

## 으름 열매 식초의 품질특성 및 항산화 활성

이은경<sup>1</sup> · 권우영<sup>1</sup> · 이지원<sup>1</sup> · 윤진아<sup>2</sup> · 정강현<sup>1</sup> · 송병춘<sup>3</sup> · 안정희<sup>3</sup>

<sup>1</sup>서울과학기술대학교 식품공학과

<sup>2</sup>배화여자대학교 식품영양과

<sup>3</sup>건국대학교 식품생명과학부

### Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Vinegar Supplemented Added with *Akebia quinata* Fruit during Fermentation

Eun-Kyoung Lee<sup>1</sup>, Woo-Young Kwon<sup>1</sup>, Ji-Won Lee<sup>1</sup>, Jin-A Yoon<sup>2</sup>,  
Kang-Hyun Chung<sup>1</sup>, Byeong Chun Song<sup>3</sup>, and Jeung Hee An<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Seoul National University of Science & Technology

<sup>2</sup>Department of Food & Nutrition, Baewha Women's University

<sup>3</sup>Division of Food Bioscience, Konkuk University

**ABSTRACT** This study investigated the physicochemical properties and antioxidant activity of vinegar added with different levels (0%, 1%, 3%, 5%, and 7%) of *Akebia quinata* fruit during two-step fermentation. The physicochemical properties of vinegar evaluated were pH, total acidity, alcohol, and total sugar and amino acid contents. The antioxidant activities were based on ABTS radical scavenging activity, SOD-like activity, and reducing power. During alcohol fermentation, total acidity and alcohol contents of vinegar increased, but total sugar contents decreased. During acid fermentation, total acidities of vinegar increased. Vinegar added with 7% *A. quinata* fruit showed the highest total sensory score. Total polyphenol contents of vinegar added with 0% and 1% *A. quinata* fruit were not significantly different. However, vinegar added with 3, 5, and 7% *A. quinata* fruit showed significantly higher total polyphenol contents of 136.6, 381.59, and 415.35 mg/100 g, respectively, after 13 days of fermentation. Further, total flavonoid contents of vinegar added with 0~7% *A. quinata* fruit significantly increased to 21.73, 15.79, 15.15, 26.19, and 26.87 mg/100 g, respectively, after 13 days of fermentation. In addition, tannin contents of vinegar added with 0~7% *A. quinata* fruit significantly increased to 0.2042, 0.2004, 0.1255, 0.1384, and 0.1255 mg/100 g, respectively, after 13 days of fermentation. Moreover, ABTS radical scavenging activities of vinegar added with 0~7% *A. quinata* fruit significantly increased to 5.87, 12.59, 25.63, 34.02, and 35.25, respectively, after 13 days of fermentation at a concentration of 5 mg/mL. Additionally, SOD-like activities of vinegar added with 0~7% *A. quinata* fruit significantly increased to 8.22, 17.49, 16.86, 16.89, and 15.68%, respectively, after 13 days of fermentation. Reducing power of 7% *A. quinata* fruit was 0.527 after 1 day and 1.539 at the end of fermentation. Our results demonstrate that antioxidant activity significantly increased during fermentation according to the content of *A. quinata*. Further, the total polyphenol, flavonoid, and tannin contents were shown to be closely related with antioxidant activities. Thus, *A. quinata* could be effectively used as a vinegar and functional food material based on its antioxidant activity.

**Key words:** *Akebia quinata*, vinegar, quality characteristics, antioxidant activities

## 서 론

경제성장과 생활수준의 향상으로 웰빙 식문화로 소비자들의 건강에 대한 관심이 높아지면서 질병 예방, 노화 방지 등의 각종 생리활성을 가진 기능성 제품의 수요가 점차적으로 증가하고 있다(1). 일반적으로 활성산소는 노화나 질병을 일으키는 주원인 물질로 알려져 있다. 활성산소는 우리가

호흡하는 산소와는 완전히 다르게 불안정한 상태에 있는 산소를 말하며 이것은 사람 몸속에서 산화작용을 일으켜 세포막, DNA, 그 외의 모든 세포 구조를 손상시키고 그 범위에 따라 세포가 기능을 잃거나 변질을 유도하는 것으로 알려져 있다.

항산화 물질은 활성산소에 의한 산화를 억제하고 질병 예방 및 완화에 효과가 있는 것으로 알려져 있으며 최근에 이러한 항산화 능력을 갖는 식초의 연구가 활발히 진행되고 있다(2-4). 이와 관련하여 포도를 원료로 만든 발사믹 식초(balsamic vinegar)의 항산화 활성(5,6), 미나리 발효액을 이용한 식초 제조를 통해 glioma C6 세포에서 산화적 손상

Received 13 March 2014; Accepted 15 May 2014

Corresponding author: Jeung Hee An, Division of Food Bioscience, Konkuk University, Chungju, Chungbuk 380-701, Korea  
E-mail: anjhee@kku.ac.kr, Phone: +82-43-840-3584

에 대한 보호 효과(1), 인칼균을 첨가한 식초의 항산화 활성(7), 오이 식초의 항산화 및 숙취 해소 효과(8), 오미자 식초에서 항균 활성 및 항산화 활성(9), 그 외에도 복분자(10), 사과(11), 토마토(12), 오디(13), 녹차(14), 허브(15), 버섯(16) 식초 등에서 항산화 활성이 보고되었다. 식초의 여러 가지 효능이 과학적으로 규명되면서 식초 소비량은 점차 증가되고 고급화되어 단순한 조미 용도에서 발전하여 식초음료 등 다양한 기능성 소재로만 아니라 건강식품으로도 관심이 높아지고 있다(17). 또한 식초의 생리적 기능에 대한 연구로 콜라겐과 식초의 복합식이로 콜라겐의 흡수율을 높여 탈모 방지 효과(18), 동아 홍삼 식초에서 비만 억제 효과(19), 야콘 식초에서 제2형 당뇨병의 혈당 강하 효과(20), 알로에 식초에서 lipase 저해 효과가 있음이 보고되었다(21). 또한 감귤 과피를 함유한 사과 식초에서 혈장 중성지방, total cholesterol, LDL-cholesterol의 감소와 HDL-cholesterol의 증가로 확인한 혈압 상승 방지(22) 등이 보고되었다. 최근 과일이나 야채를 이용한 식초 개발이 많이 이루어지고 있으며 이는 우리 몸에 이로운 유기산, 아미노산, 플라보노이드의 함량이 높기 때문에 건강식품으로 인정받아 성인병 예방에 효과적이며 조미료로서 뿐만 아니라 건강음료로서도 다양하게 활용되고 있다(1).

