

시판 사과식초의 산도에 따른 품질특성 비교

조덕조 · 박은주 · 김귀란 · 여수환¹ · 정용진² · 권중호*
경북대학교 식품공학과, ¹농촌진흥청 발효이용과, ²계명대학교 식품가공학과

Quality Comparison of Commercial Cider Vinegars by Their Acidity Levels

Deokjo Jo, Eun-Joo Park, Gui-Ran Kim, Soo-Hwan Yeo¹, Yong-Jin Jeong², and Joong-Ho Kwon*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

¹Fermentation and Food Processing Division, Department of Agrofood Resources, NASS, RDA

²Department and Food Science and Technology, Keimyung University

Abstract The quality of commercial cider vinegars was compared according to their acidity levels (low, general, double strength and triple strength). The pH, reducing sugar content and brown color intensity decreased, while the total acidity increased with the increasing acidity levels, which may be resulted from difference in formulation and manufacturing procedures. The free sugars were mainly composed of fructose and glucose, which were the highest in low acidity vinegar, followed by double strength, general, and triple strength acidity vinegars. Acetic acids and malic acids were identified as the major organic acids. The citric acid concentration was the highest in triple strength vinegars. The contents of total phenolics and flavonoids were the highest in low acidity vinegars, which indicated their dependence on the apple juice content. DPPH and ABTS radical scavenging abilities were the highest in low acidity vinegars, that showed high amounts of antioxidants.

Keywords: commercial cider vinegar, organic acid, free sugar, total phenolic, antioxidant activity

서 론

식초는 탄수화물이 풍부한 재료의 알코올발효와 초산발효를 통해 얻어지는 초산이 풍부한 신맛의 조미료이다. 식품공전(1)에 따르면 식초는 크게 발효식초, 합성식초, 기타식초로 구분되는데, 이 중 발효식초는 과실, 곡물술덧(주요), 과실주, 과실착즙액, 곡물주, 곡물당화액, 주정 또는 당류 등을 원료로 하여 초산발효한 액 및 이에 과실착즙액 또는 곡물당화액을 혼합 숙성한 것이고, 합성식초는 빙초산 또는 초산을 물로 희석하여 만든 것이다. 한편, FDA(2)에서는 식초를 사과과즙으로 만든 cider vinegar, 포도과즙으로 만든 wine vinegar, 보리 맥아로 만든 malt vinegar, 설탕 시럽으로 만든 sugar vinegar, 포도당으로 만든 glucose vinegar 외 총 8종으로 분류하고 있다. 국내 식초의 용도별 생산비율은 조미용 식초가 60%, 음료용 식초가 40%를 차지하고 있고 종류별 생산비율은 사과식초 39%, 현미식초 14%, 기타 6% 정도로 형성되어 있어 우리나라에서는 사과식초가 높은 시장점유율(3)을 나타내는 반면, 외국에서는 시판 식초의 대부분이 포도를 발효시킨 와인식초가 주종을 이루고 있다(4).

조미용 식초는 산도에 따라 총산도 4-5%의 저산도, 6-7%의 일반산도, 13-14%의 2배 산도, 18-19%의 3배 산도로 나눌 수 있고, 사과식초의 경우 1984년에 소개되어 2배 식초(1993년), 3배 식초(1998년), 저산도 식초(2010년)의 순으로 출시되어 현재 시판 중 이다(4). 저산도 식초는 산도가 낮고 신맛이 부드럽고 음식 고유의 맛과 풍미를 살려주는 특징을 지니고 있다. 고산도 식초는 초발산도를 7-10%, 알코올을 5%로 조정하고 당류와 영양원을 혼합하여 발효를 실시한 후 원하는 산도에 도달하고 알코올 함량이 0%에 근접했을 때 초산발효액의 일부를 배출하고 당류와 영양원을 함유한 새로운 배지를 보충하여 다음 단계의 발효를 이어나가는 반연속적 방식으로 이루어진다. 이와 같이 제조된 2배 및 3배 산도의 고산도 식초는 이미·이취의 개선 및 식초를 대량으로 사용하는 공장이나 요식업소에서 운송비와 저장 공간의 절감 등 실제적인 이점을 가지고 있다(4).

