

으뜸도라지 식초의 저장기간별 품질 특성 및 항산화 활성

이연진 · 변광인* · †진소연**

영남대학교 식품과학과 외식산업학 전공 박사과정, *영남대학교 식품과학과 외식산업학 전공 교수
**숙명여자대학교 문화예술대학원 전통식생활문화전공 조교수

Quality Characteristic and Antioxidant Activities of Vinegar Added with *Etteum* Bell Flower Root

Yeon-Jin Lee, Gwang-In Byun* and †So-Yeon Jin**

Graduate Student, Dept. of Food Service Industry, Yeungnam University, Gyeongsangbuk-do 38541, Korea

*Professor, Dept. of Food Service Industry, Yeungnam University, Gyeongsangbuk-do 38541, Korea

**Assistant Professor, Dept. of Traditional Culinary Culture, Graduate School of Korean Traditional Arts,
Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

Abstract

The aim of this study was to investigate the characteristics and antioxidant activities of vinegar made with *Etteum* bell flower root (0.5%, 1%, 1.5% and 2%) during two-step fermentation. Acetic acid was fermented at 30°C for 16 days and samples of vinegar were extracted at 2, 4, 6, 8, 10, 12 and 16 days. The pH of *Etteum* bell flower root vinegar did not significantly differ among the samples, but the acidity increased during fermentation. Alcohol content decreased at 16 days of fermentation and less than 1% alcohol was shown in all samples after fermentation.

The pure acetic acid yield was 88.85~98.97%, whereby the total phenolic compound content and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activities increased as the ratio of the *Etteum* bell flower root increased. The sensory scores of vinegar fermented with 1.5% *Etteum* bell flower root are greater than those of vinegar prepared by other treatments. Therefore, vinegar with 1.5% *Etteum* bell flower root added is considered to be the most suitable for manufacturing.

Key words: vinegar, *Etteum* bell flower root, *Platycodon grandiflorum*, quality characteristics, antioxidant activity, acetic acid fermentation

서 론

식초(vinegar)는 대표적인 발효식품으로 술과 함께 인류의 식생활에서 가장 오랜 역사를 가지고 발전해 왔으며(Park 등 2002), 원료에 함유된 당류나 전분질을 알코올 발효 및 초산 발효하여 거쳐 제조하며, 식초 특유의 신맛을 내는 초산을 비롯하여 아미노산, 유기산, ester 및 각종 영양물질을 함유하고 있다(Hong 등 2012a). 우리 민족은 예로부터 다양한 식초를 만들어 조미료뿐만 아니라, 건강식품으로 다양하게 이용하

여 왔는데(Lee BY 1999), 특히 쌀로 빚은 막걸리를 이용한 식초를 주로 사용하였다(Lee 등 2015b). 식초의 종류로는 주류, 곡류, 과일류 등을 주원료로 하여 발효 과정을 거쳐 제조한 주정식초, 곡물식초 및 과일식초 등의 양조식초와 빙초산 또는 초산을 음용수로 희석 후 조미하여 제조하는 합성식초 등이 있으며(Park 등 2005), 식초의 품질은 원료 및 발효법과 제조 방법 등에 따라 크게 달라지고, 초산 함량, 유기산 조성 및 맛에 영향을 주는 유리아미노산 함량 등도 이에 영향을 미친다(Kim 등 2013). 식초는 대표적인 알칼리성 식품으로 소

† Corresponding author: So-Yeon Jin, Dept. of Traditional Culinary Culture, Graduate School of Korean Traditional Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7473, Fax: +82-2-2077-7473, E-mail: syjin@sookmyung.ac.kr

화에 도움을 주고, 칼슘 흡수 촉진(Ann 등 2012), 인체의 면역력 증강, 당뇨, 고혈압 및 심혈관질환의 예방(Joo 등 2009) 및 항종양 등의 생리 활성에 대한 연구가 보고되면서, 기능성 식품으로서 효능이 인정되고 있다(Jang 등 2013). 도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 초롱꽃과에 속하는 다년생 뿌리 채소(Lee 등 2000)로, 보통 1~4년생으로 주로 식용으로 이용되어 왔으며, 당질, 철분, 칼슘과 섬유질 등이 많이 함유되어 있다(Park 등 2012). 도라지는 길경(桔梗)이라고 하여 한약재로도 사용되고 있는데(Shon 등 2001), 특이성분으로 사포닌을 지니고 있으며, 거담 작용, 진해 작용, 해열, 진통 등의 효능뿐만 아니라(Lee 등 2015a), 위궤양에 대한 치유 작용과 함께 항궤양, 혈압 강하 등의 효능 등이 보고되었다(Lee 등 1998). 이와 같이 도라지는 식품으로서 뿐만 아니라, 약리적인 효능(Hwang & Kim 2007)이 뛰어나 품종 개발이 진행되고 있다. 충북농업기술원에서 도라지의 신품종으로 개발한 으뜸도라지(Oh YJ 2016)는 일반 도라지에 비해 생산성이 높을 뿐만 아니라, 도라지의 특이성분인 조사포닌이 풍부하고, 항산화능이 우수하므로 가공식품 또는 건강기능 식품소재로 활용 가치가 매우 높다(Kim 등 2017). 따라서 본 연구에서는 기존 재래종 도라지에 비해 기능성 및 생리 활성이 우수하며, 재배 또한 용이한 으뜸도라지를 기능성 식품소재로 활용하기 위하여 이를 이용한 식초의 제조 가능성을 검토하고, 발효기간에 따른 으뜸도라지 식초의 품질 특성과 관능 특성을 연구하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 3년근 으뜸도라지는 2016년 5월에 충남 금산군에서 채취하였으며, 수세 후 동결건조기(PVTFD20R, Ilshin, Seoul, Korea)로 건조 후 분쇄기(FM-681C, Hanil, Korea)로 분말화한 후 표준망체(40 mesh)에 내렸다. 백미는 서울 시내 마트에서 구입하였으며, 당화를 위한 발효제는 우리밀로 만든 재래누룩(Songhakgokja, Korea)과 송천효모(Songcheon Yeast Development Institute, Korea)를 사용하였다.

2. 종초 및 식초 제조

한국미생물 보존센터에서 분양받은 *Acetobacter aceti* KCCM 40229를 멸균한 에탄올 고체배지에 희석 분리하여 30°C에 3일 동안 배양한 후, 활성이 가장 크고 clear zone을 형성하는 단일 colony를 분리하였다. 이를 액체배지에 접종하여 shaking incubator(JSR, Rotary, JSSI-100C, Korea)에서 30°C, 200 rpm으로 3일 동안 배양 후 초산 생성량을 측정하여 초산 생성능이 가장 우수한 균을 선별하여 종초 제조에 사용하였다.

