

2단계 발효에 의한 고산도 사과식초의 품질특성

성나혜¹ · 우승미² · 권중호¹ · 여수환³ · 정용진^{2*}

¹경북대학교 식품공학과

²계명대학교 식품가공학과

³농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효이용과

Quality Characteristics of High Acidity Apple Vinegar Manufactured Using Two Stage Fermentation

Na-Hye Sung¹, Seung-Mi Woo², Joong-Ho Kwon¹, Soo-Hwan Yeo³, and Yong-Jin Jeong^{2*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

³Fermentation and Food Processing Division, Department of Agrofood Resources, NAAS, RDA, Gyeonggi 411-853, Korea

ABSTRACT This study investigated the manufacturing conditions of apple vinegar with high acetic acid content following fermentation according to alcohol concentration without any nutrients. We compared and analyzed the quality characteristics of high acetic acid fermentation by varying the initial alcohol content (6%, 7%, 8%, and 9%). In the results, it was possible to manufacture high acetic acid vinegar with 12% titratable acidity and an alcohol content of 6% and 7%. Lower initial alcohol content was associated with higher yield due to a shorter lag phase. For quality characteristics of the high acetic acid apple vinegar, pH was 2.91~3.20, titratable acidity was 12.0%, and organic acid consisted of acetic acid, malic acid, citric acid and oxalic acids. Based on the results, high acetic acid apple vinegar was produced using a two stage fermentation process after alcohol fermentation but the further research is needed to reduce the time of fermentation in fed-batch culture for industrial use.

Key words: vinegar, apple, high acidity, two stage, organic acid

서 론

사과는 쌍떡잎식물 장미목 장미과 *Malus* 속에 속하는 낙엽교목의 식물인 사과나무의 열매로서, 비타민과 무기질이 풍부한 알칼리성 식품으로 기호도가 높아 한국인이 가장 많이 섭취하는 과일 중 하나이다(1,2). 또한 섬유소, 비타민 C, 미네랄, 페놀성 물질 등의 함량이 높아 암과 심장병 예방, 체중과 콜레스테롤 감소, 신경과 뇌세포 보호 등과 같은 기능성을 가지는 건강식품으로 인식되고 있다(3).

우리나라 사과 전체 생산량은 2012년 기준으로 394,596톤에 달하며, 생산량은 수입과실이 증가되면서 해마다 감소되고 있는 실정이다. 국내산 특·상품 사과의 경우에는 생과로서 상대적으로 높은 가격으로 유통시킬 수 있으나, 중·하품의 경우에는 그 수요처가 많지 않다. 또한 선진국의 경우에는 과일류 가공비율이 40% 이상 되지만, 우리나라는 2009년 사과 가공품이 23,712톤으로 5.2% 정도이며, 가공

품으로는 주스(77%), 음료(6%) 등으로 가공기술 수준도 상당히 낮은 실정이다(4). 따라서 대표적인 국내산 과일류 가운데 생산량이 많은 사과를 이용하여, 특히 생과 판매가 어려운 비상품과를 이용하여 고품질 사과 가공제품을 생산하기 위해 최적 가공기술의 연구가 많이 요구되고 있다(5).

식초는 식품의 맛을 돋워주는 산미료로서, 발효과정에서 생성된 독특한 방향과 신맛을 가지는 대표적인 발효식품이다(6). 초산을 주성분으로 소량의 휘발성 또는 비휘발성 유기산, 당류, 아미노산 및 ester 등을 함유하고 있으며 특히 식초의 다양한 유기산들은 생체 조직 내에서 쉽게 분해되어 다른 열량원보다 빠르게 칼로리를 발생시키는 스태미나 식품으로 알려져 있으며(7), 식욕 및 소화흡수 증진, 콜레스테롤 저하, 동맥경화 및 고혈압의 예방, 면역기능 향상, 피로방지 및 회복 등의 다양한 생리활성이 보고되고 있다(8-11). 식초의 여러 효능이 과학적으로 규명되면서 소비량은 점차 증가되고 고급화되어 단순한 조미 용도에서 식초음료 등 다양한 기능성 소재로 뿐만 아니라 건강식품으로도 각광받고 있다(12).

국내 식품공전 규격(13)에는 합성식초, 발효식초 및 기타 식초로 크게 분류되고 있으며 국내에는 1970년대부터 빙초

Received 2 September 2013; Accepted 1 May 2014

*Corresponding author.