으름은 쌍떡잎식물 미나리아재비속 으름 덩굴과의 낙엽 덩굴 식물로서 학명은 *Akebia quinata*로 분포지역은 한국(황해도 이남), 일본, 중국 등에서 자생되고 있다(23). 으름의 덩굴은 목통(木通)으로 불리며 창달인후(暢達咽喉), 진해(鎮咳), 해열(解熱), 소염(消炎), 배농(排膿), 구충(驅蟲), 부종(浮腫) 치료 등의 약재로 사용되어 왔고 phenol성 물질과 saponin 함유가 높은 물질로 알려져 있다(23). 으름 열매는 팔월찰(八月札)로 불리며 혈액 순환 촉진, 통증 완화, 이뇨 작용 등의 효능이 있고 간위기통(肝胃氣痛)과 위열(胃熱)로 인한 식욕 부진, 요통, 늑막염, 월경통, 자궁 하수 등의 치료 효과가 알려져 있다(24). 현재까지 으름에 대한 연구로서 으름 덩굴에 관하여는 으름 덩굴 추출물에 의한 치아 우식증 예방(25), 으름 유래 사포닌의 HepG2 간암세포에 대한 세포 독성 및 세포 자살 유도 연구(26), 으름 물 추출물의 항세균 효과(27), 으름 줄기의 triterpene glycosides에 관한 연구(28), 으름 줄기 및 말린 과일로부터 에센셜 오일 성분에 관한 연구(29), 으름 줄기로부터 트리테르펜사포닌에 관한 연구(30), 으름 꽃과 잎의 물 추출물의 DNA 손상을 유도한 human lymphocytes에서 항산화 및 보호 효과에 관한 연구(31) 등이 있다. 반면에 으름 열매에 대한 연구에는 으름의 항산화 및 항암 효과(23), 항균 성분 분리 및 함량 분석(23), 으름 열매를 첨가한 막걸리의 이화학적 특성 및 항균, 항암, 항염증 효과(23) 등이 있다. 그러나 으름 열매를 이용한 식초 연구는 보고되지 않고 있으며 그의 생리적 기능성에 대한 연구도 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 으름 열매를 이용하여 제조한 으름 식초의 품질특성 및 항산화 활성을 통하여 노화 방지나 질병

예방에 대한 새로운 기능성 식품의 개발과 건강식품의 유용성을 제시 및 개발하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에서는 쌀(전라남도 나주), 누룩(부산광역시 금정구 금성동), 엿기름(경기도 김포시 통진읍)을 구입하여 사용하였다. 성숙한 으름 열매를 충남 홍성군 광천읍 오서산에서 채취된 것을 구입, 동결건조 하여 사용하였다. 종초는 *Acetobacter pasteurianus*를 실험실에서 배양하여 사용하였으며 미리 액체 배지에 2%(v/v) 접종하여 37°C에서 72시간 정치배양 시켰다.

### 식초 제조

쌀 1 kg을 씻고 약 15시간 정도 물에 불렸다. 이후 1시간 물을 빼고 거즈에 담아 찹통에 넣고 찌서 고두밥을 만들고 물 3 L와 누룩 300 g, 엿기름 400 g을 가하여 혼합하였다. 그 후 으름을 첨가하지 않은 대조군과 쌀의 중량 1 kg에 대해서 1, 3, 5, 7%(w/w) 으름 열매를 혼합한 것을 25°C에서 4일간 1차 알코올 발효시켰다. 1차 발효액에 초산발효를 위해 물과 희석하여 9% 알코올 함량이 되도록 조정된 뒤 종초를 10%(v/v) 접종하여 30°C에서 13일 발효시켜 으름 열매 식초를 제조하였다.

### pH, 총산 함량 및 알코올 함량 측정

pH 측정은 pH meter(HI 8014, Hanna Instruments, Keysborough, Australia)로 총 3회 측정하였고, 총산 함량은 초산 발효액 1 mL를 취하여 0.1% phenolphthalein을 지시약으로 하여 0.1 N NaOH(Daejung, Gyonggi, Korea)로 적정한 후 acetic acid(%)로 환산하여 나타내었다. 알코올 함량은 시료 100 mL에 증류수 30 mL를 가하고 증화한 후 증류하여 100 mL를 받아서 비중계로 15°C에서 알코올 함량을 측정하였다.

### 총당 함량 및 아미노산 함량 측정

총당 함량 측정은 phenol-sulfuric acid법으로 측정하였는데(32) spectrometer(Genes ys 10, Thermo Fisher Scientific, New York, NY, USA)를 이용하여 470 nm에서 흡광도를 측정하였다. 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 표준곡선에서 환산하였다. 아미노산 함량은 시료 10 mL에 formalin(Daejung) 용액 5 mL를 가하고 0.1 N NaOH(Daejung) 용액으로 적정하여 시료 중의 아미노산을 glycine으로 측정하였다.

### 색도

색도 측정은 색차계(CR-400, Konica Minolta, Osaka, Japan)를 이용하여 측정하여 L(명도, lightness), a(적색도,

redness), b(황색도, yellowness) 값으로 나타내었다.

**관능검사**

관능검사는 색, 단맛, 신맛, 쓴맛, 향, 목넘김, 전반적 기호도의 항목으로 7점 척도법으로 서울과학기술대학교 학생 20명을 선정하여 관능평가를 실시하였다.

**총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 탄닌 함량 측정**

총 폴리페놀 함량은 Slinkard와 Singleton(33)의 방법을 변형하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였고 추출물 g당 mg gallic acid equivalent(GAE, dry basis)로 총 폴리페놀의 함량을 산출하였다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen 등(34)의 방법에 따라 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선 작성에는 catechin(Sigma-Aldrich Co.)을 사용하였고, 총 플라보노이드 함량은 mg catechin equivalents(CE)/100 mL로 나타내었다. 탄닌 함량은 AOAC 방법에 따라 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선 작성에는 tannin acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였고, 탄닌 함량은 mg tannin acid equivalent(TAE)/100 g으로 나타내었다(35).

**ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능 측정**

ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능은 7 mM ABTS<sup>+</sup> 용액에 2.45 mM potassium persulfate를 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시킨 ABTS<sup>+</sup> solution을 시료와 혼합하여 암소에서 6분간 반응시켜 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과값은 추출물 첨가구와 대조군을 비교하여 라디칼의 소거활성을 백분율(%)로 나타내었다.

**SOD 유사활성**

SOD 유사활성 측정은 시료에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM trisaminomethane + 10 mM EDTA, pH 8.5)와 7.2 mM pyrogallol을 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 1 N HCl을 가하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 추출물 첨가구와 대조군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

**환원력 측정**

환원력은 시료에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6)와 1% potassium ferricyanide를 각각 혼합하여 50°C에서 20분 동안 반응시킨 후 1% trichloroacetic acid(w/v)를 가하여 원심분리 한 후 상정액에 증류수, 0.1% ferric chloride 용액을 넣어 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며 L-ascorbic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 양성대조군으로 사용하여 나타내었다.

**통계분석**

모든 값은 SPSS Version 18.0 package program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 시험구의 평균과 표준편차를 산출하고 Duncan법을 이용하여 각 시험구 간의 유의차를 5%(P<0.05) 유의수준에서 검증하였다.

**결과 및 고찰**

**알코올 발효 중의 이화학적 변화**

알코올 발효 중 pH, 총산, 총당, 알코올 함량을 측정 한 결과는 Table 1에 나타내었다. 발효 1일째 pH는 대조군이 5.99, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 5.96, 5.99, 5.75, 5.72의 값을 나타내어 으름 열매 첨가군 5, 7%에서 대조군에 비하여 유의적으로 낮았다. 모든 실험구가 4일째에는 대조군이 4.31, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 4.30, 4.30, 4.29, 4.22를 나타내어 pH가 급격히 감소하였다.

총산 함량은 발효 1일째에 대조군이 0.60%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.60, 0.64, 0.72, 0.78%로 비교적 낮은 함량을 보였으나 으름 열매 첨가량에 따른 총산 함량이 유의적으로 증가하였다. 이후 발효 4일째에 대조군이 0.61%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.66, 0.68, 0.74, 0.79%로 담금 직후와 비교해 보았을 때 총산 함량의 유의적 차이는 없었으나 으름 첨가량이 증가할수록 총산 함량은 증가되어 유의적 차이를 보였다.