백미 1.2 kg을 세척하여 9시간 동안 물에 침지한 후, 물기를 제거하고 찹 솥에서 50분 동안 증자(蒸煮)하고 20분간 뜸을 들여 고두밥을 만들었다. 누룩(150 g), 효모(5.0 g, 9.83 Log CFU/g of yeast), 고두밥, 으뜸도라지 분말을 0%, 0.5%, 1%, 1.5%, 2%의 비율로 첨가한 후 생수 2 L를 넣어 고루 섞고, 25°C에서 9일 동안 1차 알코올 발효를 시켰다. 으뜸도라지의 농도를 달리하여 제조한 1차 발효액을 초발산도 2%로 조절하였으며, 알코올 농도 6%로 제성한 후 종초 10%(v/v)를 첨가하여 30°C에서 200 rpm으로 16일간 진탕 배양을 실시하여 식초를 제조하였다.

3. 이화학적 특성 측정

으뜸도라지 식초의 발효기간에 따른 pH는 pH meter(FP20, Mettler toledo, Switzerland)로 측정하고, 가용성 고형물 함량은 당도계(Pocket PAL-3, Atago, Japan)를 사용하였으며, 단위는 Brix%로 표시하였고, 총 산도는 시료 10mL에 phenolphthalein 용액을 2~3방울 넣고 0.1 N NaOH로 중화 적정하여 소요된 NaOH의 양을 acetic acid 농도로 산출하였다. 알코올 함량은 시료 100 mL를 메스실린더로 취하여 삼각 플라스크에 옮긴 후 증류 및 냉각기에 연결한 후 가열하여 증류액 70 mL를 얻은 다음 증류수로 100 mL 정용한 후 주정계(211-DK-12, Deakwang, Korea)를 이용하여 주정 환산표(Gay Luccac table)로 환산하여 산출하였다(National tax service 2010). 모든 실험은 3회 반복하여 측정하고 평균값을 나타내었다.

4. 발효수율

초산 발효가 끝난 으뜸도라지 식초의 수율은 식초 100 mL 당 생성된 초산량을 w/v로 표시하였다(Kim 등 1997).

$$\text{Yield (\%)} = (A - B / C \times 1.304) \times 100$$

A: Final acidity(% , w/v)

B: Initial acidity(% , w/v)

C: Initial alcohol concentration(% , w/v)

5. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis phenol method(Ragazzi E & Veronese G 1973)의 방법에 준하여 측정하였으며, 발효가 끝난 으뜸도라지 식초 1 mL에 2 N Folin-Ciocalteu's reagent (Sigma, USA) 0.5 mL를 가한 후 3분간 반응시켰다.

반응액에 10% Sodium carbonate(Na_2CO_3) 0.5 mL씩을 혼합하여 암소에서 1시간 동안 반응시킨 다음 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma, USA)를 사용하여 검량선을 작성한 후, 총 폴리페놀 함량은 3회 반복하

여 얻은 평균값을 mg gallic acid(mg GAE/g)로 나타내었다.

6. DPPH 자유라디칼 소거 활성

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH) free radical에 대한 소거능은 Blois MS(1958) 방법에 준하여 측정하였다. 발효가 끝난 으뜸도라지 식초를 각각 원심분리기로 원심분리하여 상등액을 0.2 mL씩 취한 후 DPPH 용액(1.5×10^{-4} M) 0.8 mL를 가하여 교반한 다음 암소에서 30분간 방치 후 UV/VIS spectrophotometer(V-530, Jasco, Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 자유라디칼 소거 활성은 3회 반복 측정하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었다.

7. 관능 평가

발효 후 숙성한 으뜸도라지 식초에 대한 관능 평가는 숙명여자대학교 식품 관련 전공 졸업생 중 본 연구에 동의한 20명을 패널로 선정하여 훈련시킨 후 관능 평가를 진행하였다. 관능 평가 항목은 색(color), 향(aroma), 맛(taste), 전체적인 기호도(overall acceptability)와 관능적 특성에 대한 차이를 7점 평점법으로 실시하였으며(IRB승인번호 :SMWU-1707-HR-068), 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

8. 통계 처리 방법

모든 자료의 통계 분석에는 SPSS Statistics(ver. 23.0, IBM Corp., USA)를 사용하였다. 각 항목별 실험 결과들은 3회 반복 측정된 평균값을 이용하여 일원배치 분산분석(One-way ANOVA) 및 이원배치 분산 분석(Two-way ANOVA)을 실시하였고, 시료 간의 유의적 차이가 있으면 Duncan's multiple range test를 통해 사후 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 으뜸도라지 알코올 발효액의 이화학적 변화

으뜸도라지 분말 첨가량에 따른 알코올 발효액의 가용성 고형물 함량 측정 결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. 가용성 고형물 함량은 발효 1일차에서 8.53~9.07 Brix%로 나타났으며, 발효 3일차에는 7.30~7.47 Brix%로 급격히 감소하였다. 발효 완료 9일째까지 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 으뜸도라지 첨가량이 증가할수록 가용성 고형물 함량은 높게 측정되었다. 알코올 함량은 Fig. 2와 같이 발효 1일차에 3.90~3.97%이었으며, 발효 3일차까지 완만히 증가하는 경향을 보였다. 알코올 농도는 발효가 진행됨에 따라 서서히 증가되는 것으로 나타났으며, 발효가 진행됨에 따라 알코올 함량은 유의적으로 증가하였다($p < 0.001$). 그러나 으뜸도라지 첨가량에 따른 알코올 함량은 유의적인 차이가 없었다. 으뜸도라지 첨가량에 따른 알코올 발효액의 pH를 살펴본 결과는 대조군

발효액의 pH가 가장 높았으며, 으뜸도라지 2% 첨가군 알코올 발효액의 pH는 가장 낮게 나타났고, 발효가 끝난 으뜸도라지 알코올 발효액의 pH는 3.8~4.7 범위로 측정되었다(Fig. 3). 산도는 발효 1일차에 0.39~0.41%였으며, 발효 시작부터 5일차까지 산도가 증가하는 경향을 보이다가 발효 9일차에는

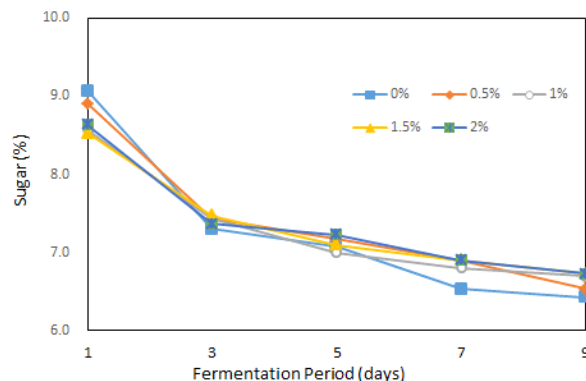


Fig. 1. Changes of soluble solid contents in fermentation liquid with *Etteum* bell flower root during fermentation.