시판 식초와 관련된 연구에는 정치배양 및 시판 현미식초의 품질 비교(5), 시판 정치배양 현미식초의 아미노산 및 향기성분 특성 분석(6), 시판 과실식초의 이화학적 품질 및 향기성분 비교(7), 시판 현미식초의 주정첨가 유무에 따른 특성 비교(8,9), 국내 시판 식초의 항산화 활성(10), 2단계 발효 사과식초와 시판 사과식초의 품질 비교(11), 식초의 종류별 미량성분과 관능적 특성 비교(12) 등이 있으나, 시판 식초의 산도에 따른 품질특성에 관한 연구는 미흡하고, 특히 과일을 이용한 고산도 식초의 품질 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 고산도 식초 개발을 위한 기초자료 확보의 일환으로 산도에 따른 시판 사과식초의 품질특성을 비교 평가하였다.

*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Tel: 82-53-950-5775

Fax: 82-53-950-6772

E-mail: jhkwon@knu.ac.kr

Received September 17, 2012; revised October 11, 2012;

accepted October 11, 2012

Table 1. The major ingredients of commercial cider vinegars used in the experiment

Acidity level	Major ingredients
Low	Concentrated apple juice 13.92%, fine water, alcohol
Moderate	Concentrated apple juice 5.03%, fine water, alcohol
Double strength	Concentrated apple juice 5.03%, fine water, alcohol
Triple strength	Concentrated apple juice 5.03%, fine water, alcohol, citrate

재료 및 방법

재료

본 실험에서는 시중에서 판매되는 사과식초를 저산도, 일반산도, 2배 산도 및 3배 산도로 구분하여 대형 마트에서 구입한 후 실험에 사용하였다. 식초의 재료로 농축 사과과즙, 정제수, 주정, 발효 영양원 등이 표기되어 있었고, 3배 식초의 경우 결정구연산이 함유되어 있었다(Table 1).

pH, 총산 함량, 당도 및 환원당 함량 측정

시료의 pH는 pH meter(Orion 3 star, Thermo Electron Co., Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였고, 총산 함량은 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.35까지 적정하여 초산 함량(%)으로 나타내었으며, 당도는 굴절당도계(Master-M, Atago, Japan)를 사용하여 °Bx로 표기하였다. 환원당 함량은 Nelson-Somogyi 변법(13)에 의해 시료 0.5 mL에 arsenomolybdate 시약 0.5 mL를 가하여 20 min 가열한 후 A 시약 0.5 mL와 증류수 5 mL를 가하여 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 520 nm에서 측정하였고, 표준곡선 작성에는 glucose를 사용하였다.

갈색도 및 기계적 색도 측정

시료의 갈색도는 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 측정하였고, 기계적 색도는 색차계(CM-3600d, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 L(명도), a(적색도) 및 b(황색도) 값을 측정하였으며 증류수(L=100, a=0.00, b=0.00)를 대조구로 하여 ΔE(전반적 색차) 값을 구하였다.

유리당 및 유기산 분석

시료의 유리당 및 유기산 분석을 위해 Sep-pack C₁₈ cartridge로 색소 및 단백질 성분을 제거하고 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC(Agilent 1260, Agilent Technol., Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 유리당은 uBondapak NH₂ SS column (3.9×300 mm, Waters Co., Milford, MA, USA) 및 RI detector를 사용하여 이동상 80% acetonitrile, 유속 1.0 mL/min의 조건으로 분석하였다. 유기산은 Aminex HPX-87H(7.5×300 mm, Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA) 및 UV detector(214 nm)를 사용하여 이동상 5 mM sulfuric acid, 유속 0.6 mL/min의 조건으로 분석하였다. 모든 표준물질은 Sigma 제품으로 사용하였다.

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 측정

시료의 총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(14)에 의해, 시료 0.2 mL에 증류수 1.8 mL를 첨가하고 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 혼합하여 6 min 동안 정지한 후, 7% Na₂CO₃ 2 mL를 혼합하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 gallic acid 용액으로 작성하였고, 시료의 총 페놀 함량은 100 mL

중의 mg gallic acid equivalents(GAE)로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(15)과 Zou 등(16)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.5 mL에 증류수 2 mL를 첨가하고 5% NaNO₂ 0.15 mL를 첨가하여 5분간 반응하고, 10% NaOH 1 mL를 첨가하여 1 분간 반응하고, 다시 1 N NaOH를 1 mL 첨가한 후 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선 작성에는 catechin을 사용하였고, 시료의 총 플라보노이드 함량은 mg catechin equivalents(CE)/100 mL로 나타내었다.

