: 271-274 (2000)
- Van Winkle, E. The toxic mind: the biology of mental illness and violence. *Med. Hypotheses.* 55: 356-369 (2000)
- Welte, J.W. and Wieczorek, W.F. Alcohol, intelligence and violent crime in young males. *J. Subst. Abuse.* 10: 309-319 (1998)
- Nicholls, R., Jersey, J., Woeall, S. and Wilce, P. Modification of protein and other biological molecules by acetaldehyde; Adduct structure and functional signification. *Int. J. Biochem.* 24: 1899-1906 (1992)
- Suh, S.K., Kim, H.S., Jo, S.K., Oh, Y.J., Kim, S.D. and Jang, Y.S. Effect of different cultural conditions on growing characteristics of soybean sprouts (in Korean). *Korea Soybean Digest.* 12: 75-84 (1995)
- Song, G.S. and Kwon, Y.J. Analysis of the volatile constituents of *Oenanthe stolonifera* DC. *J. Korean Soc. Food. Nutr.* 19: 311-314 (1990)
- Lee, H.J. and Lee, K.M. Screening of alcohol dehydrogenase inhibitors from natural products. *Yakhak Hoeji.* 43: 481-486
- An, S.W., Kim, Y.K., Lee, M.H., Lee, B.I., Kwon, S.H., Hwang, I.H. and Lee, H.Y. Comparison of hepatic detoxification activity and reducing serum alcohol concentration of *Hovenia dulcis* T(HUNB) and *Alnus japonica* stedu. *Korean J. Medi. Crop Sci.* 7: 263-268 (1999)
- Moon, H.I., Zee, O.P. and Shin, K.H. Effect of *Perilla* (*Perilla frutescens* Britton) extracts on serum ethanol level and hepatic alcohol dehydrogenase activity. *Korean J. Medi. Crop Sci.* 6: 126-130 (1998)
- Moon, H.I., Zee, O.P., Mun, S.H. and Shin, M.S. Effect of *Ainsliaea acerifolia* fraction extract on alcohol dehydrogenase activity. *Agri. Chem. Biotech.* 41: 447-450 (1998)
- Choi, J.T., Koo, H.K. and Lee, S.K. The effect of *Schizandrae fructus* extract on alcohol fermentation and enzyme activities of *Saccharomyces cerevisiae*. *Agri. Chem. Biotech.* 38: 278-282 (1995)
- Detrich, R.A., Collins A.C. and Erwin V.G. Genetic influence upon phenobarbital-induced increase in rat liver supernatant aldehyde dehydrogenase activity. *J. Biol. Chem.* 247: 7232-7236 (1972)
- Rubin, E. and Lieben, C.S. Hepatic microsomal enzymes in man and rats; Induction and inhibition by ethanol. *Science* 162: 690-691 (1968)
- Gabuzda, G. J. Fatty liver in man and the role of lipotropic factors. *Am. J. Cli. Nutr.* 6: 280-297. (1958)
- Kang, B. K. and Jung, S. T. Effects of vegetable extracts on alcohol dehydrogenase activity from *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Microbiol. Biotechnol.* In press. (2001)
- Ganzhorn, A.J., Green, D.W., Hershey, A.D., Gould, R.M. and Plapp, B.V. Kinetic characterization of yeast alcohol dehydrogenases. *J. Biol. Chem.* 262: 3754-3761 (1987)
- Kim, B.H. and Zeikus, J.G. Specificity of alcohol dehydrogenase from *Clostridium acetobutylicum* ATCC4259. *J. Microbiol. Biotechnol.* 4: 268-272 (1992)
- Pares, X., Farres, X.P.J., Moreno, A., Saubi, N., Boleda, M.D., Cederlund, E., Hoog, J.-O. and Jornvall, H. Class IV alcohol dehydrogenase: Structure and function. In: *Enzymology and Molecular Biology of Carbonyl Metabolism* 4. pp. 475-481. Plenum Press, New York, USA (1993)
- Rural Development Administration and Rural Living Institute. *Food Composition Table. Fifth Revised and Supplemented Edition.* Seoul, Korea (1996)
- Crabtree, B. and Newsholme, E.A. The activities of phosphorylase, hexokinase, phosphofructokinase, lactate dehydrogenase and glycerol 3 phosphate dehydrogenase in muscles from vertebrates and invertebrates. *Biochem. J.* 126: 49-58 (1972)
- Oh, T.W., Lee, M.J., Jeong, G.H. and Hong, J. Effect of the ethanol extract of *Lycium hinense* on the oxygen free radical and alcohol metabolizing enzyme activities in rats. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 268-273 (2000)
- Lee, J.H., Kim, N.K., Lee, D.Y. and Lee, C.H. Protective effect of selected amino acids and food extracts on ethanol toxicity decrement in rat liver. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 802-808 (1999)
- Ho, C.T. Phenolic compounds in food. pp. 2-7. In: *Phenolic Compounds in Food and Their Effects on Health II.* Huang, M.T., Ho, C.T. and Lee, C.Y. (eds.). ACS Symposium Series 507, ACS, Washington, DC, USA (1992)
- Lee, J.H. and Lee, S.R. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 310-316 (1994)
- Kim, Y.O. and Lee, H.J. Identification and effects of phenolic compounds from some plants. *Korean J. Ecol.* 19: 329-340. (1996)
- Kim, Y.O., Cho, Y.D. and Lee, H.J. Effect of ferulic acid on polyamine titers and enzyme activities during the radicle growth of *Glycine max*. *Korean J. Ecol.* 19: 385-392 (1996)

(2001년 6월 13일 접수)