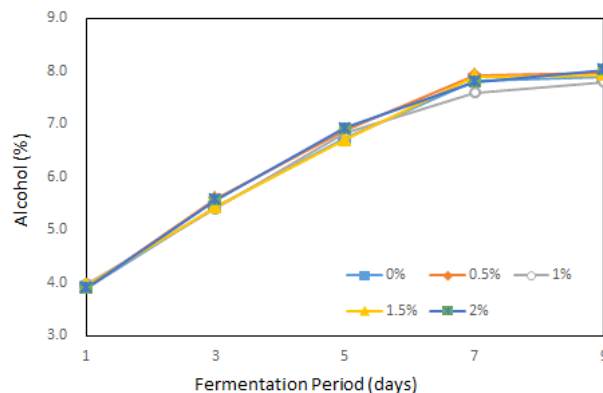


Fig. 2. Changes of alcohol contents in fermentation liquid with *Etteum* bell flower root during fermentation.

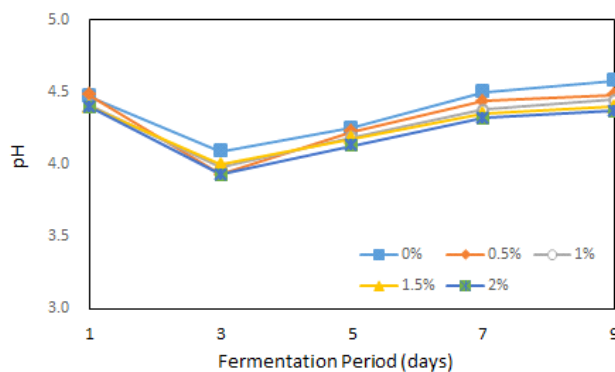


Fig. 3. Changes of pH in fermentation liquid with *Etteum* bell flower root during fermentation.

0.42~0.40%로 대조군 및 모든 첨가군에서 산도가 감소하였다 (Fig. 4).

2. 초산 발효에 따른 pH의 변화

으뜸도라지 알코올 발효액을 이용하여 제조한 식초의 발효기간 중 pH의 변화를 살펴본 결과는 Table 1과 같다. 발효가 진행될수록 으뜸도라지 식초의 pH는 낮아지는 경향을 나타냈다($p < 0.001$). 발효 2일차 으뜸도라지 식초의 pH는 4.18~4.39였으나, 발효 4일차에는 3.28~3.50, 발효 6일차에는 3.26~3.31로 감소하였으며, 발효 최종일인 16일차에는 2.98~3.03으로 측정되었다. 일반적으로 초산 발효가 진행되면 pH는 유기산 생성에 의해 감소하는 경향을 보인다고 알려져 있는데 (Lee 등 2012), 본 연구에서도 발효기간이 증가함에 따라 식초의 pH가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Ko 등(1998)의 연구에서 시판 양조식초, 현미식초, 사과식초의 pH는 각각 1.30, 1.24, 1.26이었으며, 식초 제조에 사용된 원료에 따라 pH에 차이가 있음을 보고하였다(Sim 등 2016). 으뜸도라지 첨가

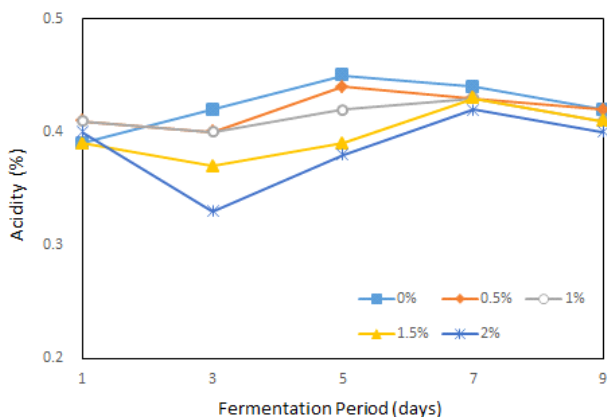


Fig. 4. Changes of acidity in fermentation liquid with *Etteum bell flower root* during fermentation.

Table 1. Changes of pH in vinegar with *Etteum bell flower root* fermentation liquid during fermentation

Samples (%)	Fermentation period (days)								F-value (p)
	2	4	6	8	10	12	14	16	
0	4.39±0.03 ^{1)a}	3.50±0.02 ^b	3.26±0.02 ^{bc}	3.22±0.02 ^c	3.24±0.01 ^c	3.11±0.02 ^d	3.06±0.01 ^e	2.98±0.03 ^f	484(0.747) ^{NS}
0.5	4.18±0.01 ^a	3.44±0.01 ^b	3.29±0.05 ^{bc}	3.22±0.02 ^c	3.27±0.02 ^c	3.18±0.03 ^d	3.09±0.02 ^e	3.00±0.02 ^f	
1	4.29±0.01 ^a	3.47±0.02 ^b	3.31±0.05 ^{bc}	3.23±0.01 ^c	3.25±0.03 ^c	3.18±0.01 ^d	3.05±0.02 ^e	3.03±0.04 ^f	
1.5	4.31±0.03 ^a	3.43±0.01 ^b	3.25±0.01 ^{bc}	3.24±0.01 ^c	3.26±0.01 ^c	3.15±0.01 ^d	3.07±0.01 ^e	2.98±0.01 ^f	
2	4.36±0.02 ^a	3.28±1.75 ^b	3.26±0.01 ^{bc}	3.23±0.04 ^c	3.24±0.02 ^c	3.20±0.01 ^d	3.11±0.02 ^e	3.00±0.01 ^f	
F-value (p)	2.634(0.001) ^{***}								

¹⁾ Each value is mean±S.D.(n=3).

^{a-f} Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{***} $p < 0.001$, ^{NS} not significant.

량에 따른 식초의 pH를 살펴본 결과, 최종 발효 후 대조군인 무첨가 식초의 pH가 2.98로 가장 낮게 측정되었으나, 첨가량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 이는 으뜸 열매 식초(Lee 등 2014)와 유사한 경향을 나타내었다.

3. 초산 발효에 따른 가용성 고형물 함량의 변화

으뜸도라지 알코올 발효액을 이용하여 제조한 식초의 발효기간 중 가용성 고형물 함량 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. 발효 2일차 식초의 가용성 고형물 함량은 4.83~4.93 Brix%로 측정되었으며, 발효기간이 증가할수록 가용성 고형물 함량은 서서히 낮아지는 경향을 나타내었다($p < 0.001$). 으뜸도라지 첨가량에 따른 식초의 가용성 고형물 함량 차이를 살펴 본 결과, 최종 발효 후 1% 첨가군의 가용성 고형물 함량이 3.07 Brix%로 가장 낮게 나타났으나, 시료 간 유의적인 차이는 없었다. Hong 등(2012b)은 초산 발효 과정에서 당분은 초산균의 대사 작용으로 일부는 에너지원으로 이용되고, 대부분 산으로 변화된다고 보고한 것과 같이 본 연구에서도 발효기간에 따른 가용성 고형물 함량의 유의적인 차이를 보여 주었다. 흑마늘 첨가량을 달리한 식초(Sim 등 2016) 연구에서는 식초 발효 시 초산균은 당분보다는 알코올을 발효기질로 이용하며, 발효 초기 가용성 고형물 함량에 미량의 변화가 있는 것은 1차 알코올 발효 후 완전히 제거되지 않은 효모의 작용으로 인해 당류의 일부가 분해되기 때문인 것으로 보고하였으며, 초산발효가 진행되면서 당류가 발효기질로 이용되지 않았기 때문에 발효기간에 따른 차이가 없는 것으로 판단하여 본 연구 결과와는 다른 경향을 나타내었다.

