

## 시판 과일 주스와 식초의 유기산 함량과 Xanthin Oxidase 저해 활성 비교

— 연구노트 —

황지영 · 표영희

성신여자대학교 식품영양학과

### Comparison of Organic Acid Contents and Xanthine Oxidase Inhibitory Activities of Commercial Fruit Juices and Vinegars

Ji-Young Hwang and Young-Hee Pyo

Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University

**ABSTRACT** Xanthine oxidase (XO) inhibitors play an important role in the treatment of gout and many other diseases related to superoxide anion metabolism. In this study, four commercial fruit juices and three vinegars were evaluated for their inhibitory activity of XO (XOI), as well as contents of organic acids by HPLC with UV detection. Five different organic acids were detected in commercial samples: acetic acid and malic acid were the most prominent in vinegars and fruit juices, respectively. The vinegars showed high XOI activity (33.8~64.9%) related to the great concentration of acetic acid ( $R^2=0.7192$ ). The presence of acetic acid in vinegar could be responsible for its XOI effect.

**Key words:** xanthine oxidase inhibitor, organic acid, fruit juice, vinegar

## 서 론

Xanthin oxidase(XO)는 superoxide anion radical과 같은 활성산소의 생성을 촉진하여 노화와 암 발생은 물론, xanthin 또는 hypoxanthine으로부터 urate를 형성하여 염증과 통풍(gout)을 유발하는 생물학적으로 중요한 효소이다(1). 보통 혈중 요산 농도가 높은 고요산혈증(hyperuricemia)의 상태는 통풍뿐 아니라 신부전증, 심부전증, 췌장염, 동맥경화증과 같은 염증성 질환의 전조 증세로 진단되고 있다(2). 따라서 xanthin oxidase의 활성을 저해하는 물질에 대한 탐색 및 표적 화합물에 관한 연구는 오래전부터 보고되어 왔다(3-5). Hayashi 등(6)은 식물계에 널리 존재하는 flavonoids류를 분리하고 xanthin oxidase 저해능을 관찰한 결과 hydroxy기의 위치에 따라 저해 효과가 다르다는 것을 보고하였다. 최근에 Lin 등(7)은 자가 제조 식초의 XO 저해 활성을 확인함과 동시에 관련 물질로써 Maillard 반응 중간물질인 5-hydroxymethyl-2-furfural(5-HMF)과 1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro- $\beta$ -carboline-3-carboxylic acid(MTCA)를 동정하여 폴리페놀 화합물이 아닌 물질에서도 XO 저해 활성 존재를 규명하였다. 현재 고요산혈증과 통풍을 치료하기 위해 유일하게 사용하는 allopurinol은 간과 신장 독성의 문제로(8) 논란이 제기되지만 아직 적절한

대체제는 없는 실정이다.

자연건강 식품에 대한 관심이 고조되는 오늘날, 천연 발효 식초는 조미식품의 범주를 넘어 기능성 음료의 일종으로 과일 주스와 함께 소비자의 선호도가 높은 건강식품의 분야로 주목을 받고 있다. 특히 이들 식품에 함유되어 있는 다양한 종류의 폴리페놀 화합물은 현대인의 산화적 스트레스로 인한 만성 대사성 질환의 발생과 역의 상관성이 입증됨으로써 가장 보편적으로 편리하게 활용할 수 있는 대표적인 기능성 식품으로 알려져 있다(9). 그러나 이들 식품의 생리활성 효과에 직간접적으로 작용하는 표적 화합물과의 인과관계는 아직도 많은 연구가 필요한 실정이다. 특히 가장 대표적인 관절염의 일종인 통풍대사와 관련된 XO의 저해 활성에 미치는 과일 주스와 식초음료에 대한 연구는 발견되지 않는다. 따라서 본 연구에서는 소비자의 건강적 측면에서 '천연 혹은 자연'을 강조하여 홍보하고 있는 몇 가지 시판 천연 과일 주스류와 발효 식초류를 임의로 선정하여 유기산 함량과 XO 저해 활성과의 관계를 평가하여 그 결과를 보고하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 과일 주스류는 천연의 과즙을 주성분으로 하는 사과 주스(브랜드 2개), 포도 주스(브랜드 3개), 오렌지 주스(브랜드 3개)와 자몽 주스(브랜드 2개)를 소재별로 선택하여 혼합한 다음 균질화한 시료를 실험에 사용하였