항산화성 측정

시료의 항산화성은 α,α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH) radical 소거능(17) 및 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거능(18)으로 측정하였다. DPPH radical 소거능은 시료 1 mL에 517 nm에서 흡광도를 1.00±0.02으로 조정된 DPPH 용액 5 mL를 혼합하고 30초 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다. ABTS cation radical 소거능 측정을 위해 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 혼합 및 암소 방지하여 ABTS 양이온을 충분히 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값을 0.70±0.02로 조정하였다. 시료 0.2 mL에 희석된 ABTS 용액 4 mL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 5분 후에 측정하였고, 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

pH, 총산 함량, 당도 및 환원당 함량 비교

시판 사과식초의 pH, 총산 함량, 당도 및 환원당 함량을 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 식초의 pH는 2.16-2.76 범위를 나타내어 산도의 증가에 따라 pH가 감소하였고, 총산 함량은 4.59-18.43%를 나타내어 산도의 증가에 따라 증가하였다. 식초의 제조에서 초산균의 작용으로 생성되는 초산은 총산 함량을 좌우하는 품질 판정의 지표가 되는데(19), 시료의 총산 함량은 제품에 표기된 함량 수준이었고, 식품공전에서 규격(1) 및 산도의 구분에 따른 기준(4)에도 적합하였다. 식초의 당 함량은 6.00-10.40 °Bx로 확인되어 산도에 따른 일정한 경향을 나타내지 않았으나, 환원당 함량은 저산도 식초에서 6878.57 mg%, 일반산도 식초에서 2536.98 mg%, 고산도 식초에서 15.24-32.86 mg%를 나타내어 산도의 증가에 따라 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 굴절당도계의 °Bx는 수용액 중에 함유된 당, 염류, 단백질, 산 등 가용성 고형분의 % 농도를 의미하고, 환원당은 화학구조 내 환원말단을 가진 포도당, 맥아당 등을 의미하므로, 굴절당도계를 이용한 당도는 시료의 환원당 함량과 일치하지 않았다. 한편 제품에 표기된 원료 중 농축 사과과즙의 양은 5-14%로 시료에 따라 차이를 나타내었고, 또한 고산도 식초는 일정 산도에 도달했을 때 발효액의 일부를 배출하고 새로운 배지로 보충하여 다음 단계의 발효를 시작하는 방식으로 이뤄지므로(4), 이와 같은 제조과정의 차이가 최종 제품의 환원당 함량에 영향을 미친 것으로 사료되었다.

갈색도 및 기계적 색도 비교

시판 사과식초의 갈색도는 저산도 식초의 경우 0.77로 갈색의 정도가 비교적 진하게 나타났으나 일반산도 및 고산도 식초의 경우 0.07-0.11의 범위를 나타내었다(Table 3). 저산도 식초의 기계적 색도는 일반산도 및 고산도 식초에 비해 명도는 낮게, 황색도는 높게 측정되었고 그 결과 증류수와 비교한 전반적 색차 값이

Table 2. Comparison of pH, total acidity, sugar content and reducing sugar content of commercial cider vinegars by their acidity levels

Acidity level	Physicochemical properties			
	pH	Total acidity (%)	Sugar content (°Bx)	Reducing sugar content (mg%)
Low	2.76±0.01 ¹⁾	4.59±0.02	9.00±0.01	6878.57±50.19
Moderate	2.49±0.01	6.61±0.04	6.00±0.02	2563.98±36.04
Double strength	2.35±0.01	13.41±0.16	10.40±0.05	32.86±0.93
Triple strength	2.16±0.02	18.43±0.20	10.40±0.04	15.24±0.28

¹⁾Mean±SD (n=3)

Table 3. Comparison of brown color intensity and Hunter's color value of commercial cider vinegars by their acidity levels

Acidity level	Brown color intensity (O.D. at 420 nm)	Hunter's color value ¹⁾			
		L	a	b	ΔE
Low	0.77±0.04 ²⁾	90.41±0.05	-0.78±0.01	28.46±0.02	30.04±0.01
Moderate	0.07±0.02	98.73±0.02	-0.79±0.01	5.64±0.00	5.84±0.01
Double strength	0.10±0.01	98.56±0.04	-1.56±0.02	7.71±0.01	8.00±0.01
Triple strength	0.11±0.01	99.01±0.01	-2.21±0.01	7.80±0.01	8.17±0.01