E-mail: yjeong@kmu.ac.kr, Phone: +82-53-580-5557

산을 희석하여 제조된 값싼 합성식초가 대량 소비되고 있었으나, 1980년대부터 주정과 무기염, 일부 과즙을 첨가한 주정발효식초가 최근까지 시장의 대부분을 차지하고 있다(14). 합성식초의 경우 ethylene이나 acetylene으로부터 유기합성에 의해 만들어진 빙초산을 원료로 사용하여 발효를 거치지 않으므로 원가 절감 및 대량생산에 쉬우나 식초 고유의 풍미가 없을 뿐만 아니라 빙초산의 합성 및 정제 시 사용되는 유해물질로 인하여 나쁜 영향을 미칠 수 있어 선진국에서는 직접 사용을 금지하거나 엄격히 제한하고 있다(6). 최근에는 건강에 대한 소비자 인식이 높아지면서 천연 과실을 원료로 알코올 발효된 술덧을 초산 발효하는 2단계 발효를 통한 기능성 제품이 다양하게 생산되고 있다. 이러한 식초는 유기산, 향기성분, 이마노산 조성, 관능적인 맛과 품질이 우수하여 생산과 소비가 증가하는 추세이며 일본의 경우 식초시장은 양조식초가 약 95% 이상 차지하고 있어서 향후 국내에서도 천연발효 식초의 소비가 크게 성장할 것으로 기대 된다(14).

식초는 산도에 따라 4~5%의 저산도, 6~7%의 일반산도, 12~14%의 2배 산도 및 18~19% 3배 식초로 나눌 수 있으며, 고산도 식초(적정산도 10% 이상)의 경우 이미·이취 개선 및 식초를 대량으로 사용하는 공장이나 요식업소에서 운송비와 저장 공간 절감 등의 이점을 가지고 있어 많이 소비되고 있다(15). 사과식초는 식초의 기본적인 시큼한 맛과 사과의 상큼한 맛과 향이 어우러져 식초의 맛이 부드러워 우리나라 식초시장의 39%를 차지하고 있으며 국내에 시판되는 고산도 식초의 대부분을 차지하고 있다(16). 그러나 국내 고산도 식초는 알코올 발효를 거치지 않고 주정과 영양원을 이용하여 초산 발효만 시킨 후 약 30%의 과즙을 첨가하여 생산되고 있으며 대부분은 독일의 Frings사의 설비 및 초산균주를 수입하여 제조하고 있다(15). 국내 고산도 식초 제조에 관한 연구를 살펴보면 Park 등(17)은 고농도 에탄올 내성 초산균을 분리·동정하였으며, Lee(18,19)는 영양원을 넣은 합성배지에 유가식 배양을 통한 two stage 고산도 식초를 제조하였고, 온도 조절을 통한 single stage에서 고산도 식초를 제조한 바 있다. 하지만 현재 국내에서 과실의 알코올 발효 및 초산 발효과정을 통하여 고산도 식초 제조에 관한 국내 연구는 미비한 실정이다.

이에 본 연구는 저급 사과를 활용하고 수입에 의존되는 고산도 식초 기술을 대체하고자 기존의 발효 조건에서 일체의 영양원을 첨가하지 않고 2단계 발효에 의한 고산도 사과식초 제조 조건을 조사하였다.

재료 및 방법

실험 재료 및 사용 균주

본 연구에 사용된 사과 농축액(72°Brix)은 대구경북농업농협에서 제공받아 냉장 보관하여 실험에 사용하였다. 선행 연구(20)에서 발효성이 우수한 알코올 발효 효모 *Sacchar-*

omyces cerevisiae Fermivin(DSM Food Specialties, Seclin, France)은 와인킷 코리아(Wine Kit Korea Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 구입하였다. 초산균은 *Acetobacter pomorum* KJY 8(KCTC 10173BP)을 고체배지에서 30°C, 48시간 계대배양한 후 4°C에서 냉장보관 하면서 사용하였다(21).

주모 및 증초

주모는 사과농축액을 10°Brix로 희석하여 121°C에서 15분간 살균시킨 다음 각각의 효모 0.02%(w/v)를 접종하여 향온배양기(HB-103-2H, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 30°C, 24시간 동안 정치배양 시켜 원료량의 5%(v/v)를 사용하였고, 초산 발효에 사용된 증초는 사과 알코올 발효액을 알코올 함량 5%로 희석한 후 *A. pomorum* KJY 819를 접종하여 30°C에서 250 rpm으로 교반한 다음 5일간 배양시켜 원료량의 10%(v/v)를 사용하였다.