Received 20 July 2016; Accepted 21 September 2016

Corresponding author: Young-Hee Pyo, Department of Food and Nutrition, Sungshin Women's University, Seoul 01133, Korea  
E-mail: rosapyo@sungshin.ac.kr, Phone: +82-2-920-7588

**Table 1.** The major ingredients of commercial fruit juices and vinegars

	Samples	Major ingredients
Juices	Apple	Concentrated apple juice, water, apple puree, vitamin C
	Grape	Concentrated grape juice, water, flavor
	Orange	Concentrated orange juice, water
	Grapefruit	Concentrated grapefruit juice, grapefruit pulp, water
Vinegars	Persimmon	Concentrated persimmon juice, acetic acid, water
	Pomegranate	Pomegranate vinegar 48.9%, concentrated mixed fruit juice, water, oligosugar, vitamin B complex, citrate, maltodextrin
	Brown rice	Unpolished rice vinegar 48%, concentrated mixed fruit juice, water, fructo-oligosugar, polydextrose, vitamin E

다. 식초류 또한 천연 원료를 발효시킨 감식초(브랜드 3개), 홍초(브랜드 3개)와 흑초(브랜드 2개)를 소재별로 선택하여 고르게 혼합한 후에 균질화한 다음 시료로 각각 사용하였다. 각 제품의 주요 원재료명 및 함량은 Table 1과 같다. 또한, 시판되고 있는 일반 현미식초, 2배 현미식초, 그리고 3배 현미식초를 구입하여 아세트산 함량에 따른 XO 저해율을 비교하는 데 시료로 사용하였다. 이들 시판 과일 주스류와 식초류는 서울 시내의 대형마켓에서 구입하여 냉장고(2~4 °C)에 보관하면서 시료로 활용하였다.

#### 총폴리페놀 함량

시료의 총폴리페놀 함량은 Singleton 등(10)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 시료 25 µL에 증류수 1 mL, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 300 µL, Folin-Ciocalteu 시약(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 75 µL를 혼합하여 실온에서 1시간 동안 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도(DU-650, Beckman Coulter, Anaheim, CA, USA)를 측정하였다. 시료의 총폴리페놀 함량은 mg gallic acid equivalent(GAE)/100 mL로 나타내었다.

#### 플라보노이드 함량

시료 속에 함유된 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(11)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 시료 1 mL에 5% NaNO<sub>2</sub>를 20 µL 첨가하여 5분간 실온에서 반응시킨 후, 10% AlCl<sub>3</sub> 20 µL와 1 M NaOH 150 µL를 혼합하여 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다. 표준물질로 catechin(Sigma-Aldrich Co.)을 이용하여 검량선을 작성하였고 총 플라보노이드 함량은 mg catechin equivalent(CE)/100 mL로 나타내었다.

#### 유기산 함량

시료의 유기산 함량은 Sep-pak C18 카트리지로 모든 시료를 전처리하여 HPLC(Azura, Knauer, Germany)로 분리 정량하였다(12). 표준물질로 acetic acid, citric acid, malic acid, tartaric acid, ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다. 칼럼은 Luna<sup>TM</sup>(250 mm×4.6 mm, 5 µm, Phenomenex, Torrance, CA, USA)를 사용하였으며, 이동상

용매는 25 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>를 pH 2.5 조건으로 적용하였고 flow rate는 0.8 mL/min으로 하였다. Ascorbic acid와 나머지 유기산의 농도는 UV 검출기로 각각 254 nm와 210 nm에서 검출하여 정량하였다.

#### Xanthine oxidase 저해 활성

시판 과일 주스와 식초 시료의 xanthine oxidase 저해 활성은 Stirpe와 Della Corte(13)의 방법을 일부 변경하여 측정하였다. 각 시료액 100 µL에 125 mU의 xanthine oxidase(Sigma-Aldrich Co.) 200 µL 및 0.1 M phosphate buffer(pH 7.5) 600 µL를 가하여 37°C에서 10분간 반응시켰다. 여기에 0.1 mM과 1 mM xanthine(Sigma-Aldrich Co.) 200 µL를 각각 가하여 다시 20분간 반응시킨 후 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 반응액 중에 생성된 uric acid를 292 nm에서 흡광도를 측정하여 시료액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율(%)로 나타내어 xanthine oxidase(XO) 저해 활성으로 표시하였다.