¹⁾L: Degree of lightness (white +100 ↔ 0 black)

a: Degree of redness (red +100 ↔ 0 ↔ -80 green)

b: Degree of yellowness (yellow +70 ↔ 0 ↔ -80 blue)

ΔE: Overall color difference ($\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$)

²⁾Mean±SD (n=5)

Table 4. Comparison of free sugar contents of commercial cider vinegars by their acidity levels

(unit: mg%)

Free sugar	Acidity level			
	Low	Moderate	Double strength	Triple strength
Fructose	4,165.29±87.40 ¹⁾	1,826.72±63.06	2,432.37±51.90	897.80±12.84
Glucose	2,960.13±60.16	1,184.03±55.14	1,706.05±36.98	683.10±78.98
Sucrose	31.37±2.99	135.85±12.50	65.51±9.37	ND ²⁾
Maltose	35.90±0.06	ND	ND	ND
Total	7,192.69	3,146.60	4,203.93	1,580.90

¹⁾Mean±SD (n=3)

²⁾Not detected

30.04로 확인되어 일반산도 및 고산도 식초에 비해 높게 나타났다(Table 3). 이와 같은 저산도 사과식초의 갈색도 및 기계적 색도의 차이는 과즙 첨가량의 비율 및 발효 과정의 차이로 추측되었다. 한편 Kim 등(7)은 시판 사과식초의 품질 분석에서 갈색도는 0.02-0.32, 전반적 색차는 4.21-23.32라고 보고하여 본 연구와 비교적 유사한 결과를 나타내었다.

유리당 및 유기산 함량 비교

시판 사과식초의 유리당은 Table 4와 같이 대부분 fructose와 glucose로 구성되어 있었다. 산도에 관계없이 fructose의 함량이 897.80-4165.29 mg% 범위로 가장 높게 나타났고, glucose의 함량이 683.10-2960.13 mg% 범위로 그 뒤를 이었다. 이당류인 sucrose는 저산도(31.37 mg%), 일반산도(135.85 mg%) 및 2배 산도(65.51 mg%) 식초에서 각각 확인되었고, maltose는 저산도 식초에서 미량 확인되었다. Moon 등(12)은 시판 사과식초에서 fructose가 가장 많이 확인된다고 보고하였으나, Kim 등(7)은 시판 사과식초에서 glucose, fructose, maltose의 순으로 나타난다고 보고하여, 원료 및 제조방법에 따라 유리당 함량에 대한 결과가 다소 상이한 것으로 확인되었다. 총 유리당 함량은 저산도(7192.69 mg%), 2배 산도(4203.93 mg%), 일반산도(3146.60 mg%), 3배 산도(1580.90