고산도 식초의 제조 방법

2단계 발효에 의한 고산도 식초 제조과정은 Fig. 1과 같다. 1단계 초산 발효에 사용된 알코올 발효액은 20°Brix로 희석한 사과 농축액에 주모를 5%(v/v) 접종하여 향온배양기(HB-103-2H, Hanbaek Scientific Co.)에서 30°C, 6일 동안 정치배양 시켜 제조하였으며 알코올 농도를 각각 6, 7, 8 및 9%로 희석한 후 1단계 초산 발효에 사용하였다. 1단계 초산 발효는 Jar-fermentor(KF-5L, Kobiotech Co., Seoul, Korea)에서 증초 10%(v/v) 접종하여 30°C, 500 rpm, 공기 투입량 0.5 vvm 초산 발효를 실시하였다. 2단계 발효는 1단계 발효액의 적정산도가 6시간 동안 산도의 변화가 없는 시점부터 고농도의 알코올 발효액을 1단계 초산 발효액에 최종 산도 12%까지 유가식으로 첨가하였으며 이때 첨가량은 1단계 발효액 대비 알코올 함량이 0.2% 유지되도록 일정한 속도로 주입하였다. 2단계 초산 발효에 사용된 유가액은 사과 농축액을 28°Brix로 희석하여 30°C에서 5일간 발효시킨 후 주정을 사용하여 알코올 함량 20%가 되도록 보정하여 첨가액으로 사용하였다.

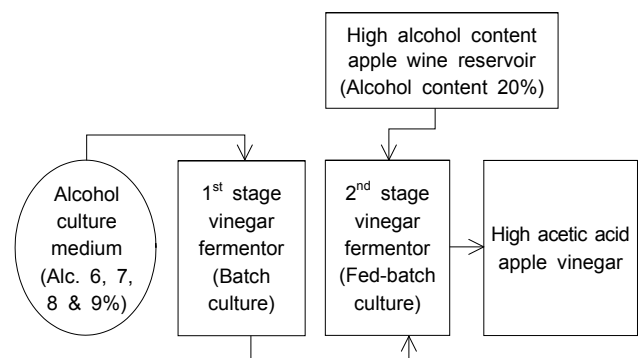


Fig. 1. Schematic diagram for two-stage vinegar fermentation.

당도, 알코올 함량

당도는 digital refractometer(PR-101, Atago Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 알코올 함량은 시료 100 mL를 증류한 다음 주정계를 이용하여 측정된 값을 Gay Lussac Table로 환산하여 산출하였다.

적정산도 및 pH

적정산도는 시료 1 mL에 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울 떨어뜨린 다음 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 acetic acid(%)로 환산하였으며, pH는 pH meter(Metrohm 691, Metrohm UK Ltd., Herisau, Switzerland)로 실온에서 측정하였다.

발효 수율

초산 발효 수율은 총 알코올 농도에 따른 이론적인 초산 생산량에 대한 초산 생성량을 백분율로 나타내었다.

초산 발효수율=

$$\frac{\text{최종산도 (\%, w/v)} - \text{초기산도 (\%, w/v)}}{\text{총 알코올 농도 (\%, v/v)} \times 1.304} \times 100$$

갈색도 및 색도

갈색도 및 색도는 UV-visible spectrophotometer(UV-1601, Shimazu Co., Kyoto, Japan)를 이용하였다. 갈색도는 420 nm에서 흡광도를 측정하였고, 색도는 Hunter scale에 의한 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)로 나타냈으며, 이때 대조구는 증류수(L=100.00, a=0.02, b=-0.10)를 사용하였다.

유기산 함량

유기산은 시료를 Sep-pak C₁₈ cartridge에 통과시킨 다음 0.45 µm membrane filter로 여과하여 high performance liquid chromatography(Waters 1515, Waters Co., Milford, CT, USA)로 분석하였다(22). 유기산 분석 column은 Atlantis™ dC₁₈(3.9×150 mm, Waters Co.), mobile phase는 20 mM NaH₂PO₄(pH 2.7)를 사용하였고, flow rate는 1.0 mL/min, injection volume은 20 µL, detector는 UV(Waters 2487, 210 nm)를 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였으며 그 결과는 SAS (statistical analysis system) 통계 프로그램을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 P<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

알코올 발효

사과 함량이 높은 고산도 식초를 제조하기 위하여 사과

농축액을 20, 28°Brix로 각각 희석하여 효모 *S. cerevisiae* Fermivin을 5%(v/v) 접종한 후 알코올 발효한 결과는 Fig. 2 및 Table 1과 같다. 당도는 발효 2일째부터 꾸준히 감소하여 발효 종료 후 초기 당도 20.0°Brix 구간은 8.6°Brix, 28°Brix 구간은 13.5°Brix로 낮아졌다. 산도는 각각 0.54, 0.76%로 농축액 함량이 높을수록 약간 높게 나타났으며 pH는 4.1~4.2로 큰 차이는 나타나지 않았다. 초기 갈색도는 초기 당도 28°Brix 구간이 1.14(420 nm)로 20°Brix 구간이 0.62에 비하여 높게 나타났으며 이는 농축액 함량에 따른 차이로 판단된다.