4. 초산 발효에 따른 알코올 함량의 변화

으뜸도라지 알코올 발효액을 이용하여 제조한 식초의 발효기간에 따른 잔류 알코올 함량의 변화를 측정 한 결과는 Table 3과 같다. 알코올 함량은 발효가 진행됨에 따라 유의적

Table 2. Changes of soluble solid contents in vinegar with *Etteum* bell flower root fermentation liquid during fermentation

Samples (%)	Fermentation period (days)								F-value (p)
	2	4	6	8	10	12	14	16	
0	4.90±0.00 ^{1)ab}	4.80±0.00 ^a	4.50±0.26 ^{ab}	4.50±0.00 ^{bc}	4.20±0.00 ^{cd}	3.93±0.06 ^d	3.87±0.06 ^d	3.40±0.00 ^e	2.084(0.91) ^{NS}
0.5	4.93±0.06 ^{ab}	4.70±0.00 ^a	4.60±0.00 ^{ab}	4.40±0.00 ^{bc}	4.07±0.06 ^{cd}	3.97±0.06 ^d	3.77±0.06 ^d	3.33±0.06 ^e	
1	4.83±0.86 ^{ab}	4.60±0.06 ^a	4.40±0.00 ^{ab}	4.23±0.06 ^{bc}	3.90±0.00 ^{cd}	3.87±0.06 ^d	3.87±0.06 ^d	3.07±0.06 ^e	
1.5	4.93±0.06 ^{ab}	4.80±0.00 ^a	4.70±0.00 ^{ab}	4.50±0.00 ^{bc}	4.10±0.00 ^{cd}	3.93±0.06 ^d	3.87±0.06 ^d	3.23±0.06 ^e	
2	4.90±0.00 ^{ab}	4.70±0.00 ^a	4.60±0.00 ^{ab}	4.30±0.00 ^{bc}	4.10±0.00 ^{cd}	3.87±0.06 ^d	3.80±0.00 ^d	3.33±0.06 ^e	
F-value (p)	18.100(0.001) ^{***}								

¹⁾ Each value is mean±S.D.(n=3).

^{a-e} Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{***} $p<0.001$, ^{NS} not significant.

Table 3. Changes of alcohol contents in vinegar with *Etteum* bell flower root fermentation liquid during fermentation

Samples (%)	Fermentation period(days)								F-value (p)
	2	4	6	8	10	12	14	16	
0	6.70±0.00 ^{1)aa}	5.87±0.12 ^{ba}	5.25±0.10 ^{ca}	4.70±0.00 ^{da}	4.20±0.06 ^{ea}	3.07±0.06 ^{fa}	2.50±0.00 ^{ga}	0.90±0.00 ^{ha}	7.820 (0.001) ^{***}
0.5	6.67±0.06 ^{aAB}	5.73±0.06 ^{bAB}	5.12±0.06 ^{cAB}	4.50±0.00 ^{dAB}	4.10±0.06 ^{eAB}	3.23±0.06 ^{fAB}	2.40±0.10 ^{gAB}	0.87±0.06 ^{hAB}	
1	6.87±0.06 ^{aBC}	5.73±0.06 ^{bBC}	5.15±0.00 ^{cBC}	4.50±0.06 ^{dBC}	4.00±0.06 ^{eBC}	3.37±0.06 ^{fBC}	2.63±0.06 ^{gC}	0.87±0.06 ^{hBC}	
1.5	6.77±0.06 ^{aCD}	5.78±0.00 ^{bCD}	5.22±0.12 ^{cCD}	4.70±0.00 ^{dCD}	4.17±0.15 ^{eCD}	3.07±0.06 ^{fCD}	2.17±0.06 ^{gCD}	0.63±0.15 ^{hCD}	
2	6.73±0.06 ^{ad}	5.77±0.06 ^{bd}	5.08±0.06 ^{cd}	4.40±0.00 ^{dd}	4.10±0.06 ^{ed}	3.23±0.06 ^{fd}	2.50±0.10 ^{gd}	0.83±0.06 ^{hd}	
F-value (p)	13,015.822(0.001) ^{***}								

¹⁾ Each value is mean±S.D.(n=3).

^{a-e} Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{A-E} Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{***} $p<0.001$.

으로 감소하는 경향을 나타내었다($p<0.001$). 발효 2일차 식초의 잔류 알코올 함량은 6.67~6.87%로 나타났고, 발효 4일차에 5.77~5.87%로 알코올 함량이 감소하였는데, 이는 감식초 제조 시 발효 3, 4일 이후에 알코올 함량의 감소와 총산 함량이 급격하게 증가했다는 보고와 비슷한 경향을 나타내었다(Jeong 등 1998). 최종 발효 완료일인 16일차에는 잔류 알코올 농도가 0.63~0.93%로 측정되어 발효 종료 후 모든 시료의 잔류 알코올 함량이 1% 미만으로 나타났는데, 이는 우리나라 산업자원부 기술표준원에서 정한 과실 식초의 조건(Kim 등 2008)을 만족하는 결과를 보였다. 또한, 으뜸도라지 첨가량에 따라 초산 발효 중 알코올 함량은 유의적인 차이를 보였는데, 무첨가군의 잔류 알코올 함량이 0.90%로 가장 높게 측정되었다. 이는 유자과즙을 이용한 식초(Kim 등 1997)연구에서 부영양원 무첨가군이 부영양원 첨가군보다 전체적으로 잔류 알코올량이 많아 부영양원 첨가군의 발효가 더 빨리 진행되는 것을 알 수 있었다고 보고하였는데, 본 연구와 유사한 경향을 보였다. 발효 시 초기 알코올 함량은 5~6%가 적절한

것으로 보고되어 있는데, 이는 초산발효에서 알코올 함량이 높은 경우 균의 생육을 느리게 하며, 산 생성능을 저하시키지만 적절한 알코올 농도는 발효 초기의 pH 저하를 통해 잡균의 번식을 억제하며, 빠른 산 생성능을 증가시키는 효과가 있기 때문이다(Shin 등 2018).