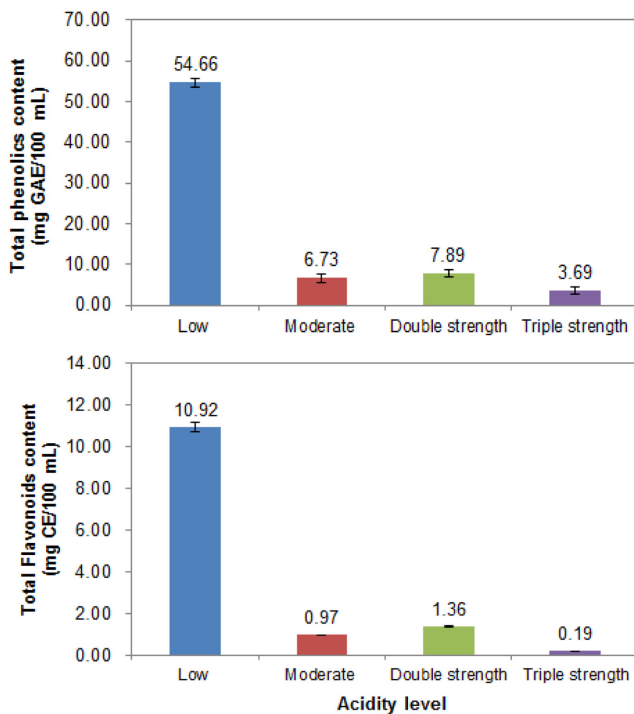
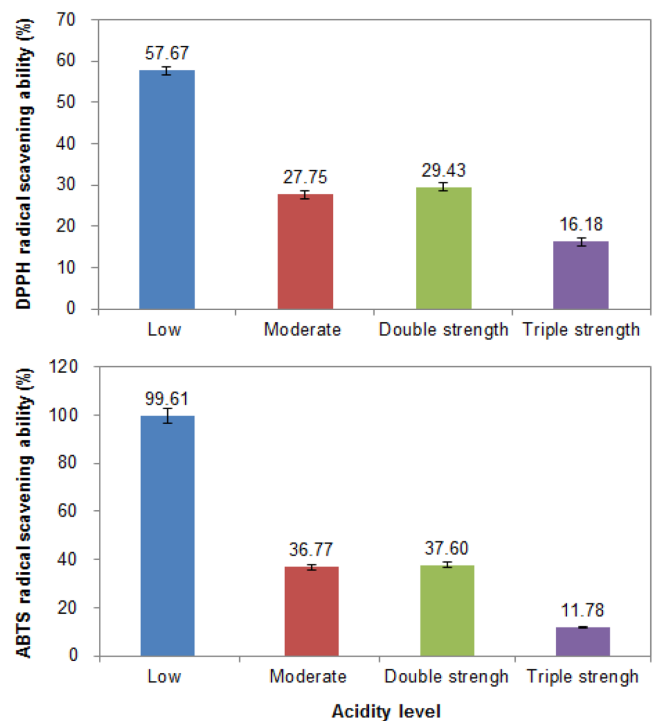
mg%) 식초의 순으로 확인되어 산도와는 상관성이 없는 것으로 확인되었다. 한편 저산도 및 일반산도 시료의 유리당 함량은 Table 2의 환원당 함량과 큰 차이를 보이지 않았으나, 고산도 식초의 경우 유리당 함량이 환원당 함량에 비해 비교적 높은 값을 나타내었고, 이는 식초의 제조과정에서 담금 초기에 사용되는 원료의 차이에 따른 것으로 추정되었다.

시판 사과식초의 유기산 함량은 Table 5와 같다. 식초의 품질 지표가 되는 acetic acid 함량이 가장 높게 나타나 유기산의 주성분으로 확인되었고, 사과의 대표적인 유기산인 malic acid 역시 모든 식초에서 확인되었다. Moon 등(12)은 사과 자체에 존재하는 유기산 중 malic acid 함량이 97%라고 보고하여 식초에서의 이와 같은 함량은 원료인 사과과즙에서 이행된 것으로 판단되었다. 한편 원료 중 과즙의 함량이 가장 높은 저산도 식초에서는 oxalic acid, citric acid, tartaric acid, succinic acid 등이 확인되었으나, 과즙의 함량이 비교적 낮은 나머지 식초에서는 이들의 함량이 아주 낮거나 거의 확인되지 않았다. 원료 중 구연산이 사용된 3배 산도 식초의 경우 citric acid 함량이 607.50 mg%로 가장 높게 확인되었다. 전체 유기산 함량은 3786.02-14007.17 mg% 범위로 산도에 비례하여 증가하는 경향을 나타내었고, 이는 Table 2의 총산도 경향과 일치하였다. 전체 유기산에 대한 acetic acid

Table 5. Comparison of organic acids contents of commercial cider vinegars by their acidity levels

(unit: mg%)

Organic acid	Acidity level			
	Low	Moderate	Double strength	Triple strength
Oxalic acid	10.06±0.23 ¹⁾	ND ²⁾	ND	ND
Citric acid	123.89±3.48	ND	ND	607.50±2.45
Tartaric acid	2.48±2.33	ND	ND	ND
Malic acid	281.84±4.84	107.52±4.47	179.73±2.11	74.88±7.64
Succinic acid	39.07±2.32	7.44±0.09	7.57±6.93	ND
Acetic acid	3,325.68±26.72	4,860.83±57.61	9,675.35±12.71	13,324.79±90.71
Total	3,783.02	4,975.79	9,862.65	14,007.17
A/T ³⁾	0.88	0.98	0.98	0.95