상기 결과에 준하여 1단계 초산 발효는 초기 당도 20°Brix를 알코올 발효를 실시하여 각 알코올 함량을 6, 7, 8 및 9%로 희석하여 사용하였으며, 2단계 초산 발효에 사용된 유가액은 사과 농축액을 28°Brix로 알코올 발효한 후 주정으로 20%의 알코올 발효액을 제조하였다.

2단계 고산도 초산 발효

적정산도 및 초산 발효수율: 고산도 초산 발효 시 초기 알코올 농도가 초산 발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 알코올 함량 6, 7, 8 및 9%의 사과 알코올 발효액(초기산도는 1%로 조정)을 1단계 초산 발효를 진행하였으며, 2단계 초산 발효에서는 1단계 초산 발효액 발효조에 사과 고알코올 발효액(Alc. 20%)을 유가식으로 첨가하여 초산 발효를 실시한 결과는 Fig. 3과 같다. 초산 발효 시 알코올 6% 첨가

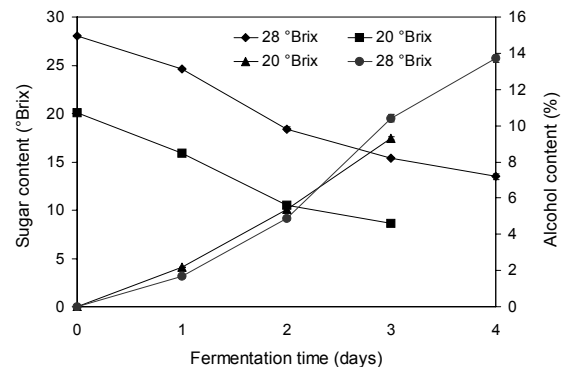


Fig. 2. Changes in sugar content and alcohol content during alcohol fermentation. Values are means±SD (n=3).

Table 1. Comparison of physicochemical properties of apple alcohol fermentation for vinegar fermentation

	Initial sugar content (°Brix)	
	20	28
Titrateable acidity (%)	0.54±0.02 ¹⁾	0.76±0.00
pH	4.1±0.1	4.2±0.0
Sugar content (°Brix)	8.6±0.3	13.4±0.2
Brown color	0.62±0.00	1.14±0.03
Hunter's color L	94.8±0.0	91.7±0.0
a	-2.51±0.0	-0.65±0.1
b	36.0±0.0	41.1±0.2

¹⁾Values are means±SD (n=3).

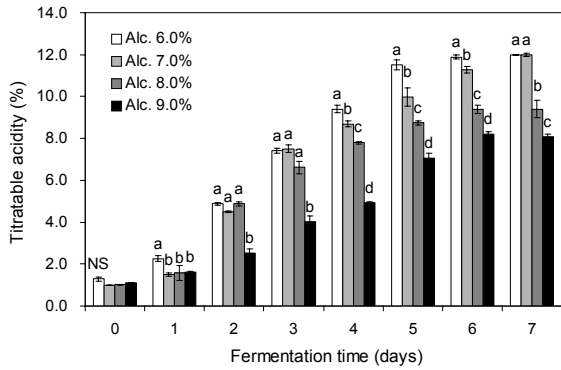


Fig. 3. Changes in titratable acidity of vinegar fermentation by initial alcohol content. Values are means±SD (n=3). Means with different letters (a-c) above the bars of each fermentation day are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. NS: not significantly different.

한 구가 빠른 시간 내에 초산 발효가 진행되어 적정산도가 발효 3일차 7.4%, 발효 5일차에 12.0%로 가장 빠른 속도로 증가하였다. 알코올 9%를 첨가 시 발효 3일차 4.0, 발효 7일차 8.1%로 초산 발효가 1단계 초산 발효부터 정상적으로 진행되지 않았으며 이는 높은 알코올 함량으로 인해 초기 발효 유도가 저해되어 초산 발효가 정상적으로 진행되지 않은 것으로 판단된다. Kang 등(16)은 기질인 알코올의 농도가 적정농도의 이하 또는 이상의 농도에서는 정상적인 발효가 유도되지 않고, 특히 고농도의 기질에서는 알코올에 대한 내성의 약화로 인하여 초산균의 증식 및 발효가 유도되지 않는 것으로 보고하였으며 본 실험 결과와 유사하였다. 초산 발효 수율은 알코올 농도 6, 7% 구간에서 70.3%로 높게 나타났으며, 특히 6% 구간에서는 7% 구간에서 보다 빠르게 초산이 생성되었으며 알코올 농도 8% 이상부터는 55% 이하의 낮은 초산 발효 수율을 보였다(Table 2). Kang 등(23)은 유자식초를 제조하기 위하여 초기 알코올 농도를 3, 5, 7 및 9%로 설정하여 30°C, 150 rpm으로 초산 발효를 실시한 결과 알코올 농도 5%에서 발효 10일째 산도 6.8%로 가장 높은 초산을 생성하였고 그 외 농도에서는 산도가 5% 이하로 나타나 최적 알코올 농도는 5%로 보고하였으며, Hong 등(24)과 Ko 등(25)의 초기 알코올 농도가 6%일 때 가장 높은 수율을 얻었다는 보고와 일치하였다. 본 연구에서 고산도 식초를 제조하기 위하여 초기 알코올 농도 설정 시 6, 7%가 산도 12%의 식초를 제조할 수 있었으나 발효기간