5. 초산발효에 따른 산도의 변화

식초의 품질 판정의 지표로 이용되는 초산은 초산균의 작용으로 생성되는데(Kang 등 2011), 국내에서는 초산으로서 총산(w/v%) 함량을 4.0~29.0% 범위로 정하고 있으며, 예외적으로 감식초는 2.6% 이상으로 규정하고 있다(Ann YG 2001). 으뜸도라지 알코올 발효액을 이용하여 제조한 식초의 총 발효 기간 중 산도의 변화는 Table 4와 같다. 발효기간이 증가할수록 산도는 높아지는 경향을 나타냈는데, 발효 2일차에 2.08~2.46%를 나타냈으며, 발효 3일차부터 2.25~2.65%로 완만하게 증가하다가 발효 6일차부터 큰 폭으로 증가하여 발효 종료일인 16일차에는 6.66~7.21%로 측정되었으며, 모든 실험군

Table 4. Changes of acidity in vinegar with *Etteum* bell flower root fermentation liquid during fermentation

Samples (%)	Fermentation period(days)								F-value (p)
	2	4	6	8	10	12	14	16	
0	2.10±0.05 ^{1)aA}	2.25±0.10 ^{bA}	3.35±0.02 ^{cA}	4.60±0.00 ^{dA}	4.89±0.06 ^{eA}	5.65±0.06 ^{fA}	6.80±0.10 ^{gA}	7.21±0.10 ^{hA}	505.677 (0.001) ^{***}
0.5	2.40±0.10 ^{aB}	2.65±0.03 ^{bB}	3.35±0.04 ^{cB}	4.40±0.00 ^{dB}	4.85±0.06 ^{eB}	5.55±0.05 ^{fB}	6.71±0.09 ^{gB}	7.15±0.13 ^{hB}	
1	2.46±0.07 ^{aB}	2.65±0.10 ^{bB}	3.43±0.03 ^{cB}	4.40±0.06 ^{dB}	4.85±0.06 ^{eB}	5.65±0.05 ^{fB}	6.65±0.05 ^{gB}	7.12±0.08 ^{hB}	
1.5	2.17±0.15 ^{aC}	2.45±0.10 ^{bC}	3.19±0.05 ^{cC}	4.10±0.00 ^{dC}	4.70±0.15 ^{eC}	5.45±0.04 ^{fC}	6.60±0.10 ^{gC}	7.05±0.05 ^{hC}	
2	2.08±0.04 ^{aD}	2.46±0.04 ^{bD}	3.09±0.13 ^{cD}	3.70±0.00 ^{dD}	4.31±0.06 ^{eD}	5.10±0.10 ^{fD}	5.80±0.10 ^{gD}	6.66±0.07 ^{hD}	
F-value (p)	6,724.261(0.001) ^{***}								

¹⁾ Each value is mean±S.D.(n=3).

^{a-h} Values with different small letters within a row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{A-B} Values with different capital letters within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{***} $p<0.001$.

에서 식초의 식품공전 기준인 4%(v/v, 초산기준)(Lee 등 1998) 이상으로 발효가 진행되었다. 으뜸도라지 첨가량에 따른 산도의 변화를 살펴본 결과, 무첨가군의 최종 산도가 7.21%로 으뜸도라지를 첨가한 식초(6.66~7.15)에 비해 산도가 높게 측정되었으며, 총산 함량은 pH 저하 현상과 반대로 발효의 진행과 함께 당, 에탄올, 기타 성분들이 초산으로 변하면서 증가한다고 보고되어 있다(Kim 등 2001). Baek 등 (2011)은 식초 제조 시 산도의 증가는 첨가구에 따른 차이는 크지 않다고 보고하였으며, 초기 알코올 농도 및 초기 산도에 따라 달라질 수 있다고 하였다. 고추를 첨가한 발효식초(Park 등 2010) 연구에서 고추의 첨가량에 따른 발효과정 중 총산 함량의 차이는 크지 않았으며, 고추 40~50% 첨가구가 다른 처리구에 비해 발효 속도가 약간 낮은 것으로 보고하였는데, 이는 본 연구와 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 으뜸도라지와 고추가 가진 항균성으로 인해 초산발효에 영향을 준 것으로 사료된다. Shin 등(2017)은 섬애약쑥 주정추출물이 첨가된 시료들의 발효가 지연된 것은 쑥의 항균작용에 의한 것으로 추측하였으며, 이러한 항균활성은 식초의 발효 초기 잡균 번식을 방지하는데 기여할 것으로 예상된다고 보고하였다. 반면, 레몬그라스 식초(Yi 등 2017) 연구 결과에서 레몬그라스 함유에 따른 초산발효 저해는 없는 것으로 나타나, 첨가 시료의 특성에 기인하는 것을 알 수 있었다.

6. 발효 수율

발효 시 초기 알코올 농도가 초산발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 알코올 농도에 따른 이론적인 초산 생성량에 대한 순수 초산 생성량을 환산한 결과는 Fig 5와 같다. 알코올 농도 6.7%에서 발효하여 최종 산도 7.21%를 얻은 무첨가군의 발효 수율이 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 1.5% 으뜸도라지의 첨가군의 수율이 높게 측정되었다. Kim 등

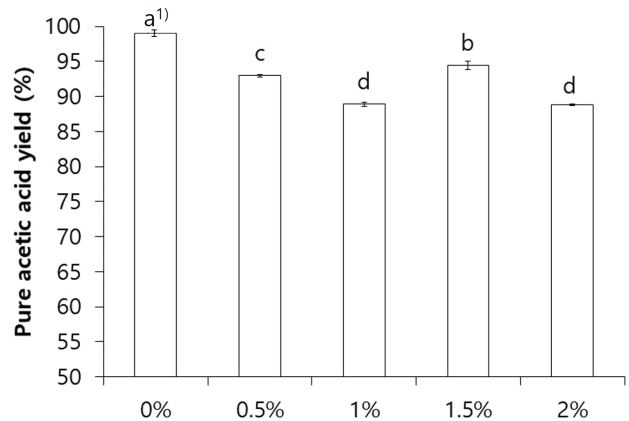


Fig. 5. Pure acetic yield of vinegar fermented with *Etteum* bell flower root fermentation liquid. ¹⁾ Values with different letters are significantly different at $p<0.05$.

(1997)은 유자 원액의 함량이 높을수록 초산 발효가 원만하게 일어나지 않아 초산 수득률이 낮았고, 부영양원이 첨가된 유자과즙 10, 20 및 30% 첨가군의 초산 생성량이 훨씬 높았으며, 반면 부영양원을 첨가한 유자즙 40~50% 첨가군에서는 부영양원 무첨가군과 차이가 나지 않는다고 보고하였는데, 이러한 결과는 본 연구와 비슷한 양상을 나타내었다. 으뜸도라지 무첨가군의 경우, 발효 초기 당의 함량이 다른 군에 비해 낮아 비교적 높은 수율을 보였으며, 으뜸도라지 1.5% 첨가군의 경우, 초산 발효 과정 중에 도라지에 함유된 무기질이 부영양원으로 역할을 하여 발효 수율이 높게 나타난 것으로 사료된다. 일반적으로 알코올이 초산으로 전환되는 비율은 에탄올 중량의 1.64배 정도이며, 율 식초의 경우 88~90%의 효율을 나타내었으며, 식초마다 수율의 차이는 발효과정 중 초산이나 알코올 증발과 초산균에 따른 특성으로 보인다고 보고하였다(Baek 등 2016).