#### 통계처리

실험 결과는 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences, ver 17, IBM, Chicago, IL, USA)를 사용하여 평균(mean)과 표준편차(standard deviation)를 산출하였으며, 실험군 간의 결과 비교 및 유의성 검정은 Student's *t*-test와 Duncan's multiple range test를 적용하여 *P*< 0.05 수준에서 유의성 여부를 검증하였다.

## 결과 및 고찰

#### 총 페놀 및 플라보노이드 함량

폴리페놀 화합물은 수산기를 가지는 방향성 화합물의 총칭으로 식물계에 널리 분포하는 2차 대사산물로써 수산기를 통한 수소공여와 페놀 구조의 공명안정화에 의해 항산화 활성을 나타내는 대표적인 천연의 기능성 성분이다(5). 시판 과일 주스와 식초류에 함유된 총 페놀과 플라보노이드 함량의 결과는 Table 2와 같다. 과일 주스류에서는 사과 주스의 총페놀 함량(mg GAE/100 mL)과 플라보노이드 함량(mg CE/100 mL)이 각각 157.6±7.1 mg과 85.8±3.4 mg으로 가

**Table 2.** Total polyphenol and flavonoid in commercial fruit juices and vinegars

Samples		Total polyphenol <sup>1)</sup>	Flavonoid <sup>2)</sup>
Juices	Apple	157.6±7.1 <sup>a</sup>	85.8±3.4 <sup>a</sup>
	Grape	136.2±6.4 <sup>b</sup>	55.3±2.6 <sup>b</sup>
	Orange	90.4±3.2 <sup>d</sup>	31.5±1.9 <sup>c</sup>
	Grapefruit	86.2±2.6 <sup>d</sup>	27.1±2.7 <sup>c</sup>
Vinegars	Persimmon	82.8±1.8 <sup>d</sup>	15.7±1.1 <sup>d</sup>
	Pomegranate	100.1±4.2 <sup>c</sup>	36.8±2.4 <sup>c</sup>
	Brown rice	106.3±6.7 <sup>c</sup>	37.2±3.3 <sup>c</sup>

The results are expressed as mean±SD (n=3). Means with different letters (a-d) in each column indicate significant differences between results (*P*<0.05).

<sup>1)</sup>Expressed as mg gallic acid equivalent (GAE) per 100 mL of juice.

<sup>2)</sup>Expressed as mg catechin equivalent (CE) per 100 mL of vinegar.

장 높았으며, 자몽 주스는 각각 86.2±2.6 mg과 27.1±2.7 mg으로 가장 적게 나타났다. 포도 주스도 136.2±6.4 mg과 55.3±2.6 mg으로 비교적 높은 함량을 나타냈으나, 오렌지 주스는 자몽 주스와 비슷한 농도로 평가되어 사과와 포도 주스가 감귤류 주스보다 폴리페놀 화합물의 함량이 높게 나타났다. 한편 시판 발효식초에 함유되어 있는 총 페놀 함량과 플라보노이드 함량은 현미 발효 식초인 흑초가 각각 106.3±6.7 mg과 37.2±3.3 mg으로 가장 높았으나 사과와 포도 주스보다 낮은 함량으로 비교되었다. 감식초의 경우 각각 82.8±1.8 mg과 15.7±1.1 mg으로 나타나 식초류에서는 가장 낮은 함량으로 나타났다. 전체적으로 과일 주스는 식초류보다 총 페놀과 플라보노이드 함량이 각각 21.9%와 68.5% 더 높게 함유된 것으로 평가되었다. 일반적으로 식초에 함유된 페놀화합물의 농도는 원료 과즙에서 유래된 함량의 차이 및 발효 제법에 따라 달라진다. Kim 등(14)은 시판 과일식초의 발효방법에 따른 총 페놀과 플라보노이드 함량은 다량의 농축과즙으로 알코올 발효와 초산발효를 할 때가 소량의 과즙으로 초산발효만 할 때보다 5배 이상 높았다고 보고한 바 있다.