**Table 1.** Changes in pH, total acidity, alcohol and brix content of vinegar added with different levels of *Akebia quinata* during alcohol fermentation period

	<i>Akebia quinata</i> (%)	1 day	4 day
pH	0	5.99±0.02 <sup>a</sup>	4.31±0.02 <sup>a</sup>
	1	5.96±0.02 <sup>a</sup>	4.30±0.03 <sup>ab</sup>
	3	5.99±0.00 <sup>a</sup>	4.30±0.01 <sup>ab</sup>
	5	5.75±0.00 <sup>b</sup>	4.29±0.02 <sup>b</sup>
	7	5.72±0.01 <sup>b</sup>	4.22±0.01 <sup>c</sup>
Total acidity (%)	0	0.60±0.01 <sup>c</sup>	0.61±0.01 <sup>d</sup>
	1	0.60±0.01 <sup>c</sup>	0.66±0.00 <sup>c</sup>
	3	0.64±0.01 <sup>c</sup>	0.68±0.01 <sup>c</sup>
	5	0.72±0.01 <sup>b</sup>	0.74±0.02 <sup>b</sup>
	7	0.78±0.02 <sup>a</sup>	0.79±0.01 <sup>a</sup>
Alcohol (%)	0	0±0	12±0.0 <sup>a</sup>
	1	0±0	12±0.0 <sup>a</sup>
	3	0±0	12±0.0 <sup>a</sup>
	5	0±0	11±0.5 <sup>a</sup>
	7	0±0	10±0.5 <sup>a</sup>
Total sugar (%)	0	7.26±0.01 <sup>c</sup>	4.48±0.01 <sup>c</sup>
	1	9.83±0.00 <sup>d</sup>	6.46±0.01 <sup>c</sup>
	3	10.67±0.00 <sup>c</sup>	7.90±0.01 <sup>bc</sup>
	5	13.06±0.00 <sup>b</sup>	9.76±0.01 <sup>ab</sup>
	7	13.63±0.01 <sup>a</sup>	11.37±0.00 <sup>a</sup>

Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript letters (a-e) in a column are significantly different (P<0.05).

발효 1일째에 알코올 함량은 대조군과 실험군 모두 0%였으며 알코올 발효 4일째에는 대조군, 으름 열매 첨가 1, 3%에서 알코올 함량이 12%였으며, 으름 열매 첨가 5, 7%에서는 각각 11, 10%였다. 으름 열매 첨가량이 증가될수록 알코올 함량에 유의적 차이는 보이지 않으나 발효 1일째보다 발효 4일째에 알코올 함량이 유의적으로 증가하였다. 이러한 실험 결과는 Park 등(10)의 연구와 같은 경향을 보였으며, 이는 알코올 발효 시 효모가 당을 영양원이나 발효 기질로 사용하여 알코올을 생성하므로 알코올 함량이 높아지게 되었기 때문이다.

총당 함량은 발효 1일째에 대조군이 7.26%, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7% 각각 9.83, 10.67, 13.06, 13.63%였으며, 발효 4일째에는 대조군이 4.48%, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 6.46, 7.90, 9.76, 11.37%로 발효 1일째보다 감소하였다. 그러나 으름 열매의 첨가량에 따라 총당 함량이 유의적으로 증가하였다. 이러한 결과는 복분자(10), 토마토(12), 오디(13) 식초 등에서 발효가 진행될수록 당 함량이 감소하였다는 결과와 유사하였으며 으름 막걸리에서 으름 첨가량에 따라 총당 함량이 증가한 결과와 유사하였다(23).

### 초산 발효 시 pH, 총산 함량 변화

발효기간 중 pH의 변화는 Fig. 1A와 같다. 초산 발효 1일째에는 pH가 대조군과 으름 열매 첨가군 7%에서 4.3, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5%에서 4.29로 시료 간 유의적 차이가 없었다. 발효가 진행됨에 따라 pH가 약간 증가하여 최종 13일째 pH는 대조군이 4.41, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서는 4.47로 대조군에 비해 pH가 유의적으로 높았으며, 으름 열매 첨가량에 따른 pH의 유의적 차이는 없었다.

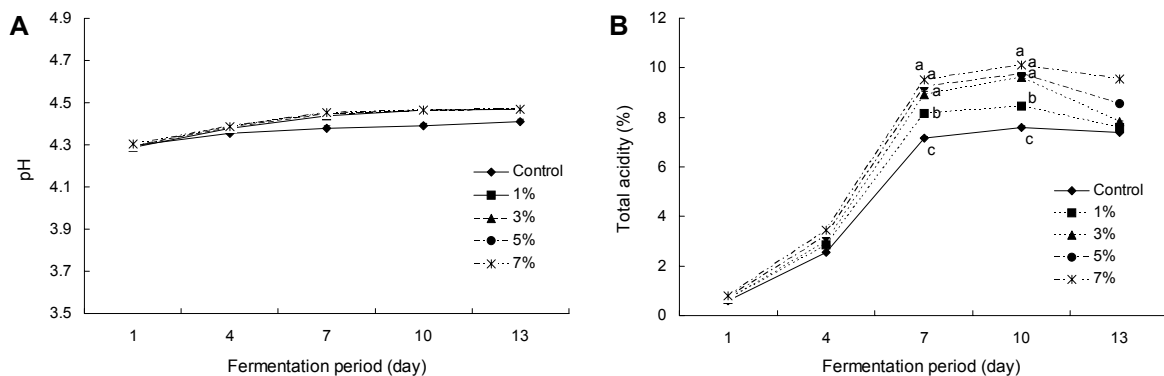
으름을 첨가하여 발효한 식초의 발효기간 중 총산 함량의 변화는 Fig. 1B와 같다. 총산 함량은 발효 1일째에 대조군이 0.61%, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.66, 0.68, 0.74, 0.79%였고, 발효 4일째에는 2.56~3.46%로 각 실험군에서 총산 함량이 약간 증가하였다. 발효 7일째에는 대조군이 7.16%, 으름 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 8.16, 8.92,

9.24, 9.52%로 대조군에 비하여 으름 열매 첨가군의 총산 함량이 유의적으로 증가하였으며, 으름 열매의 첨가량이 많을수록 총산 함량도 유의적으로 증가됨을 보여주었다. 발효 10일째에는 발효 과정 중 총산도의 최고치를 나타내 대조군은 7.6%, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 8.44, 9.60, 9.76, 10.12%를 나타내어 대조군에 비하여 으름 열매 첨가군의 총산 함량이 유의적으로 증가하였으며, 으름 열매 첨가량에 따라 총산 함량도 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째 총산 함량은 감소되어 대조군이 7.4%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 7.6, 7.82, 8.54, 9.56%를 나타냈다. 총산 함량이 증가한 원인은 초산 발효 과정 중 초산균이 알코올을 영양원이나 발효 기질로 사용하여 초산을 포함한 유기산을 생성시켜 산도가 증가한 것으로 사료되었으며, 매실 농축액을 가지고 진탕 발효한 Ko 등(36)의 발효 1일차부터 산도가 증가하는 모습을 보여준 결과와 유사하였다. 또한 후 발효 과정에서 pH는 증가되고 산도는 감소하였는데 이는 후 발효 과정이 온도가 높고 호기적인 조건에서 진행되었기 때문에 초산이 재산화된 것으로 보이며(37), 현미식초에서 적정 산도가 5.01~5.22%에서 발효 5~6주에 3~4%(38), 양과식초에서 발효 8일째에 5.39%로 최고치를 갖고 이후에 산도가 감소하였는데(39) 이는 초산을 분해하는 과산화기원인인 것으로 보인다. 오이(8), 오미자(9), 오디(13), 무화과(37) 식초의 총산 함량은 각각 5.8, 5.21, 5, 7.56%로 으름 열매 식초의 총산 함량보다 낮았는데 이는 식초의 원료와 초기 알코올이 총산 함량에 영향을 준 것으로 보인다.