7. 으뜸도라지 식초의 총 폴리페놀 함량

폴리페놀 화합물은 tannins, catechins, flavonoids, isoflavones, anthocyanins, lignans, resveratrols 등을 총칭하며, 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사 화합물로 다수의 히드록실기 (-OH) 기를 가지고 있어 여러 화합물과 쉽게 결합하는 성질을 가진다(Kim 등 2012). 또한, 항암, 항당뇨, 항고혈압, 항염증, 항노화 및 항산화 효능이 높은 것으로 알려져 있다(Lee 등 2013). 발효가 끝난 으뜸도라지 식초의 총 페놀 함량은 대조군(332.93 mg GAE/g)에 비하여 으뜸도라지를 첨가한 식초의 총 폴리페놀의 함량이 높게 측정되었다. 2% 첨가 식초(489.12 mg GAE/g)의 폴리페놀 함량이 가장 높았으며, 1.5% 첨가(429.24 mg GAE/g), 1% 첨가 식초(383.35 mg GAE/g), 0.5% 첨가 식초(332.92 mg GAE/g) 순으로 나타나, 으뜸도라지 첨가량이 증가될수록 식초의 총 페놀의 함량이 높게 측정되었다(Fig. 6). 따라서 으뜸도라지 식초의 높은 폴리페놀 함량은 항산화 활성을 증강시켜 기능성이 강화된 식초 제조의 가능성을 보여줄 것으로 사료된다. Kim 등(2017)은 대표적인 식물계 폴리페놀 물질로는 플라보노이드와 탄닌이 있으며, 페놀 화합물의 항산화 기작이 radical 소거능 작용에 기인하므로 총 페놀 함량이 증가할수록 항산화 활성이 높아지며, DPPH radical 소거능이 높은 것은 총 페놀 함량이 높았던 결과와 일치하는데, 이는 본 연구와 같은 결과를 나타내었다. 흑마늘의 첨가량을 달리한 식초의 품질 특성(Sim 등 2016) 연구에서 흑마늘의 첨가량이 많을수록 총 폴리페놀 화합물의 함량은 더 높게 유지되었으며, 첨가량에 따른 총 폴리페놀의 화합물의 함량 차이는 원료인 흑마늘의 첨가량에 영향을 받는다고 보고하여 본 연구의 결과와도 일치하였다.

8. 으뜸도라지 식초의 DPPH 자유라디칼 소거능

으뜸도라지의 첨가량을 달리한 으뜸도라지 식초의 DPPH

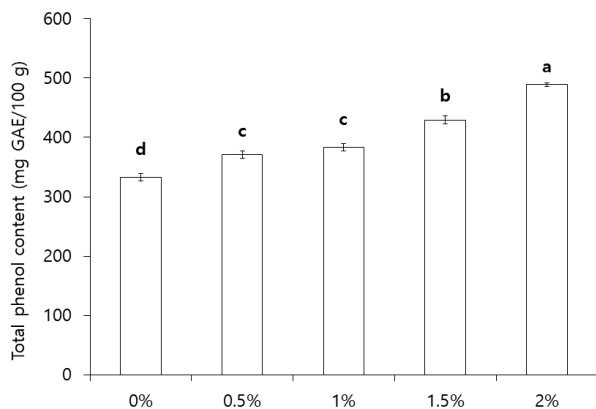


Fig. 6. Total phenol contents of vinegar fermented with *Etteum* bell flower root fermentation liquid. ¹⁾ Values with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

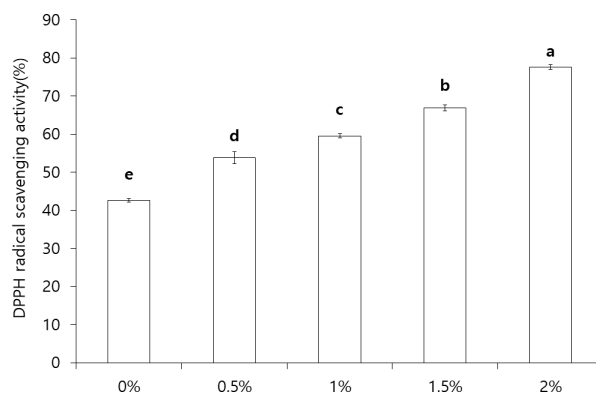


Fig. 7. DPPH radical scavenging activity in vinegar fermented with *Etteum* bell flower root fermentation liquid. ¹⁾ Values with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

radical 소거능은 Fig. 7에 제시하였다. 대조군(42.57%)에 비해 으뜸도라지를 첨가한 식초의 DPPH radical 소거능이 53.80~77.56%로 높게 측정되었으며, 으뜸도라지의 첨가 비율이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하였다. 으뜸도라지의 함량이 가장 높은 2% 첨가 식초의 DPPH radical 소거능이 71.17%로 가장 높게 측정되었다. 식초의 경우, 발효과정 중에 생성된 유기산 등의 추가적인 유효성분이 DPPH radical 소거능 활성을 향상시킨다고 보고하였으며(Hong 등 2012b), Chung 등(2010)은 버섯 식초 연구에서 세 종류의 버섯에서 발효에 의한 추출이 훨씬 높은 총 폴리페놀 함량을 보인 이유는 발효에 의한 유효성분의 추출이 더 효과적인 것으로 사료된다고 보고하였다. Shin 등(2014)은 썩을 첨가하여 제조한 식초에서 썩 첨가량에 따라 높은 항산화능을 나타내었으며, 이는 장기간 발효과정 중에 썩으로부터 폴리페놀 화합물 등이 용출되었기 때문인 것으로 보고하였다. 으뜸 열매 식초의 품질 특성 연구에서(Lee 등 2014)도 으뜸 열매 첨가량이 증가할수록 라디칼 소거능이 높았다고 보고하여 본 연구와 같은 결과를 나타내었다.

9. 관능 평가

으뜸도라지 알코올 발효액을 첨가하여 발효가 끝난 식초에 대한 관능 평가 결과는 Table 5와 같다. 관능 평가 항목 중 전반적인 기호도의 경우 으뜸도라지 1.5% 첨가군이 5.04로 가장 높게 평가되었으며, 대조군의 경우 3.58로 기호도가 가장 낮게 측정되었다.