**유기산 조성**

일반적으로 과일 주스에 함유된 유기산의 종류는 원료와 가공법에 따라 다르지만 식초의 유기산 종류와 함량은 원료

는 물론 미생물의 종류나 발효기법 등에 따라 변화되므로 발효공정이 매우 중요한 영향요인이라 할 수 있다(15,16). 시판 과일 주스와 천연발효 식초에 함유된 유기산 분석 결과는 Table 3과 같다. 과일 주스의 경우 총 5종의 유기산이 확인되었는데 오렌지와 자몽 주스에서는 citric acid가 776.1~782.9 mg/100 mL로 가장 높은 비율을 차지하였고, malic acid(173.4~355.6 mg)도 주요 유기산으로 확인되었으나 tartaric acid는 검출되지 않았다. 사과 주스와 포도 주스에서는 malic acid가 각각 361.5±8.2 mg과 216.1±6.4 mg으로 가장 높은 함량이었으나 citric acid의 함량은 미량으로 검출되었고, 특히 tartaric acid는 시료 중 유일하게 포도 주스에서만 65.6±3.9 mg/100 mL로 측정되었다. Malic acid는 네 가지 과일 주스 시료에 173.4~361.5 mg으로 나타나 citric acid와 함께 과일 주스에 존재하는 대표적인 유기산으로 확인되었다. 그러나 식초의 주성분인 acetic acid는 포도와 자몽 주스 이외에는 검출되지 않았다. 따라서 감귤류가 원료가 되는 오렌지 주스와 자몽 주스는 citric acid가 주요 유기산인 반면에 사과 주스와 포도 주스는 malic acid로 나타났다. 이 같은 결과는 포도 주스의 주요 유기산이 tartaric acid로 보고된(16) 내용과는 차이나는 것으로 원료의 품종이나 제조방식 등이 다르기 때문으로 추정해 볼 수 있다. 한편 시판 발효 식초에 함유된 주요 유기산은 당연히 acetic acid로 나타났으나 홍초의 경우 citric acid가 1,238.3±16.4 mg으로 측정되어 acetic acid의 688.3±9.2 mg보다 2배 정도 높은 함량으로 나타났다. 그러나 이 같은 결과는 Table 1에서와 같이 제조과정 중에 첨가된 구연산염 때문으로 드러났다. 감식초의 경우 일반 과실 식초의 acetic acid의 함량보다 매우 높은 농도인 4,413.7±13.1 mg으로 나타났지만 역시 주성분의 정보에서(Table 1) 아세트산이 첨가되었기 때문으로 확인되었으며, 그 밖에 tartaric acid가 미량(88.7 mg/100 mL) 함유된 것으로 나타났다. 흑초로 판매되는 현미 발효식초는 acetic(813.9±10.4 mg), citric(744.3±10.6 mg), malic acid(616.5±10.8 mg)가 골고루 비슷한 농도로 함유되었으며, tartaric acid는 36.2±4.6 mg 검출되었다. 한편 ascorbic acid의 경우 식초류에서는 검출되지 않았지만 과일 주스에서 8.4~64.7 mg/100 mL의 농도로 측정되었으며 제조과정 중에 비타민 C가 첨가된 사과 식초의 농도가 가장 높게 나타났다. Malic acid의 경우

**Table 3.** Organic acids in commercial fruit juices and vinegars (mg/100 mL)

Samples		Acetic acid	Citric acid	Malic acid	Tartaric acid	Ascorbic acid
Juices	Apple	ND	95.6±3.2 <sup>c</sup>	361.5±8.2 <sup>b</sup>	ND	64.7±2.4 <sup>a</sup>
	Grape	50.2±5.6 <sup>c</sup>	16.8±1.4 <sup>d</sup>	216.1±6.4 <sup>c</sup>	65.6±3.9 <sup>b</sup>	8.4±0.3 <sup>c</sup>
	Orange	ND	776.1±11.3 <sup>b</sup>	173.4±2.1 <sup>c</sup>	ND	26.1±1.8 <sup>b</sup>
	Grapefruit	9.7±0.8 <sup>d</sup>	782.9±12.1 <sup>b</sup>	355.6±3.5 <sup>b</sup>	ND	31.9±2.6 <sup>b</sup>
Vinegars	Persimmon	4,413.7±13.1 <sup>a</sup>	ND	ND	88.7±4.2 <sup>a</sup>	ND
	Pomegranate	688.3±9.2 <sup>b</sup>	1,238.3±16.4 <sup>a</sup>	ND	19.2±2.4 <sup>c</sup>	ND
	Brown rice	813.9±10.4 <sup>b</sup>	744.3±10.6 <sup>b</sup>	616.5±10.8 <sup>a</sup>	36.2±4.6 <sup>c</sup>	ND

The results are expressed as mean±SD (n=3). ND: not detected. Means with different letters (a-d) in each column indicate significant differences between results (*P*<0.05).