Table 2. Effect of initial alcohol content on the vinegar production

	Alcohol content (%)			
	6	7	8	9
Fermentation yield (%)	70.3±0.0 ^{a1)}	70.3±0.5 ^a	53.7±2.7 ^b	46.0±0.9 ^c

¹⁾Values are means±SD (n=3). Means with different superscripts (a-c) are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

에 따른 제조 적성을 확인 시 알코올 농도 6%를 사용하여 제조할 경우 생산 단계 절감 차원에서 유리할 것으로 판단된다.

pH 및 당도: 초기 알코올 함량을 달리한 고산도 초산 발효 단계에 따른 pH 및 당도의 변화는 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다. 초기 알코올 발효액에 알코올 농도가 높을수록 pH는 증가하였고(pH 3.7~4.1) 종초 투입 시 모든 구간에서 조금씩 감소하였으며, 1단계 초산 발효에서 가장 큰 pH 변화를 보였고 2차 초산 발효 동안 1단계 초산 발효보다 감소율이 적게 나타났다. pH의 경우 산도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며 Jang 등(26)은 사과 초산 발효에서 종초 접종 직후 pH는 3.7이었으며 발효가 종료된 시점의 pH는 3.2로 보고한 것과 비슷한 결과를 나타내었다. Jo 등(27)은 산도 13.41%의 시판 고산도 사과식초의 pH를 확인한 결과 pH 2.35로 보고하였으며 본 실험에서 pH가 3.0으로 나타나 본 연구와 상이하였으며 식초의 원료 함량 및 제조 방법에

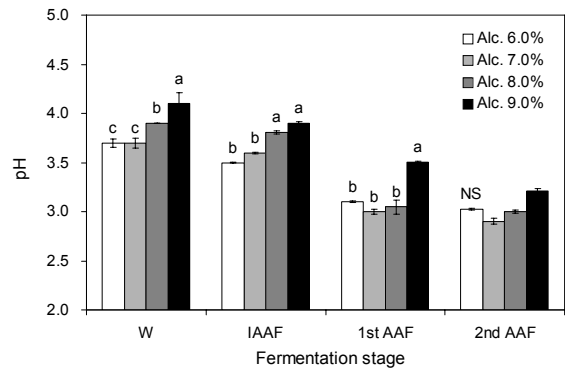


Fig. 4. Changes in pH of vinegar fermentation by initial alcohol content. W, apple wine; IAAF, initial acetic acid fermentation broth; 1st AAF, 1st stage acetic acid fermentation broth; 2nd AAF, 2nd acetic acid fermentation broth. Values are means±SD (n=3). Means with different letters (a-c) above the bars of each fermentation stage are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. NS: not significantly different.

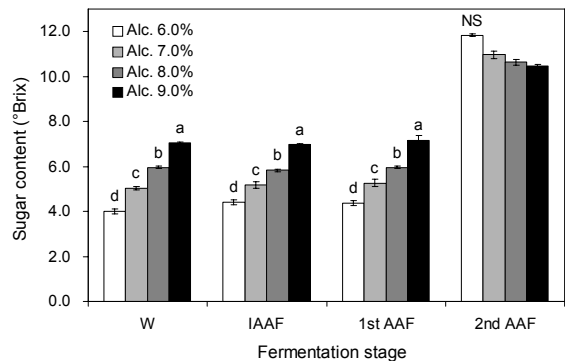


Fig. 5. Changes in sugar content of vinegar fermentation by initial alcohol content. Sample explanations are the same as in Fig. 4. Values are means±SD (n=3). Means with different letters (a-c) above the bars of each fermentation stage are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. NS: not significantly different.

따른 차이로 판단된다. 당도는 1단계 초산 발효까지 큰 변화가 없었으나 2단계 초산 발효 후 급격한 증가를 보였으며 이는 고농도의 알코올 발효액을 유가식으로 첨가하여 그 발효액의 당도에 의하여 증가한 것으로 보이며, Seo 등(28)은 초산 발효가 진행될수록 약간의 감소를 보고하였으며 본 실험에서도 1단계 초산 발효에서 미비하게 감소하여 유사하게 나타났다.