색에 대한 기호도 평가에서는 시료 간의 유의적인 차이를 나타내지 않았으며, 향에 대한 기호도 평가에서 1.5% 첨가군이 각각 4.67로 가장 높게 평가되었으며, 맛의 기호도 역시 1.5% 첨가군이 가장 높은 평가를 받았고, 대조군인 무첨가군

Table 5. Sensory evaluation of vinegar fermented with *Etteum* bell flower root fermentation liquid

		Samples					F-value (p)
		0%	0.5%	1%	1.5%	2%	
Acceptability	Overall preference	3.58±1.89 ^{1)c2)}	3.83±1.17 ^b	4.08±1.21 ^a	5.04±1.43 ^a	4.42±0.93 ^b	4.142(0.04) [*]
	Color	4.33±1.69	4.04±0.46	4.04±0.20	4.25±0.85	4.00±0.54	0.693(0.598) nd
	Aroma	3.08±1.69 ^c	3.92±1.64 ^{abc}	3.54±1.35 ^{bc}	4.67±1.40 ^a	4.17±1.46 ^{ab}	3.789(0.05) [*]
	Taste	3.17±1.99 ^c	3.96±1.37 ^b	4.08±1.21 ^b	5.13±1.15 ^a	4.04±0.95 ^b	6.100(0.001) ^{***}
Characteristic intensity rating	Color	3.67±1.63	3.71±1.83	4.17±1.01	4.42±1.41	4.38±1.01	5.059(0.195) ^{NS}
	Doraji flavor	1.38±0.49 ^d	2.38±1.28 ^c	2.67±0.82 ^c	3.75±1.26 ^b	4.46±0.98 ^a	34.213(0.001) ^{***}
	Alcoholic odor	4.00±1.82	3.50±0.98	3.50±1.14	3.50±0.78	3.46±1.25	0.813(0.519) ^{NS}
	Sourness	4.83±1.17 ^a	3.58±1.28 ^b	3.29±0.81 ^b	3.92±0.72 ^b	3.92±1.18 ^b	7.244(0.001) ^{***}
	Bitterness	2.63±1.01 ^b	2.75±1.19 ^b	3.00±1.18 ^b	4.08±0.88 ^a	4.25±1.26 ^a	11.409(0.001) ^{***}
	Tangy taste	3.83±2.08	3.13±1.48	3.25±1.39	4.00±1.02	3.83±1.63	1.521(0.201) ^{NS}

¹⁾ Mean±S.D. (n=20).

²⁾ Different superscripts (^{a-c}) in a row indicate significant differences at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

* $p<0.05$, *** $p<0.001$, ^{NS} not significant.

의 기호도가 가장 낮게 나타났다.

품질특성의 강도 평가 중, 색 및 알코올 향, 특 쏘는 맛, 강도 항목에서는 첨가 농도별 간에 유의적인 차이가 없었으며, 도라지향은 2% 첨가군이 4.46으로 가장 높게 평가되었고, 첨가량이 증가할수록 도라지향의 강도가 높게 나타났다. 신맛의 경우는 무첨가군이 4.83으로 첨가군(3.29~3.92)에 비해 높게 평가되었으며, 쓴맛의 경우에는 1.5%와 2% 첨가군이 가장 높게 나타났으며, 대조군이 2.63으로 가장 낮게 나타났다.

도라지의 맛이 강할수록 전반적인 기호도는 증가하는 경향이었으나, 2% 이상 첨가 시에는 도라지향과 쓴맛이 지나치게 높아 전반적인 기호도가 떨어지는 것으로 나타났다. 대조군에 비해 모든 항목에서 으뜸도라지 첨가군의 기호도가 높게 평가되었으며, 이 중 1.5% 첨가군 식초가 전반적인 기호도, 향, 맛에 대한 기호도가 가장 높게 나타났다. 따라서 으뜸도라지 알코올 발효액으로 식초를 제조할 경우, 1.5% 첨가가 기호성을 높이는 데 가장 적합할 것으로 사료된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 기능성과 생산성이 우수한 신제품 으뜸도라지를 이용하여 알코올 발효액을 제조한 다음 식초로 발효시켜 품질 특성과 항산화능 및 관능적 특성을 평가하였다. 발효 완료 후 식초의 최종 pH는 2.98~3.03이었으며, 발효 기간이 증가함에 따라 pH도 서서히 증가하였으나, 도라지 첨가량에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 식초의 가용성 고형물 함량 측정 결과, 발효 2일차부터 가용성 고형물 함

량이 서서히 감소하여 발효 완료 16일째까지 점차적으로 감소하는 추세를 보였으며, 최종 가용성 고형물 함량은 3.07~3.40 Brix%로 측정되었다. 식초의 잔류 알코올 함량 측정 결과, 발효가 진행됨에 따라 알코올 함량은 점차 감소하여 최종 발효 후 알코올의 함량은 0.83~0.90%로 측정되었으며, 으뜸도라지 첨가량이 증가함에 따라 미미하게 잔류 알코올의 함량은 감소하는 추세를 보였다. 산도 측정 결과, 발효 시작부터 발효 완료일인 16일차까지 산도는 점차 증가하여, 최종 산도는 6.66~7.21로 측정되었으며, 으뜸도라지 첨가 농도가 증가할수록 산도는 낮게 측정되었다. 최종 발효가 완료된 식초의 발효 수율을 살펴본 결과, 무첨가군이 가장 높게 나타났으며, 그다음으로 1.5% 으뜸도라지의 첨가군의 발효 수율이 높게 측정되었다. 발효가 완료된 으뜸도라지 식초의 총 페놀 함량을 측정한 결과, 으뜸도라지 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량이 높게 나타났으며, DPPH 자유라디칼 소거능 또한 으뜸도라지 첨가 비율이 증가할수록 항산화능이 증가하였다. 으뜸도라지 첨가 농도에 따른 식초의 관능평가 결과, 으뜸도라지 1.5% 첨가군이 전반적인 기호도, 향, 맛에서 가장 높은 평가를 받았다. 이상의 결과에서 으뜸도라지를 첨가하여 식초를 제조할 경우, 총 폴리페놀 함량 및 항산화능을 증가시켜 기능성을 높임은 물론 도라지 특유의 향취로 인해 관능적 기호도를 높여 식초의 전반적인 기호도를 향상시키는 것을 확인할 수 있었다.