식초발효 공정 중 보통 알코올 발효가 진행할수록 malolactic 발효를 통해 lactic acid로 전환되어 그 함량이 미량이거나 검출되지 않는 것으로 보고되어 왔다(15). 이 같은 결과는 tartaric acid와 malic acid의 경우 10종의 쌀 식초 중 3종에서만 분석되었고 citric acid의 경우 10종의 시료 중 1종에서만 분석되었다는 Chung 등(17)의 결과와 유사한 경향으로 식초의 유기산 종류와 함량은 제품에 따라 차이가 있으며, 이는 사용하는 발효 미생물의 종류 및 발효방법에 따른 결과로 이해할 수 있다.

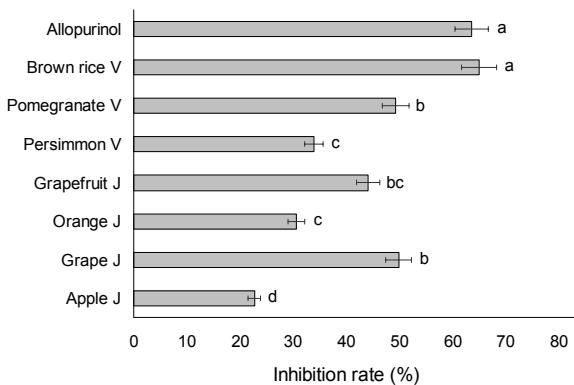
**Xanthine oxidase 저해 활성**

시판 과일주스와 발효식초에 함유된 xanthine oxidase 저해 활성을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 천연물 시료에 함유된 XO 저해물질 대부분은 약초나 향신채 등에 함유된 총 페놀 함량과 플라보노이드 물질이 그 원인 물질로 보고되어 왔다(3-5). 특히 차류에 함유된 플라보노이드 화합물 중에서 gallolyl기를 함유한 flavonoid 화합물과 polyphenol 화합물이 xanthine oxidase를 경쟁적으로 저해한다는 연구가 보고된 바 있다(18). 그러나 본 연구에서 측정된 과일주스류와 식초류의 총 페놀과 플라보노이드 함량은 XO 저해 활성과의 상관성 평가에서 각각  $R^2=0.078$ 과  $R^2=0.081$ 로 나타나 시료에 함유된 이들 성분이 XO 저해 활성에 그다지 큰 관련이 없는 것으로 나타났다. Fig. 1에서와 같이 XO 저해 활성의 결과는 포도 주스가 과일 주스 중에서 가장 높은 49.8%를 나타냈지만 사과 주스는 22.7%로 가장 낮은 저해율을 나타내었다. 자몽 주스의 XO 저해율은 44.1%, 오렌지 주스는 30.6%로 나타나 과일 주스의 XO 저해율의 순서는 포도 > 자몽 > 오렌지 > 사과 주스의 순으로 나타났다. 식초에서는 현미식초인 흑초가 가장 높은 저해율인 64.9%로 나타났으며 홍초의 49.3%에 이어 감 식초가 33.8%로 가장 낮게 측정되었다. 그러나 이들 시료의 XO에 대한 전체적인 평균 저해 활성은 과일 주스류에 비해 유기산 함량이 높은 식초류의 저해 활성이 34.2% 더 높은 것으로 비교되었

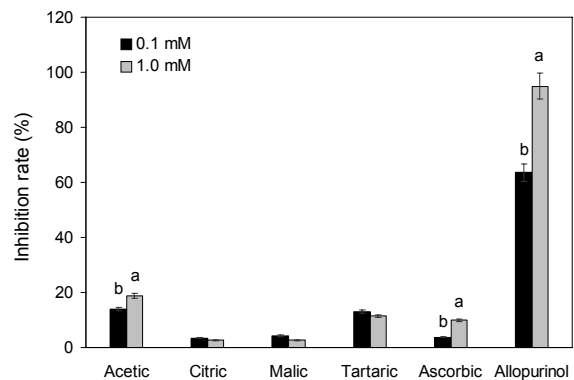
다. 특히 흑초의 64.9%의 저해율은 XO 저해제이면서 통풍 치료제인 0.1 mM의 allopurionol의 저해율(63.5%)과 비슷한 수준으로 평가되어 현미발효 식초가 잠재적인 XO 저해 활성제로 나타났다. 이 같은 결과는 XO 저해 활성과 관련된 대부분 지표물질이 총 페놀이나 플라보노이드 성분으로 보고된 기존의 연구 결과와(3-5,18) 일치하지는 않지만, 일찍이 통풍질환의 민간요법의 치료제로 천연 발효 식초를 사용하였다는 중국의 사례에 비추어 보면 본 실험의 결과는 어느 정도 그 맥락이 상통할 수 있다. 그러나 식초류에 함유된 유기산의 종류 및 농도에 따른 XO 저해 활성과의 상관성 연구는 쉽게 발견되지 않는다. 따라서 본 연구에서는 각 식초 시료에 함유된 유기산의 농도와 XO 저해율과의 상관계수는 물론 표준물질로 사용된 각 유기산의 농도에 따른 XO 저해율 등을 평가하여 그 결과를 비교하였다.