색도 및 갈색도: 초기 알코올 농도를 달리하여 고산도 초

산 발효 단계에 따른 색도 및 갈색도는 Table 3과 같다. 명도(L)는 초기 알코올 농도가 높을수록 감소하였으며(90.3~96.9) 모든 구간에서 발효가 진행될수록 87.5~89.2로 감소하는 추세로 나타났다. 적색도(a)는 초기 알코올 농도에 따른 차이는 없으나 발효가 진행될수록 감소하는 경향으로 나타났다. 단계가 진행될수록 감소폭이 크게 나타났다. 황색도(b) 및 갈색도 또한 발효가 진행됨에 따라 증가하는 경향으로 나타났다. Jo 등(27)은 시판 고산도 식초의 색도를 비

Table 3. Changes in color and brown color of the vinegar fermentation by initial alcohol content

Item	Initial alcohol content (%)	Fermentation stage ¹⁾				
		W	IAAF	1st AAF	2nd AAF	
Color	L	6	96.9±0.6 ^{a3)}	96.7±0.3 ^a	95.8±0.3 ^a	87.5±0.6 ^{NS}
		7	92.8±0.3 ^b	92.3±0.3 ^b	91.3±0.5 ^b	89.2±0.7
		8	90.7±0.1 ^c	90.6±0.1 ^c	89.6±0.3 ^c	89.1±0.4
		9	90.3±0.1 ^c	89.5±0.4 ^d	89.1±0.2 ^c	87.8±0.3
	a	6	-3.8±0.1 ^a	-3.4±0.2 ^{NS}	-3.9±0.5 ^{NS}	-5.6±0.4 ^{NS}
		7	-3.2±0.2 ^b	-3.2±0.2	-4.2±0.4	-5.4±0.3
		8	-3.8±0.0 ^b	-3.5±0.2	-4.2±0.3	-5.6±0.3
		9	-3.8±0.1 ^b	-3.4±0.3	-4.3±0.2	-5.8±0.4
	b	6	13.6±0.0 ^d	13.9±0.1 ^b	15.0±0.7 ^d	25.8±0.7 ^{NS}
		7	14.6±0.0 ^c	14.8±0.1 ^c	17.6±0.4 ^c	24.4±0.9
		8	15.8±0.1 ^b	15.9±0.1 ^b	19.3±0.3 ^b	23.8±0.5
		9	16.6±0.0 ^a	16.7±0.1 ^a	20.9±0.4 ^a	23.0±1.1
Brown color	6	0.232±0.008 ^c	0.238±0.010 ^c	0.255±0.012 ^c	0.523±0.012 ^a	
	7	0.262±0.005 ^b	0.267±0.09 ^b	0.283±0.011 ^{bc}	0.494±0.010 ^{ab}	
	8	0.290±0.005 ^a	0.299±0.06 ^a	0.307±0.015 ^{ab}	0.463±0.014 ^{bc}	
	9	0.305±0.006 ^a	0.317±0.07 ^a	0.328±0.010 ^a	0.430±0.011 ^c	

¹⁾Sample explanations are the same as in Fig. 4.

Means with different superscripts (a-d) in the same column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. NS: not significantly different.

Table 4. Changes in organic acid of the vinegar fermentation by initial alcohol content

Fermentation stage ¹⁾	Initial alcohol content (%)	Organic acid (mg%)					
		Oxalic acid	Tartaric acid	Malic acid	Lactic acid	Acetic acid	Citric acid
W	6	18.9±0.9 ^{NS2)}	ND	290.9±12.9 ^b	ND ³⁾	ND	71.7±2.0 ^c
	7	22.0±3.4	ND	316.1±18.0 ^{ab}	ND	ND	75.3±2.3 ^{bc}
	8	20.7±1.2	ND	358.9±33.6 ^a	ND	ND	80.8±2.1 ^{ab}
	9	23.7±1.9	ND	373.6±9.9 ^a	ND	ND	86.4±1.8 ^a
IAAF	6	20.3±0.5 ^{NS}	ND	245.4±15.6 ^c	ND	ND	70.3±2.6 ^c
	7	24.5±3.7	ND	301.5±22.8 ^{bc}	ND	ND	74.5±5.9 ^{bc}
	8	28.3±3.4	ND	353.3±29.1 ^{ab}	ND	ND	82.8±4.5 ^{ab}
	9	29.6±8.6	ND	376.9±20.8 ^a	ND	ND	90.1±2.6 ^a
1st stage AAF	6	23.8±2.6 ^{NS}	ND	212.8±15.6 ^b	ND	5,740.9±70.3 ^a	65.3±4.9 ^{NS}
	7	23.0±1.4	ND	254.3±21.1 ^b	ND	5,794.1±111.7 ^a	61.6±6.5
	8	28.5±3.9	ND	333.0±24.2 ^a	ND	5,051.3±9.5 ^b	77.4±5.0
	9	30.1±2.4	ND	363.8±21.9 ^a	ND	3,179.6±68.6 ^c	76.4±3.5
2nd stage AAF	6	38.8±0.2 ^{NS}	ND	583.5±11.1 ^{NS}	ND	9,027.0±130.5 ^a	137.4±17.8 ^{NS}
	7	32.6±1.0	ND	546.6±52.2	ND	8,834.0±95.7 ^a	127.8±1.1
	8	37.1±2.2	ND	500.4±14.4	ND	8,064.4±9.7 ^b	124.0±13.4
	9	31.4±1.1	ND	473.9±21.3	ND	6,617.9±72.7 ^c	114.8±1.0