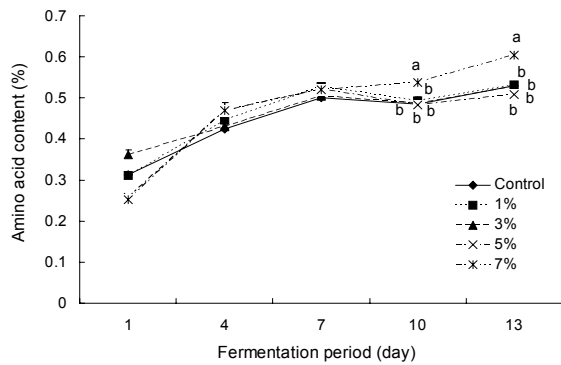
### 초산 발효 중 아미노산 함량의 변화

식초의 관능적인 맛과 품질에 영향을 주는 아미노산은 발효에 사용된 원료에서 분해되어 생성되기도 하고 일부 아미노산은 미생물의 발효에 의하여 생합성 될 수 있으며 또는 원료 자체의 아미노산 성분이 최종 제품에 반영될 수 있다(40).

으름 열매 식초의 발효 후 아미노산을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 담금 직후 아미노산의 함량은 대조군이 0.31%이



**Fig. 1.** Changes in pH (A) and total acidity contents (B) of vinegar added with different levels of *Akebia quinata* during acid fermentation period. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-c) in the same fermentation period are significantly different ( $P<0.05$ ).



**Fig. 2.** Changes in amino acid of vinegar added control, 1, 3, 5, and 7% of *Akebia quinata* during acid fermentation period. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-c) in the same fermentation period are significantly different ( $P<0.05$ ).

며 으름 열매 첨가량이 1, 3, 5, 7%일 때 각각 0.31, 0.36, 0.25%로 나타나 으름 열매 첨가량에 따른 아미노산 함량에 상관관계는 없었으나, 발효 4일째부터 대조군과 으름 열매 첨가 1, 3, 5%에서 비슷해지면서 최종 아미노산 함량이 대조군, 으름 열매 첨가군 1, 3%에서 0.53%, 으름 열매 첨가군 5%에서 0.51%를 나타내 으름 열매 첨가량에 따른 유의적 차이는 없었다. 그러나 으름 열매 첨가 7%는 발효가 종료될 때까지 지속적으로 증가하여 발효 10일째에서 아미노산 함량이 0.54%, 최종 13일째는 0.61%까지 나타나 다른 실험군과 유의적 차이를 보였다. 으름 열매 첨가량이 가장 많은 7%에서 아미노산 함량이 대조군보다 높은 것에는 으름 단백질과 누룩의 발효 과정 중 미생물이 생산하는 acid protease와 peptidase 등의 효소 작용으로 분해되어 아미노산이 생성되었기 때문이다(41).

**으름 열매 식초의 색도, 총당 측정**

으름 열매 식초의 초산 발효 중 색도, 총당 측정 결과는 Table 2에 나타내었다. L값의 변화는 발효 1일째에 대조군이 38.62, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 37.45, 36.23, 34.07, 33.63으로 으름 열매 첨가량이 증가될수록 L값이 유의적으로 감소하였다. 발효 13일째에 L값은 대조군이 51.99, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 47.18, 46.97, 43.02, 42.49를 나타내 모든 실험군에서 발효 1일째보다 13일째의 L값이 유의적으로 증가하여 발효가 진행됨에 따라 L값은 증가하였으나 으름 열매 첨가량에 따라서는 유의적으로 감소하였다. 적색도를 나타내는 a값은 발효 1일째에 대조군이 -0.13, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.71, 1.67, 2.51, 2.74로 으름 열매 첨가량이 증가될수록 a값이 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째의 a값은 대조군이 -0.47, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 -0.13, 0.68, 1.36, 2.14를 나타냈으며 모든 실험군에서 발효 1일째보다 감소하였고 으름 열매가 첨가될수록 a값이 유의적으로 증가하였다. 또한 황색도를 나타내는 b값은 발효

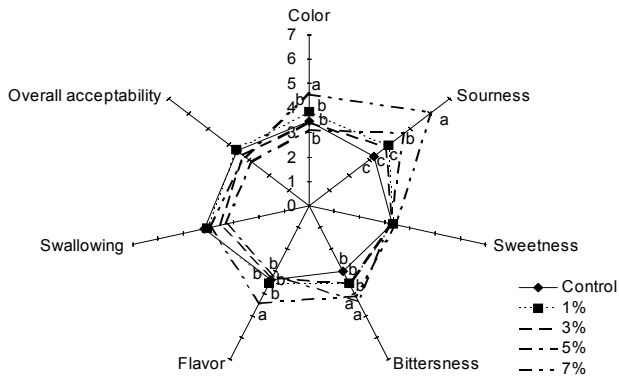
**Table 2.** Changes in color, total sugar of vinegar added 0, 1, 3, 5, and 7% of *Akebia quinata* during acid fermentation period

	<i>Akebia quinata</i> (%)	1 day	13 day
L (lightness)	0	38.62±0.07 <sup>a</sup>	51.99±0.43 <sup>a</sup>
	1	37.45±0.22 <sup>a</sup>	47.18±0.34 <sup>b</sup>
	3	36.23±0.27 <sup>a</sup>	46.97±0.25 <sup>b</sup>
	5	34.07±0.06 <sup>b</sup>	43.02±0.24 <sup>c</sup>
	7	33.63±0.17 <sup>b</sup>	42.49±0.47 <sup>c</sup>
a (redness)	0	-0.13±0.02 <sup>d</sup>	-0.47±0.00 <sup>c</sup>
	1	0.71±0.02 <sup>c</sup>	-0.13±0.02 <sup>d</sup>
	3	1.67±0.02 <sup>b</sup>	0.68±0.02 <sup>c</sup>
	5	2.51±0.03 <sup>a</sup>	1.36±0.01 <sup>b</sup>
	7	2.74±0.02 <sup>a</sup>	2.14±0.03 <sup>a</sup>
b (yellowness)	0	5.81±0.01 <sup>c</sup>	7.09±0.08 <sup>c</sup>
	1	8.13±0.03 <sup>b</sup>	9.46±0.22 <sup>d</sup>
	3	9.03±0.01 <sup>a</sup>	11.91±0.17 <sup>b</sup>
	5	9.69±0.02 <sup>a</sup>	12.19±0.04 <sup>a</sup>
	7	9.99±0.02 <sup>a</sup>	12.66±0.11 <sup>a</sup>
Total sugar (%)	0	4.48±0.01 <sup>c</sup>	2.54±0.01 <sup>c</sup>
	1	6.46±0.01 <sup>c</sup>	4.40±0.05 <sup>c</sup>
	3	7.90±0.01 <sup>bc</sup>	5.00±0.01 <sup>bc</sup>
	5	9.76±0.01 <sup>ab</sup>	6.39±0.02 <sup>ab</sup>
	7	11.37±0.00 <sup>a</sup>	8.74±0.01 <sup>a</sup>

Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different superscript letters (a-e) in a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

1일째에 대조군이 5.81, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 8.13, 9.03, 9.69, 9.99로 b값도 으름 열매 첨가량이 증가될수록 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째의 b값은 대조군이 7.09, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 9.46, 11.91, 12.19, 12.66을 나타내어 모든 실험군에서 발효 1일째보다 b값이 증가하였으며 으름 열매 첨가량이 증가될수록 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째의 L, a, b 값은 시판 현미식초에서 L, a 및 b 값이 각각 45.89, -0.66 및 8.15로 나타난 것과 유사하였으며(7), 무화과식초의 L값이 17.06~19.62인 것에 비해 높았다(37). 으름 열매 식초는 발효가 진행됨에 따라 L값이 증가된 것으로 보아 맑아진 것으로 보인다.

총당의 함량은 발효 1일째에 대조군이 4.48%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 6.46, 7.90, 9.76, 11.37%로 으름 열매가 첨가됨에 따라 총당 함량이 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째의 총당 함량은 대조군이 2.54%, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 4.40, 5.00, 6.39, 8.74%로 으름 열매 첨가량이 증가됨에 따라 총당 또한 유의적으로 증가됨을 보여주었다. 발효가 진행됨에 따라 당의 함량이 감소된 것에는 발효 1일째 14.0°Brix에서 5일째 7.3°Brix로 급격히 감소한 오디식초(13)와 복분자식초의 발효가 진행됨에 따라 15.0°Brix에서 발효 2일째 7.3°Brix로 감소했다는 결과와 유사하였다(10).



**Fig. 3.** Sensory evaluation of vinegar with different levels of *Akebia quinata*. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-e) in an item are significantly different ( $P<0.05$ ).

### 관능검사

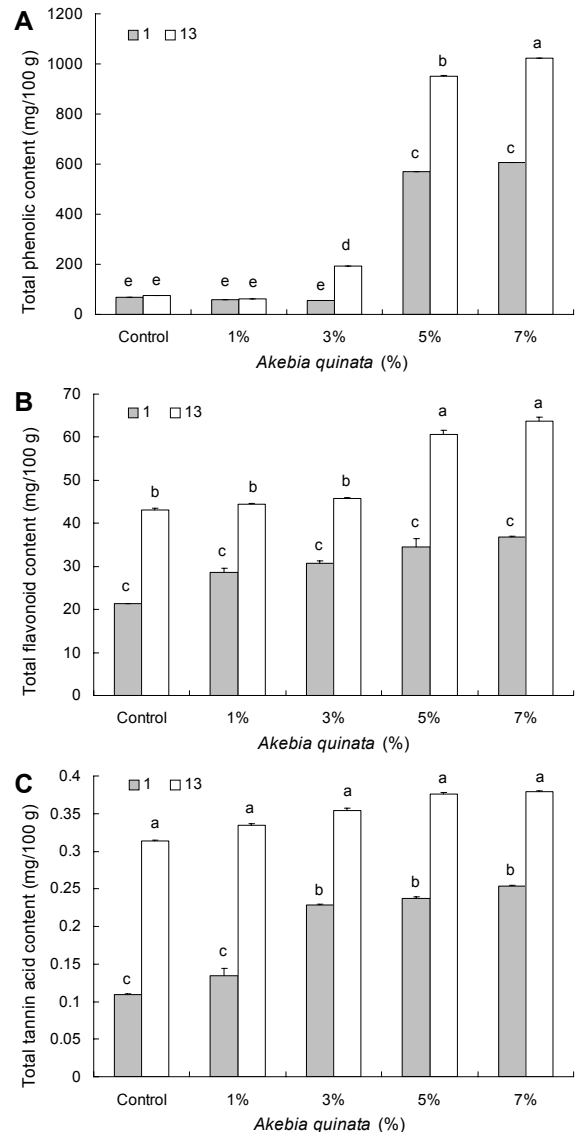
으름 열매를 첨가하여 만든 식초의 관능검사 결과는 Fig. 3에 나타내었다. 색, 신맛, 향은 으름 7%에서 다른 실험군에 비하여 유의적으로 차이를 보였으며 쓴맛은 으름 열매 첨가군 5%에서 유의적인 차이를 보였다. 목넘김과 전반적인 기호도는 다른 실험군과 비교하였을 때 유의적 차이는 없었으나 으름 열매 첨가군 0%에서 가장 높았다. 전체적 관능평가에서 볼 때 으름 열매 7% 첨가군이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

### 으름 열매 식초의 총 폴리페놀 함량의 변화

폴리페놀성 물질은 식물체에 널리 분포되어 있는 2차 대사산물 중의 하나로 다양한 구조와 분자량을 가진다. 이들은 phenolic hydroxy기를 가지고 있기 때문에 단백질 및 기타 거대 분자들과 결합하는 성질을 나타내며 항산화 효과 등의 생리활성 기능을 가진다는 보고가 있다(42).

으름 열매 식초의 발효 1일째와 발효 13일째의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 4A와 같다. 발효 1일째에 총 폴리페놀 함량은 대조군 69.93 mg/100 g, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 59.97, 56.7, 570.52, 607.07 mg/100 g으로 나타났으며 으름 열매 첨가군 5와 7%에서 대조군에 비하여 유의적으로 증가하였다.

발효 13일째의 총 폴리페놀 함량은 대조군이 76.77 mg/100 g, 으름 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 61.04, 193.3, 952.11, 1,022.42 mg/100 g을 나타냈다. 으름 열매 첨가량이 증가됨에 따라 총 폴리페놀 함량도 유의적으로 증가하였다. 이는 으름 과육의 유효 성분이 발효 과정에서 추출된 것으로 사료되었으며 오디식초에서 오디식초의 농도가 증가할수록 폴리페놀 함량이 높아진 결과(13)와 유사하였다. 또한 복분자(10), 상향, 차가, 느타리버섯 발효 식초(16)가 물 추출물보다 폴리페놀의 함량이 높다고 한 결과와도 유사하였다. 대조군과 으름 열매 첨가 1%에서는 총 폴리페놀 함량에 유의적 차이가 없었으나 으름 열매 첨가군 3, 5, 7%에서



**Fig. 4.** Contents of total phenolics (A), total flavonoids (B), and total tannin acids (C) in vinegar added with different levels of *Akebia quinata* during acid fermentation period. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-e) above the bars are significantly different ( $P<0.05$ ).

총 폴리페놀 함량이 발효 1일째보다 각각 136.6, 381.59, 415.35 mg/100 g 유의적으로 증가됨을 볼 수 있었다. 또한 발효가 진행될수록 총 폴리페놀 함량이 증가됨을 보여주었는데 이는 알코올 발효가 진행되는 동안 폴리페놀 성분이 용출되어졌기 때문이다. 이러한 결과는 2단계 발효를 통한 사과농축액 식초의 발효가 진행됨에 따라 총 폴리페놀 함량이 증가하는 결과와 유사하였다(11).