**Xanthin oxidase 저해 활성과 유기산 함량과의 상관관계**

시판 발효 식초류에 함유된 유기산의 농도와 XO 저해 활성과의 상관계수는  $R^2=0.6594$ 로 나타났으며, 각 유기산의 XO 저해율을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 네 종류의 유기산 중 acetic acid의 저해율이 가장 높게 나타났으며 tartaric > ascorbic > malic > citric acid의 순서대로 XO 저해율이 평가되었다. 그러나 동일 농도(0.1 mM)에서 측정한 allopurionol(63.5%)에 비하면 이들 유기산의 저해율은 3.5~13.9%로 미미하여 유기산 단독의 활성은 그다지 크지 않음을 알 수 있다. 특히 ascorbic acid의 XO 저해율이 90% 이상으로 매우 높게 보고된(14) 기존의 결과와는 달리 본 연구에서는 acetic acid의 활성보다 오히려 낮게 나타났다. 이 같은 결과는 측정에 사용된 ascorbic acid의 농도가 각기 다르기 때문으로, 본 연구에서는 그들이 사용한 농도의 1/10 수준의 낮은 농도를 사용하였기 때문이다. 시판 식초류에 함유된 각 유기산의 농도와 XO 저해 활성과의 상관관계 지수는 Table 4와 같이 나타났다. Acetic acid의 함량과 시료의 XO 저해 활성 간의 상관도는  $R^2=0.7192$ 로 가장 높은 상관계수



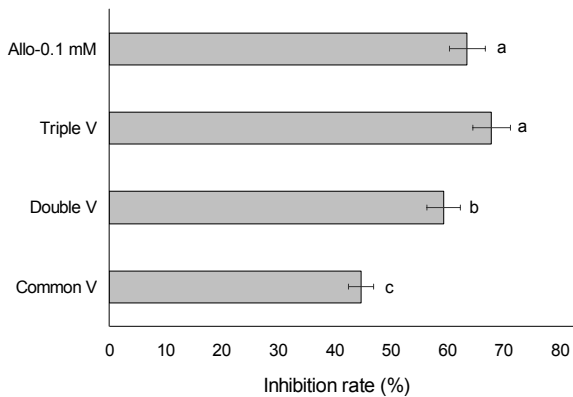
**Fig. 1.** Xanthine oxidase inhibitory activity in commercial fruit juices and vinegars. The results are expressed as mean±SD (n=3). Means with the different letters by the bars are significantly different ( $P<0.05$ ) by Duncan's multiple range tests.



**Fig. 2.** Xanthine oxidase inhibitory activity of organic acids and allopurionol. The results are expressed as mean±SD (n=3). Means with the different letters above the bars are significantly different ( $P<0.05$ ) by Student's *t*-test.

**Table 4.** Linear regression of the organic acids and % xanthine oxidase inhibition rate in commercial fruit juices and vinegars

Organic acids	y=ax+b		R <sup>2</sup>
	a	b	
Acetic acid (n=5)	-115.3	7663.6	0.7192
Citric acid (n=6)	10.055	171.03	0.1055
Malic acid (n=5)	6.2962	77.428	0.3609
Tartaric acid (n=4)	-1.6686	134.99	0.4715
Ascorbic acid (n=4)	0.5403	53.134	0.6962



**Fig. 3.** Comparison of xanthine oxidase inhibitory activity of commercial unpolished rice vinegars by their acidity levels. The results are expressed as mean±SD (n=3). Means with the different letters by the bars are significantly different ( $P < 0.05$ ) by Duncan's multiple range tests.