¹⁾Sample explanations are the same as in Fig. 4.

²⁾Values are mean±SD (n=3).

Means with different superscripts (a-d) in the same column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test. NS: not significantly different. ND: not detected.

교한 결과 명도 98.5~99.0, 적색도 -1.56~-2.21 및 황색도 7.71~7.78로 본 연구의 사과식초와 차이가 크게 나타났으며, Kim 등(29)은 사과식초 제조 시 알코올 및 초산 발효를 통해 제조된 사과식초의 경우 명도는 83.3, 적색도 2.42 및 황색도 37.41로 주정사과식초보다 더 짙다고 보고하여 본 연구와 비슷한 값을 보였다.

유기산: 초기 알코올 농도를 달리하여 고산도 초산 발효의 단계별 유기산 함량은 Table 4와 같다. 고산도 식초의 대표적인 산으로는 malic, citric 및 oxalic acid가 분석되었으며 acetic acid는 초산 발효가 진행됨에 따라서 1단계 3,179.6~5,794.1 mg%, 2단계 6,617.9~9,207.0 mg%로 증가하였다. Oxalic acid의 함량은 모든 구간에서 발효 단계가 증가할수록 높아지는 경향을 보였고 malic acid와 citric acid는 1단계 발효에서 약간의 감소를 보였으나 2단계에서 증가하였으며, 이는 초산 발효과정에서 약간의 유기산이 감소하였으며 고농도의 알코올 발효액을 유가식으로 첨가하는 2단계 초산 발효과정에서는 증가하는 경향으로 나타났다. 또한 초기 알코올 함량이 높아짐에 따라 유기산 함량이 높게 나타났다. Lee 등(30)에 따르면 사과의 주된 유기산 성분으로 malic 및 citric acid가 보고되었고 본 연구와 일치하였으며, Jeong 등(31)은 2단계 발효와 시판 사과식초의 유기산 함량을 비교한 결과 2단계 발효에 의해 제조된 사과식초의 경우 oxalic, tartaric, malic, lactic, acetic 및 citric acid가 모두 검출되어 본 연구와 차이를 보였으며 이는 사과 원료 자체에서 이행된 유기산과 숙성과정에 따른 차이로 생각되었다.