References

Ann YG, Kim SK, Shin CS. 2001. Studies on wax gourd-

- ginseng vinegar. *Korean J Food Nutr* 14:239-244
- Ann YG, Oh MH, Lee BY. 2012. Vinegar produced from *Chrysanthemum zawadskii* and pearl shell. *Korean J Food Nutr* 25:90-98
- Baek CH, Choi JH, Choi HS, Jeong ST, Lee SW, Kwon JH, Woo SM, Jeong YJ, Yeo SH. 2011. Quality characteristics of brown rice vinegar by ferment raio. *Korean J Food Preserv* 18:875-883
- Baek SY, Kim JS, Mun JY, Lee CH, Park YK, Yeo SH. 2016. Quality characteristics of detoxified *Rhus verniciflua* vinegar fermented using different acetic acid bacteria. *Korean J Food Preserv* 23:347-354
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chung BH, Seo HS, Kim HS, Woo SH, Cho YG. 2010. Antioxidant and anticancer effects of fermentation vinegars with *Phellinus linteus*, *Innotus obliquus*, and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18:113-117
- 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
- Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, Seo KI. 2012. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:927-935
- Hwang SJ, Kim JW. 2007. Effects of roots powder of balloon flowers on general composition and quality characteristics of *Sulgidduk*. *J Korean Soc Food Cult* 22:77-82
- Jang H, Lee E, Shim YS, Seo D, Hwang J, Lee S, Ha J. 2013. Chemical characteristics and flavors of bamboo-shoot vinegar. *Korean J Food Sci Technol* 45:675-681
- Jeong YJ, Lee MH, Seo KI, Kim JN, Lee YS. 1998. The quality comparison of grape vinegar by two stages fermentation with traditional grape vinegar. *J East Asian Soc Dietary Life* 8:462-468
- Joo KH, Cho MH, Park KJ, Jeong SW, Lim JH. 2009. Effects of fermentation method and brown rice content on quality characteristics of brown rice vinegar. *Korean J Food Preserv* 16:33-39
- Kang BH, Shin EJ, Lee SH, Lee DS, Hur SS, Shin KS, Kim SH, Son SM, Lee JM. 2011. Optimization of the acetic acid fermetation condition of apple juice. *Korean J Food Preserv* 18:980-985
- Kim EJ, Baek SY, Li FY, Choi HJ, Kim MR. 2017. Physico-chemical characteristics and antioxidant activities of 'Etteum' Doraji Jungkwa substituted sucrose with oligosaccharides. *Korean J Food Cookery Sci* 33:625-635
- Kim EJ, Cho JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:337-342
- Kim EK, Choi OS, Lee YJ, Kim HS, Bae TJ. 2001. Processing of vinegar using the sea tangle (*Laminaria japonica*) extract. *J Life Sci* 11:211-217
- Kim KO, 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
- Kim SW, Park JH, Jun HK. 2008. Analysis of optimum condition for production of an onionic vinegar by two-step fermentations. *J Life Sci* 18:1410-1414
- Kim YT, Seo KI, Jeong YJ, Lee YS, Shim KH. 1997. The production of vinegar using citron(*Citrus junos* Seib.) juice. *J East Asian Soc Dietary Life* 7:301-307
- 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
- Lee BJ, Jeon SH, No IR, Kim YG, Cho YS. 2015. Effect of saponin content and antioxidant activities of *Platycodon grandiflorum* radix by cutting length. *Korean J Med Crop Sci* 23:363-369
- Lee BY. 1999. Application of electronic nose for aroma analysis of persimmon vinegar concentrates. *Korean J Food Sci Technol* 31:314-321
- Lee EK, Kwon WY, Lee JW, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of vinegar supplemented added with *Akebia quinata* fruit during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1217-1227
- Lee GE, Kim SM, Huh CK, Cho IK, Kim YD. 2015. Comparison of quality properties and identification of acetic acid bacteria for black waxy rice vinegar. *Korean J Food Preserv* 22:443-451
- Lee IS, Choi MC, Moon HY. 2000. Effect of *Platycodon grandiflorum* A. DC extract on the bronchus diseases bacteria. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15:162-166
- Lee JC, Han WC, Lee JH, Jang KH. 2012. Quality evaluation of vinegar manufactured using rice and *Rosa rugosa* Thunb. *Korean J Food Sci Technol* 44:202-206

- Lee JS, Kang YH, Kim KK, Lim JG, Kim TW, Choe M. 2013. Characteristics and antioxidative activity of fermented mixed grain beverages produced by different microbial species. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1175-1182
- Lee JY, Hwang WI, Lim ST. 1998. Effect of *Platycodon grandiflorum* DC extract on the growth of cancer cell lines. *Korean J Food Sci Technol* 30:13-21
- Lee YC, Jang OY, Kim HW, Choi CU, Yoon SK. 1999. Physicochemical characteristics of traditional vinegars in andong province. *J Korean Soc Food Cult* 14:17-20
- National Tax Service. 2010. Analysis of Alcoholic Beverages. National Tax Service, Seoul, Korea. p.40
- Oh YJ. 2016. Antioxidant activity and quality characteristics of *Maejakgwa* added *Etteum Doraji* (*Platycodon grandiflorum*) powder. Master's Thesis, Sookmyung Women's Univ. Seoul, Korea
- Park CS, Kim KS, Noh JG, Rho CW, Yoon HS. 2010. Quality characteristics of the germinated brown rice vinegar added with red pepper. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:567-572
- Park MH, Lee JO, Lee JY, Yu SJ, Ko YJ, Kim YH, Ryu CH. 2005. Isolation and characteristics of acetic acid bacteria for persimmon vinegar fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34:1251-1257
- Park MH, Lyu DK, Ryu CH. 2002. Characteristics of high acidity producing acetic acid bacteria isolated from industrial vinegar fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:394-398
- Park SJ, Kim AY, Lee HS, Kim BY, Baik MY. 2012. Effects of puffing process on the saponin components in *Platycodon grandiflorus* (jacqin) A. De candle. *Food Engineering Progress* 16:164-171
- Ragazzi E, Veronese G. 1973. Quantitative analysis of phenol compounds after thin-layer chromatographic separation. *J Chromatogr A* 77:369-375
- Shin JH, Cho KM, Seo WT. 2014. Enhanced antioxidant effect of domestic wheat vinegar using mugwort. *J Agric Life Sci* 48:95-104
- Shin JH, Kang MJ, Byun HU, Bea WY, Shin JY, Seo WT, Choi JS, Shin JH. 2017. Quality characteristics of fermented vinegar prepared with Seomaeyaksuk (*Artemisia argyi* H.) extract. *Korean J Food Preserv* 24:647-657
- Shin JY, Shin JH, Kang MJ, Kang JR, Choi JS, Seo WT, Shin JH. 2018. Quality characteristics of Seomaeyaksuk (*Artemisia argyi* H.) vinegar using a three-step continuous fermentation method. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:55-64
- Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Chemical compositions and physiological activities of Doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:717-720
- Sim HJ, Seo WT, Choi MH, Kim KH, Shin JH, Kang MJ. 2016. Quality characteristics of vinegar added with different levels of black garlic. *Korean J Food Cookery Sci* 32:16-26
- Yi MR, Kang CH, Bu HJ. 2017. Acetic acid fermentation properties and antioxidant activity of lemongrass vinegar. *Korean J Food Preserv* 24:680-687

Received 01 June, 2018
Revised 02 August, 2018
Accepted 13 August, 2018