를 나타내어 식초 중의 acetic acid 함량은 *in vitro* 실험에서 XO 저해 활성에 정의 관계가 성립함을 알 수 있다. Ascorbic acid( $R^2=0.6962$ ) 역시 비교적 높은 상관성이 확인되었으며 tartaric acid와 malic acid도 미약하나마 시료의 XO 저해 활성에 정의 상관성을 보여 식초 중의 유기산 성분들이 XO 저해 활성과 대부분 관계되는 것으로 나타났다. 실제로 시중에서 판매하는 일반 현미 식초(acetic acid 함량, 6~7%)와 2배 현미식초(13~14%), 3배 현미식초(18~19%)를 시료로 하여 XO 저해 활성을 평가한 결과, acetic acid의 농도가 증가함에 따라 저해 활성도 증가하여 XO 저해 활성이 acetic acid 농도에 의존적이었다(Fig. 3). 흥미롭게도 3배 현미식초의 67.8%의 저해율은 비록 통계적 유의차는 없지만( $P > 0.05$ ), 0.1 mM allopurinol의 63.5%의 저해율보다 높게 산출되어 식초에 함유된 acetic acid가 *in vitro*에서 xanthine oxidase의 저해 활성에 뚜렷한 영향을 미치는 것으로 나타났다. Acetic acid의 주요 생리적 활성은 콜레스테롤과 지방산 합성의 중추적 물질인 acetyl-CoA와 HMG-CoA의 양을 감소시켜 간에서의 콜레스테롤과 지방산 합성을 줄임과 동시에 지방산 분해를 증가시켜 지질대사로 인한 대사성 질환을 개선하는 것으로 보고되었다(19,20). 따라서 지금까지 발표된 식초의 치료적 효능의 주된 범위는 항산화능과 함께 고혈압, 2형 당뇨, 고지혈증, 비만 등과 같은 대사성 질환의 증세를 완화하거나 개선하는 것이 대부분이다

(19-21). Samad 등(9)은 최근에 나쁜 생활습관으로 인해 야기될 수 있는 대사성 질환을 예방하기 위한 가장 좋은 방법은 하루에 15 mL(acetic acid 750 mg)의 식초를 매일 마시는 것이라 하여 식초의 치료적 효능을 시사한 바 있다. 그러나 통풍 등과 같은 관절염 등의 염증성 질환과 식초와의 생리적 기전은 아직 분명하지 않다. 현재 식초에 함유된 acetic acid의 표준 농도의 세계적 기준은 명확하지 않지만 FDA가 규정하는 식초의 정의는 100 mL 중에 최소한 acetic acid 4 g이 함유되어야 한다(22)고 명시하였다. 따라서 식초의 아세트산이 *in vivo* xanthine oxidase 저해 활성 기전으로 urate 생성을 억제하는지의 여부는 향후 추가적인 연구를 통해 밝혀져야 한다.

### 요 약

시판 과일 주스와 발효식초의 총 페놀 함량, 플라보노이드 함량, 유기산 함량, 그리고 xanthine oxidase(XO) 저해 활성을 비교하였다. 과일 주스와 식초에 함유된 총 페놀(mg gallic acid equivalent/100 mL)과 플라보노이드(mg catechin equivalent/100 mL) 함량은 각각 82.8~157.6 mg과 15.7~85.8 mg으로 측정되었다. 주스류에서는 사과 주스, 식초류에서는 흑초가 각각 가장 높은 총 페놀 함량과 플라보노이드를 함유하였다. 유기산의 함량 중 citric acid, malic acid, ascorbic acid는 주로 과일 주스에서 검출되었다. Acetic acid가 주성분인(688.3~4,413.7 mg/100 mL) 식초류 중에서 흑초는 acetic acid뿐 아니라 citric acid, malic acid, tartaric acid를 함유하여 유기산의 분포가 가장 다양하였다. XO 저해 활성은 과일 주스보다 식초가 평균 34.2% 더 높게 측정되었으며, 흑초는 64.9%로 가장 높은 저해 활성을 나타내었다. 특히 유기산의 종류 중에서 아세트산의 함량과 XO 저해 활성 간에 높은 정의 상관성이 존재하여( $R^2=0.7192$ ) 식초류의 XO 저해 활성의 주요 지표물질로 나타났다.