### 으름 열매 식초의 총 플라보노이드 함량의 변화

플라보노이드는 주로 anthocyanidins, flavonols, flavones, catechins 및 flavanones 등으로 구성되어 있으며 식물에 다량 존재하는 플라보노이드는 항산화 작용, 순화기

질환 예방, 항염, 항알러지, 항균, 항바이러스, 면역증강 등 다양한 기능성 생리활성 효과를 보인다고 보고하였다(10).

으름 열매 식초의 발효 과정 중 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Fig. 4B와 같다. 제조한 으름 열매 식초의 발효 1일째 총 플라보노이드 함량은 대조군이 21.35 mg/100 g으로 나타났으며, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 28.56, 30.65, 34.49, 36.85 mg/100 g을 나타냈다. 모든 실험군에서 총 플라보노이드 함량의 유의적 차이는 보이지 않았다. 발효 13일째에는 대조군이 43.08 mg/100 g으로 나타났으며, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 44.35, 45.8, 60.68, 63.72 mg/100 g을 나타냈다. 으름 열매 첨가군 5와 7%에서 총 플라보노이드 함량의 유의적 증가를 보여주었고 으름 열매 첨가량이 증가될수록 총 플라보노이드 함량이 유의적으로 증가하였다. 또한 발효가 진행되는 동안 모든 실험군에서 총 플라보노이드 함량이 발효 초기보다 대조군이 21.73 mg/100 g, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 15.79, 15.15, 26.19, 26.87 mg/100 g으로 으름 열매 첨가군 5, 7%에서 유의적으로 증가되어 폴리페놀과 유사한 결과를 보여주었는데, 이는 으름 열매의 유효 성분이 발효 과정에서 더 많이 추출된 것으로 보인다. 이는 복분자 식초 착즙액 원료보다 발효시킨 복분자 식초에서 총 플라보노이드 함량이 높게 나타난 결과와 유사하였다(10). 으름 열매 식초의 총 플라보노이드 함량은 시판 식초들과 비교하였을 때 현미식초 0.59 mg/100 g, 매실식초 0.86 mg/100 g, 사과식초 0.94 mg/100 g, 감식초 19.49 mg/100 g, 무화과식초 9.18 mg/100 g, 양조식초 8.61 mg/100 g, 쌀식초 1.74 mg/100 g보다 많았으며 이는 으름 열매 식초의 항산화 활성이 우수할 것으로 판단된다.

### 으름 열매 식초의 탄닌 함량의 변화

탄닌 성분은 과일, 야채류 및 식물 종자 등 식물체에 널리 함유되어 있으며 수렴성이나 지혈 작용 등의 약리성과 더불어 단백질이나 alkaloid와 결합하는 특성을 가지고 있다(43). 또한 탄닌에 의한 떫은맛은 blackberry, strawberry, cranberry, apple 등과 같은 과일 및 기호성 음료의 풍미에 관여하여 가공식품의 품질 형성에 필수적인 요인이 되기도 한다(43). 최근에 탄닌 성분과 관련하여 녹차 탄닌의 angiotensin converting enzyme(43), xanthine oxidase(44)의 저해 효과와 tyrosinase의 저해 효과(45)로 식품의 갈변 현상을 막는다는 결과가 사료되어 천연 효소 억제제 등의 기능성 식품에 관해 연구된 바 있고, 임상실험을 통해 탄닌의 혈청지질 개선 효과도 보여주었다(46).

발효 중 으름 식초 총 탄닌 측정 결과를 Fig. 4C에 나타내었다. 으름 열매의 첨가량을 달리하여 제조한 으름 열매 식초의 총 탄닌 함량은 발효 1일째에 대조군이 0.1096 mg/

100 g을 나타냈으며, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.1339, 0.2288, 0.2372, 0.2538 mg/100 g을 나타냈다. 으름 열매 첨가군 3, 5, 7%에서 탄닌의 함량이 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째에는 대조군이 0.3140 mg/100 g을 나타냈으며, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.3343, 0.3543, 0.3756, 0.3793 mg/100 g을 나타냈다. 발효 1일째보다 발효 13일째에 으름 열매 식초에서 탄닌의 함량이 대조군 0.2042 mg/100 g, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.2004, 0.1255, 0.1384, 0.1255 mg/100 g 각각 유의적으로 증가됨을 보였고 으름 열매가 첨가될수록 탄닌 함량의 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 감식초 첨가량이 증가될수록 총 탄닌 함량이 증가하는 경향을 보여준 결과와 유사하였으며(47), 감 탄닌의 강력한 항산화 활성이 보고되었고(48), 탄닌의 항산화 활성이 페놀 성분과 밀접한 관련이 있어 페놀성 물질 함량이 증가될수록 탄닌 함량도 증가하는 본 연구와도 일치하는 경향을 보였으며, 이는 항산화 활성의 실험 결과도 우수할 것으로 판단되었다.

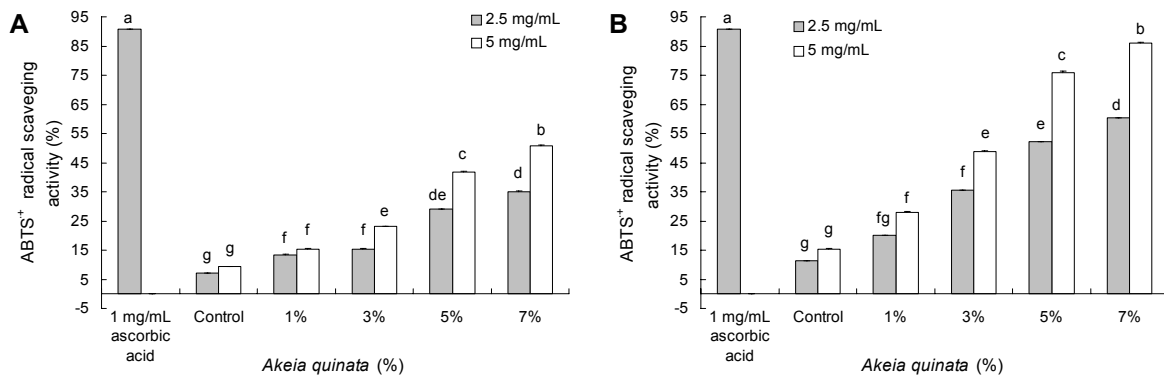
### 으름 열매 식초의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거활성

ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거활성 측정은 potassium persulfate와의 반응에 의해 생성된 ABTS<sup>+</sup> free radical이 시료 내의 항산화 물질에 의해 양이온이 제거되어 라디칼 특유의 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법으로(49), ABTS<sup>+</sup> 라디칼 탈색 반응은 1분 안에 종료되므로 단시간에 측정할 수 있고 소수성과 친수성 모두에 적용 가능하여 DPPH 라디칼 소거능과 함께 항산화 활성을 스크리닝 하는 데 많이 이용되고 있다(49). ABTS<sup>+</sup> 방법이 DPPH 방법보다 수소 공여 항산화제와 연쇄 절단형 항산화제 모두를 측정할 수 있고 수용상과 유기상 모두에 적용이 가능하기 때문에 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거활성이 더 민감하게 나타난다(49).

본 연구에서도 으름 식초의 항산화 활성 측정으로 DPPH 실험을 하였지만 으름 식초 고유의 색과 여러 물질 때문에 간섭반응의 원인으로 결과가 좋지 않아 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 실시하였다.