¹⁾Mean±SD (n=3)²⁾Not detected³⁾Ratio of acetic acid to total organic acids**Fig. 1. Comparison of total phenolics and total flavonoids content of commercial cider vinegars by their acidity levels.****Fig. 2. Comparison of DPPH and ABTS radical scavenging abilities of commercial cider vinegars by their acidity levels.**

비율(A/T)은 저산도 식초에서 0.88, 일반산도 및 고산도 식초에서 0.95-0.98 범위로 나타났으며, 이는 저산도 식초의 경우 acetic acid 외 다른 유기산들이 많이 검출되어 비율이 낮게 나타난 것으로 판단되었다.

총 페놀 및 총 플라보노이드 함량 비교

시판 사과식초에 대해 항산화 성분의 일종인 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 총 페놀 함량의 경우 일반산도 및 고산도 식초에 비해 저산도 식초에서 54.66 mg GAE/100 mL로 가장 높게 측정되었고, 총 플라보노이드 함량 역시 저산도 식초에서 가장 높게 측정되어 총 페놀 함량과 비슷한 경향을 나타내었다. 한편 제품에 사용된 농축 사과과즙의 함량이 저산도 식초의 경우 약 14%, 일반산도 및 고산도 식초의 경우 약 5%임을 고려할 때, 사과과즙 함량의 차이가 최종 제품

의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량에 어느 정도 영향을 미친 것으로 추측되었다. Lee 등(10)은 시판 식초의 항산화 활성 비교에서 붉은 색을 띠는 복분자, 오디, 홍삼 등의 식초는 높은 폴리페놀 함량을 나타내는데 비해, 매실, 레몬, 배, 사과, 현미 등의 경우 60 mg/100 mL 이하의 비교적 낮은 폴리페놀 함량을 보고하였고, 사과식초의 플라보노이드 함량 역시 5 mg/100 mL 이하로 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보여주었다.

항산화성 비교

DPPH 및 ABTS radical은 비교적 안정한 free radical로 항산화 물질에 의해 환원되어 탈색되므로 항산화성을 측정할 때 많이 이용되는 빠르고 간단한 방법이다(20). 시료의 DPPH radical 소거능은 시판 사과식초의 경우 16.18-57.67% 범위로, ABTS radical 소거능은 11.78-99.61% 범위로 측정되었고, 총 페놀 및 총 플라

보노이드와 같은 항산화물질의 함량이 높은 저산도 식초에서 가장 높게 확인되었다(Fig. 2). 천연물에서 얻어지는 항산화성 물질은 주로 폴리페놀 및 플라보노이드 화합물로서 특히 caffeic acid, chlorogenic acid, gentistic acid 등이 강한 항산화 효과가 있는 것으로 알려져 있다. Chung(21)은 다류 추출물의 항산화 효과가 폴리페놀 함량 및 전자공여능과 밀접한 관계가 있다고 보고하였고, Kim 등(20)도 식초의 항산화활성에 관여하는 주요 물질은 폴리페놀 및 플라보노이드 성분이라고 보고하였으며, 본 결과 역시 총 페놀 및 총 플라보노이드 화합물이 강한 항산화 활성을 가지고 있다는 기존의 사실과 일치하였다. 한편 이러한 결과 역시 단순히 식초의 산도에 따른 차이이기보다는 제조에 사용된 원료 및 제조방법에 따른 차이로 사료되었으므로, 동일한 원료로 제조한 산도별 식초에 대한 차후의 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