### 감사의 글

본 연구는 성신여자대학교 학술연구구성비 지원에 의하여 연구되었으므로 감사드립니다.

### REFERENCES

1. Richette P, Bardin T. 2010. Gout. *Lancet* 375: 318-328.
2. Hayden MR, Tyagi SC. 2004. Uric acid: A new look at an old risk marker for cardiovascular disease, metabolic syndrome, and type 2 diabetes mellitus: The urate redox shuttle. *Nutr Metab* 1: 10-25.
3. Kong LD, Cai Y, Huang WW, Cheng CH, Tan RX. 2000. Inhibition of xanthine oxidase by some Chinese medicinal plants used to treat gout. *J Ethnopharmacol* 73: 199-207.
4. Nguyen MT, Awale S, Tezuka Y, Tran QL, Watanabe H, Kadota S. 2004. Xanthine oxidase inhibitory activity of Vietnamese medicinal plants. *Biol Pharm Bull* 27: 1414-1421.

5. Pauff JM, Hille R. 2009. Inhibition studies of bovine xanthine oxidase by luteolin, silibinin, quercetin, and curcumin. *J Nat Prod* 72: 725-731.
6. Hayashi T, Sawa K, Kawasaki M, Arisawa M, Shimizu M, Morita N. 1988. Inhibition of cow's milk xanthine oxidase by flavonoids. *J Nat Prod* 51: 345-351.
7. Lin SM, Wu JY, Su C, Ferng S, Lo CY, Chiou RY. 2012. Identification and mode of action of 5-hydroxymethyl-2-furfural (5-HMF) and 1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro- $\beta$ -carboline-3-carboxylic acid (MTCA) as potent xanthine oxidase inhibitors in vinegars. *J Agric Food Chem* 60: 9856-9862.
8. Pacher P, Nivorozhkin A, Szabó C. 2006. Therapeutic effects of xanthine oxidase inhibitors: renaissance half a century after the discovery of allopurinol. *Pharmacol Rev* 58: 87-114.
9. Samad A, Azlan A, Ismail A. 2016. Therapeutic effects of vinegar. *Current Opinion Food Sci* 8: 56-61.
10. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol* 299: 152-178.
11. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
12. Scherer R, Rybka ACP, Ballus CA, Meinhart AD, Filho JT, Godoy HT. 2012. Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices. *Food Chem* 135: 150-154.
13. Stirpe F, Della Corte E. 1969. The regulation of rat liver xanthine oxidase. Conversion *in vitro* of the enzyme activity from dehydrogenase (type D) to oxidase (type O). *J Biol Chem* 244: 3855-3861.
14. Kim KO, Kim SM, Kim SM, Kim DY, Jo D, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. 2013. Physicochemical properties of commercial fruit vinegars with different fermentation methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 736-742.
15. Lourdes Morales M, Gustavo Gonzalez A, Troncoso AM. 1998. Ion-exclusion chromatographic determination of organic acids in vinegars. *J Chromatogr A* 822: 45-51.
16. Mato I, Suárez-Luque S, Huidobro JF. 2005. A review of the analytical methods to determine organic acids in grape juices and wines. *Food Res Int* 38: 1175-1188.
17. Chung N, Jo Y, Gao Y, Gu SY, Jeong YJ, Kwon JH. 2015. Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities of naturally fermented commercial rice vinegars produced in Korea, China, and Japan. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1799-1805.
18. Yeo SG, Park YB, Kim IS, Kim SB, Park YH. 1995. Inhibition of xanthine oxidase by tea extracts from green tea, oolong tea and black tea. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 154-159.
19. Johnston CS, Quagliano S, White S. 2013. Vinegar ingestion at mealtime reduced fasting blood glucose concentrations in healthy adults at risk for type 2 diabetes. *J Funct Foods* 5: 2007-2011.
20. Petsiou EI, Mitrou PI, Raptis SA, Dimitriadis GD. 2014. Effect and mechanisms of action of vinegar on glucose metabolism, lipid profile, and body weight. *Nutr Rev* 72: 651-661.
21. Budak NH, Aykin E, Seydim AC, Greene AK, Guzel-Seydim ZB. 2014. Functional properties of vinegar. *J Food Sci* 79: R757-R764.
22. US Food and Drug Administration. [www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074471.htm](http://www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074471.htm) (accessed Mar 2015).