요 약

본 연구에서는 사과 농축액을 이용하여 일체의 영양원을 첨가하지 않고 알코올 및 초산 발효과정으로 고산도 식초의 제조 조건을 조사하였다. 초기 알코올 함량(6, 7, 8 및 9%)을 달리하여 고산도 초산 발효액의 품질특성을 비교 분석하였다. 그 결과 알코올 함량 6% 및 7%에서 적정산도 12%의 고산도 식초 제조가 가능하였으며, 초기 알코올 함량이 낮을수록 유도가 단축되어 수율이 높은 경향이였다. 상기 고산도 사과식초의 품질특성은 pH 2.91~3.20이고 적정산도 12.0%이며 유기산은 acetic, malic, citric 및 oxalic acid가 검출되었다. 이상의 결과 사과 농축액을 이용하여 알코올 발효 후 2단계 발효과정으로 고산도 사과식초 제조가 가능하였으나 산업적으로 활용하기 위해서는 유가식 첨가에 의한 발효기간 단축에 관한 연구가 요구되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ008488 022014)의 지원에 의한 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Lee SJ, Jang HL, Shin SR, Yoon KY. 2012. Quality characteristics of apple juice according to the sterilization methods. *Korean J Food Preserv* 19: 178-184.
2. Choi YH, Lee SJ. 2005. A survey on uses, preference and recognition of apple. *Korean J Food Culture* 20: 204-213.
3. Boyer J, Liu RH. 2004. Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutr J* 3: 1-15.
4. Fruit Production 2012. http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?mode=tab&orgId=101&tblId=DT_1ET0292&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=F1H&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsList_01List.jsp# (accessed Feb 2014).
5. Cho HY, Cho EK, Kim BC, Shin HH. 2011. Development of semi-solid apple baby food using high pressure processing and quality evaluation. *Korean J Food & Nutr* 24: 777-785.
6. Jeong YJ, Lee MH. 2000. A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind Nutr* 5: 7-12.
7. Yoon HN, Moon SY, Song SH. 1998. Volatile compounds and sensory odor properties of commercial vinegars. *Korean J Food Sci Technol* 30: 299-305.
8. Koizumi Y, Uehara Y, Yanagida F. 1987. The general composition, inorganic cautions free amino acids and organic acid of special vinegars. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 34: 592-596.
9. Vogel RA, Corretti MC, Plotnick GD. 2000. The postprandial effect of components of the mediterranean diet on endothelial function. *J Am Coll Cardiol* 36: 1455-1460.
10. Casale M, Sáiz AMJ, González SJM, Pizarro C, Forina M. 2006. Study of the aging and oxidation processes of vinegar samples from different origins during storage by near-infrared spectroscopy. *Analy Chim Acta* 557: 360-366.
11. Kim KJ, Bae YS, Lee SC, Lee WJ, Lee IK, Yoon YK, Lyu JS, Park HK, Ha WH. 1997. Influence of vinegar-drink with persimmon on oxygen transport function and recover capacity in exercise. *Korean J Physical Education* 36: 102-113.
12. Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ. 2000. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverage including vinegar. *Food Ind Nutr* 5: 18-24.
13. KFDA. 2012. *Korea Food Standard Code*. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea. p 5-21.
14. Jeong YJ. 2009. Current trends and future prospects in the Korean vinegar industry. *Food Sci Ind* 2: 52-59.
15. Lee YC, Lee JH. 2000. A manufacturing process of high-strength vinegar. *Food Ind Nutr* 5: 13-17.
16. Kang BH, Sin EJ, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Sin KS, Kim SH, Son SM, Lee JM. 2011. Optimization of the acetic acid fermentation condition of apple juice. *Korean J Food Preserv* 18: 980-985.
17. Park KS, Chang DS, Cho HR, Park UY. 1994. Investigation of the cultural characteristics of high concentration ethanol resistant *Acetobacter* sp. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23: 666-670.
18. Lee YC, Lee GY, Kim HC, Park KB, Yoo YJ, Ahn PU, Choi CU, Son SH. 1992. Production of high acetic acid vinegar using two stage fermentation. *Kor J Microbiol Biotechnol* 20: 663-667.
19. Lee YC, Park MS, Kim HC, Park KB, Yoo YJ, Ahn IK, Son SH. 1993. Production of high acetic acid vinegar by single stage fed-batch culture. *Kor J Microbiol Biotechnol*

- 21: 511-512.
20. Park HS. 2010. Characteristics of peach wine with different commercial yeast strains. *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 531-535.
21. Woo SM, Jo YJ, Lee SW, Kwon JH, Yeo SH, Jeong YJ. 2012. Quality comparison of static culture and commercial brown rice vinegars. *Korean J Food Preserv* 19: 301-307.
22. Shin JS, Jeong YJ. 2003. Changes in the components of acetic acid fermentation of brown rice using raw starch digesting enzyme. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 381-387.
23. Kang SK, Jang MJ, Kim YD. 2006. Isolation and culture condition of *Acetobacter* sp. for the production of citron (*Citrus junos*) vinegar. *Korean J Food Preserv* 13: 357-362.
24. Hong SM, Kang MJ, Lee JH, Jeong JH, Kwon SH, Seo KI. 2012. Production of vinegar using *Rubus coreanus* and its antioxidant activities. *Korean J Food Preserv* 19: 594-603.
25. Ko EJ, Hur SS, Choi YH. 1998. The establishment of optimum cultural conditions for manufacturing garlic vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 102-108.
26. Jang SY, Sin KA, Jeong YJ. 2010. Quality characteristics of apple vinegar by agitated and static cultures. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 308-312.
27. Jo DJ, Park EJ, Kim GR, Yeo SH, Jeong YJ, Kwon JH. 2012. Quality comparison of commercial cider vinegars by their acidity levels. *Korean J Food Sci Technol* 44: 699-703.
28. Seo JH, Lee GD, Jeong YJ. 2001. Optimization of the vinegar fermentation using concentrated apple juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 460-465.
29. Kim KO, Kim SM, Kim SM, Kim DY, Jo DJ, 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.
30. Lee JB, Choi JU. 1997. Effect of CA storage conditions on the internal breakdown of *Fuji* apple fruits under CA storage. *Korean J Food Preserv* 4: 227-235.
31. Jeong YJ, Seo JH, Lee GD, Park NY, Choi TH. 1999. The Quality comparison of apple vinegar by two stages fermentation with commercial apple vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 353-358.