요 약

시판 사과식초의 총산 함량에 따른 이화학적 품질특성을 비교하였다. 사과식초 산도의 증가에 따라 pH는 감소하였고, 총 산도는 증가하였다. 환원당 함량 및 갈색도는 산도의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 제조과정의 차이가 최종 제품에 영향을 미친 것으로 사료되었다. 유리당은 산도에 관계없이 fructose의 함량이 가장 높게 나타났고, glucose의 함량이 그 뒤를 이었다. 총 유리당 함량은 저산도, 2배 산도, 일반산도, 3배 산도 식초의 순으로 확인되었다. 유기산의 경우 acetic acid와 malic acid가 주로 확인되었다. 원료 중 과즙의 함량이 가장 높은 저산도 식초에서는 oxalic acid, citric acid, tartaric acid 등이 확인되었고, 구연산이 사용된 3배 산도 식초의 경우 citric acid 함량이 가장 높게 확인되었다. 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량은 저산도 식초에서 가장 높게 측정되어 사과과즙 함량의 차이가 최종 제품의 함량에 어느 정도 영향을 미친 것으로 추측되었다. 시료의 DPPH 및 ABTS radical 소거능은 항산화물질의 함량이 높은 저산도 식초에서 가장 높게 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008488032012) 지원에 의한 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. KFDA. Korea Food Standard Code. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea. pp. 5-21-1 (2012)
2. FDA homepage. <http://www.fda.gov/ICECI/ComplianceManuals/CompliancePolicyGuidanceManual/ucm074471.htm> Accessed Aug. 1, 2012.
3. Kang BH, Shin EJ, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Shin KS, Kim SH, Son SM, Lee JM. Optimization of the acetic acid fermentation condition of apple. Korean J. Food Preserv. 18: 980-985 (2011)
4. Lee YC, Lee JH. A manufacturing process of high-strength vine-

- gars. Food Indus. Nutr. 5: 13-17 (2000)
5. Woo SM, Jo JY, Lee SW, Kwon JH, Yeo SH, Jeong YJ. Quality comparison of static-culture and commercial brown rice vinegars. Korean J. Food Preserv. 19: 301-307 (2012)
6. Kim GR, Yoon SR, Lee SW, Jeong MS, Kwak JY, Jeong YJ, Yeo SH, Kwon JH. Analysis of the free amino acids and volatile-flavor compounds in commercial brown-rice vinegar prepared via static acetic-acid fermentation. Korean J. Food Preserv. 18: 803-810 (2011)
7. Kim GR, Yoon SR, Lee JH, Yeo SH, Jeong YJ, Yoon KY, Kwon JH. Physicochemical properties of and volatile components in commercial fruit vinegars. Korean J. Food Preserv. 17: 616-624 (2010)
8. Yoon SR, Kim GR, Lee SW, Jeong YJ, Yeo SH, Choi HS, Kwon JH. Volatile compounds and sensory properties of commercial brown rice vinegars fermented with and without ethanol. Korean J. Food Sci. Technol. 42: 527-532 (2010)
9. Kim GR, Yoon SR, Lee JH, Yeo SH, Kim TY, Jeong YJ, Yoon KY, Kwon JH. Quality comparison of commercial brown rice vinegar fermented with and without ethanol. Korean J. Food Preserv. 16: 893-899 (2009)
10. Lee SM, Choi Y, Kim Y, Kim DJ, Lee J. Antioxidant activity of vinegars commercially available in Korean markets. Food Eng. Prog. 13: 221-225 (2009)
11. Jeong YJ, Seo JH, Lee GD, Park NY, Choi TH. The quality comparison of apple vinegar by two stages fermentation with commercial apple vinegar. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 353-358 (1999)
12. Moon SY, Chung HC, Yoon HN. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components, and organoleptic tastes. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 663-670 (1997)
13. Marais JP, de Wit JL, Quicke GV. A critical examination of the Nelson-Somogyi method for the determination of reducing sugars. Anal. Biochem. 15: 373-381 (1966)
14. Singleton VL, Rossi Jr JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am. J. Viticult. 16: 144-158 (1965)
15. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chem. 64: 555-559 (1999)
16. Zou Y, Lu Y, Wei D. Antioxidant activity of flavonoid-rich extract of Hypericum perforatum L *in vitro*. J. Agr. Food Chem. 52: 5032-5039 (2004)
17. Blios MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 26: 1199-1200 (1958)
18. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Catherine RE. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Bio. Med. 26: 1231-1237 (1999)
19. Jeong YJ, Seo JH, Jung SH, Shin SR, Kim KS. The quality comparison of uncleaned rice vinegar by two stage fermentation with commercial uncleaned rice vinegar. Korean J. Postharv. Sci. Technol. 5: 374-379 (1998)
20. Kim MJ, Park EJ. Feature analysis of different *in vitro* antioxidant capacity assays and their application to fruit and vegetable samples. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 40: 1053-1062 (2011)
21. Chung HJ. Antioxidative effect of ethanolic extracts of some tea materials on red pepper seed oil. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 1316-1320 (1999)