발효 1일째에 초산 발효 중 으름 열매 식초의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 5A와 같다. 2.5 mg/mL 농도에서 대조군은 7.06%의 소거능을 나타냈고 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서는 13.29, 15.27, 29.03, 35.11%의 소거능을 나타냈으며, 5 mg/mL 농도에서는 대조군이 9.33%의 소거능을 나타냈고 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서는 각각 15.37, 23.10, 41.70, 50.78%의 소거능을 나타냈다. 시료의 농도가 증가될수록 라디칼 소거능이 증가되었고 으름 열매가 첨가될수록 라디칼 소거능도 유의적으로 증가되었다.

발효 13일째에 초산 발효 중 으름 열매 식초의 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Fig. 5B와 같다. 2.5 mg/mL 농도에서 대조군은 11.38%의 소거능을 나타냈고, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서는 19.98, 35.50, 52.08, 60.26%



**Fig. 5.** ABTS<sup>•+</sup> scavenging activity of vinegar added with different levels of *Akebia quinata* at 1 day (A) and 13 day (B). Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-g) above the bars are significantly different ( $P < 0.05$ ).

의 소거능을 나타냈다. 5 mg/mL 농도에서는 대조군이 15.20%의 소거능을 나타냈으며 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서는 각각 27.96, 48.73, 75.73, 86.03%의 소거능을 나타내어 으름 열매 첨가군 7%에서 1 mg/mL 농도의 양성 대조군 ascorbic acid의 소거능 90.64%의 활성과 유사하였다. 이는 발효된 으름 열매 첨가군 7% 식초의 ABTS<sup>•+</sup> 라디칼 소거능이 우수한 것으로 보인다. 또한 13일째에서 시료의 농도가 증가될수록 라디칼 소거능이 증가됨을 보여주었으며 으름 열매 첨가량의 증가에 따라 라디칼 소거능이 유의적으로 증가됨을 보여주었다. 으름 열매 식초는 발효가 진행되는 동안 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하여 발효 초기보다 발효 종료 시 2.5 mg/mL 농도에서 대조군이 4.32% 증가하였고, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서는 각각 6.69, 20.23, 23.05, 25.15% 라디칼 소거능이 더 우수하였다. 5 mg/mL에서는 대조군이 5.87%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 12.59, 25.63, 34.02, 35.25% 라디칼 소거능이 증가하였다. 이를 통하여 발효 과정 중에 항산화 활성이 증가되는 것을 보여주었다. 이는 레몬밤 함량이 높을수록 허브식초의 항산화 효과가 좋은 것과 유사하였으며 (15), 오미자식초의 free radical 소거활성이 발효 과정을 거치면서 그 능력이 향상된 결과와 유사하였다(9). 또한 토마토식초에서 발효 종료액이 51% 라디칼 소거능을(12), 오이식초에서 79%의 라디칼 소거능을 나타내(8) 으름 열매 식초 86.03%보다 낮은 값을 나타냈는데, 이는 으름 열매 식초의 항산화 활성이 우수한 것으로 보인다.

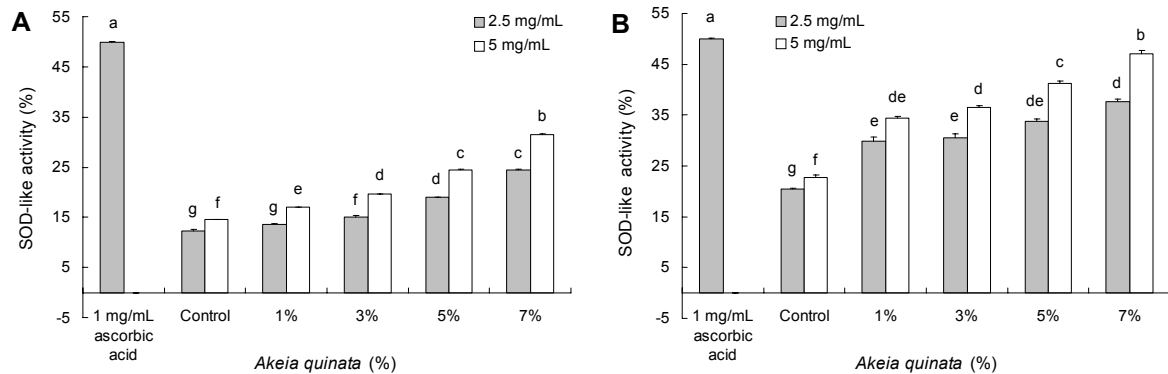
많은 연구 결과에서 총 폴리페놀과 총 플라보노이드의 함량이 항산화 활성과 밀접하게 관련되어 있다고 알려져 있는데, 본 연구에서도 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 탄닌의 함량과 으름 열매 식초의 라디칼 소거능의 결과가 유사하였고 그중에서도 총 플라보노이드와 탄닌의 함량과 더 비슷한 결과를 보여주었다. 이를 통하여 플라보노이드와 탄닌 성분이 으름 열매 식초의 항산화 활성의 주요 관여 물질인 것으로 보인다.

### 으름 열매 식초의 SOD 유사활성 측정

생체 내 항산화 효소 중 하나인 SOD(superoxide dismutase)는 세포 내 superoxide radical을 과산화수소로 전환시키는 반응을 촉매하는 효소이며 SOD에 의해 생성된 과산화수소는 catalase 또는 peroxidase에 의해 물 분자와 산소 분자로 전환한다(50).

발효 1일째에 초산 발효 중 으름 열매 식초의 SOD 유사활성을 pyrogallol 자동 산화 반응을 이용하여 조사한 결과는 Fig. 6A와 같다. 2.5 mg/mL 농도에서 대조군은 12.32%를 나타냈으며, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서는 13.53, 15.07, 18.93, 24.36%를 나타냈다. 5 mg/mL 농도에서는 대조군이 14.51%를 나타냈으며, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서는 각각 16.98, 19.64, 24.35, 31.44%를 나타냈다. 시료의 농도가 증가될수록 SOD 유사활성능이 증가하였으며 으름 열매가 첨가될수록 SOD 유사활성능도 유의적으로 증가하였다. 발효 13일째에 초산 발효 중 으름 열매 식초의 SOD 유사활성을 pyrogallol 자동 산화 반응을 이용하여 조사한 결과는 Fig. 6B와 같다. 2.5 mg/mL 농도에서 대조군은 20.38%를 나타냈고, 으름 열매 첨가 1, 3, 5, 7%에서는 29.83, 30.54, 33.79, 37.67%를 나타냈다. 5 mg/mL 농도에서는 대조군이 22.73%를 나타냈으며, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서는 각각 34.47, 36.50, 41.24, 47.13%의 소거능을 나타내 으름 열매 첨가군 7%에서 1 mg/mL 농도의 양성대조군 ascorbic acid의 소거능 49.96%의 활성과 유사하였다. 이는 발효시킨 으름 열매 첨가군 7% 식초의 SOD 유사활성능이 우수한 것으로 보인다. 13일째에서도 시료의 농도가 증가될수록 SOD 유사활성능이 증가하였으며 으름 열매 첨가량이 증가될수록 SOD 유사활성능 역시 유의적으로 증가하였다. 으름 열매 식초는 발효가 진행됨에 따라 SOD 유사활성능이 유의적으로 증가하여 발효 초기보다 발효 종료 시 2.5 mg/mL 농도에서 SOD 유사활성능이 대조군 8.06%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 16.30, 15.46, 14.86, 13.32% 증가하였다. 5 mg/mL 농도에서는 대조군이 8.22%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 17.49, 16.86, 16.89, 15.68% 증가하여 SOD 유사 활성물





**Fig. 6.** SOD-like activity of vinegar added with different levels of *Akebia quinata* at 1 day (A) and 13 day (B). Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-g) above the bars are significantly different ( $P < 0.05$ ).

질이 발효 과정 중 추출된 것으로 보인다. 이는 발효 과정을 통해 SOD 유사 활성물질이 생긴 것으로 사료된 사과식초의 연구 결과와 유사하였으며(11) 오디식초의 SOD 유사활성능 17.91%보다 높아(13) 으름 열매 식초의 SOD 유사활성능이 좋은 것으로 보인다. SOD 유사활성의 연구 결과도 라디칼 소거능과 마찬가지로 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 탄닌의 함량과 유사한 경향을 보여주었으며 그중에서도 총 플라보노이드와 탄닌의 함량과 더 유사한 경향을 나타내 플라보노이드와 탄닌 성분이 으름 열매 식초의 항산화 활성의 주요 관여물질인 것으로 사료된다.

**으름 열매 식초의 환원력**

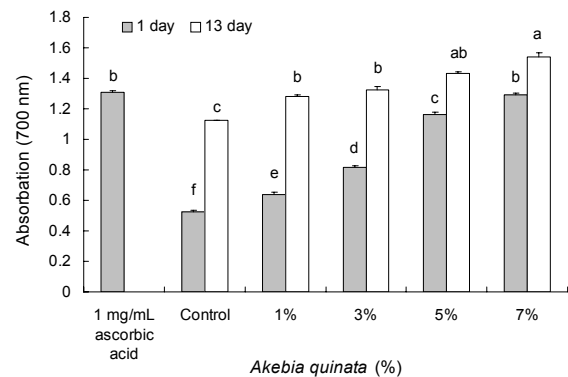
어떤 물질이 항산화 작용을 나타내는 여러 가지 기작 중에는 활성산소 및 유리기에 전자를 공여함으로써 안정화 시키는 작용이 있는데 이는 넓은 범위에서 환원에 해당한다. 따라서 환원력을 가진 물질은 전자 공여체로 작용하기 때문에 지질과산화 과정에서 중간 생성물의 생성을 억제시켜 2차적인 항산화제의 역할을 하는 것으로도 알려져 있으며 일반적으로 reductone의 존재와 연관이 있는 것으로 보고되었다(51). 환원력은 potassium ferricyanide reduction method를 사용한 화합물의 환원력을 평가하는 것으로 reduction의 항산화 반응은 수소 원자를 제공함으로써 자유 라디칼 연쇄를 변환시키며 과산화의 전구물질과 반응하여 과산화 형성을 방해한다(52). 환원력에서의 흡광도 수치는 그 자체가 시료의 환원력을 나타내며 높은 환원력을 가지는 물질은 흡광도 수치가 높게 나타난다(52).

초산 발효 중 으름 열매 식초의 환원력은 Fig. 7에 나타났다. 1 mg/mL 농도에서 양성 대조군의 흡광도는 1.306이었다. 모든 시료의 농도는 5 mg/mL로 하였으며, 발효 1일째에 대조군의 흡광도는 0.527로 나타났고 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 흡광도가 각각 0.637, 0.815, 1.161, 1.290으로 나타났다. 으름 열매 첨가군 5, 7%에서 양성대조군의 흡광도와 비슷하였으며 으름 열매 첨가량이 증가될수록 환원력이 유의적으로 증가하였다.

발효 13일째에 대조군의 흡광도는 1.122로 나타났으며,

으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 1.283, 1.324, 1.431, 1.539로 나타났다. 발효가 진행됨에 따라 환원력이 유의적으로 증가하여 환원력에 관여하는 항산화 물질이 발효 과정 중 생성된 것으로 보이며 으름 열매가 첨가될수록 환원력이 유의적으로 증가하였다. 으름 열매 첨가군 3, 5, 7%에서는 양성 대조군인 1 mg/mL의 L-ascorbic acid보다 환원력이 높아 으름 열매 식초의 환원력이 우수한 것으로 보인다. 이러한 결과는 복분자식초의 환원력이 양성 대조군인 0.1%의 BHT와 유사하게 높은 활성을 나타낸 것과 유사하였고(41), 500 µg/mL 농도에서 시판 식초 0.05~0.16%의 환원력보다 으름 열매 식초의 환원력이 우수하였다(10).

본 실험에서 으름 열매 첨가량이 증가될수록 라디칼 소거 활성능이 좋았고 환원력도 라디칼 소거활성과 같은 경향을 보여 라디칼 소거활성이 큰 추출물이 환원력도 높은 것으로 보고된 기존의 연구 결과와 같았다(11). 으름 열매 식초에서 총 폴리페놀, 총 플라보노이드, 탄닌의 함량이 환원력의 결과와 유사하였는데 그중에서도 총 플라보노이드와 탄닌의 함량이 환원력과 더 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 이는 으름 열매 식초의 항산화 활성에 중요한 물질은 플라보노이드와 탄닌 성분으로 보이며, Kim 등(53)의 연구 결과에



**Fig. 7.** Reducing power effect of vinegar added with different levels of *Akebia quinata* during acid fermentation period. Values are mean±standard deviations of triplicate determination. Different letters (a-f) above the bars are significantly different ( $P < 0.05$ ).

서도 참외 추출물의 항산화 활성이 페놀과 플라보노이드 함량과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다.

## 요 약

본 연구에서는 으름 열매를 각각 0, 1, 3, 5 및 7%를 첨가하여 2단계 발효한 으름 열매 식초의 발효 중 이화학적 특성과 항산화 활성에 대하여 조사하였다. 식초의 이화학적 특성은 pH, 총산, 알코올, 총당, 아미노산으로 평가하였고, 항산화 활성은 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능, SOD 유사활성능, 환원력으로 평가하였다. 알코올 발효 중 총산과 알코올 함량은 증가하였고 총당 함량은 감소하였다. 초산 발효에서는 총산 함량이 유의적으로 증가하였다. 관능검사 평가에서는 으름 열매 7% 첨가군에서 종합적 기호도가 가장 높게 나타났다. 발효 1일째보다 발효 13일째에 대조군과 으름 열매 첨가 1%에서는 총 폴리페놀 함량에 유의적 차이가 없었으나 으름 열매 첨가군 3, 5, 7%에서 총 폴리페놀 함량이 각각 136.6, 381.59, 415.35 mg/100 g으로 유의적으로 증가됨을 볼 수 있었다. 총 플라보노이드 함량은 발효 1일째보다 발효 13일째에 대조군이 21.73 mg/100 g, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 15.79, 15.15, 26.19, 26.87 mg/100 g으로 발효가 진행됨에 따라 유의적으로 증가하였고 으름 열매 첨가량에 따라서도 유의적으로 증가되었다. 탄닌의 함량도 발효 1일째보다 발효 13일째에 대조군이 0.2042 mg/100 g, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 0.2004, 0.1255, 0.1384, 0.1255 mg/100 g으로 유의적으로 증가됨을 보였다. ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거 활성은 발효 1일째보다 발효 13일째에 5 mg/mL 농도에서 대조군이 5.87%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 12.59, 25.63, 34.02, 35.25%로 라디칼 소거능이 증가하였고, SOD 유사활성능도 5 mg/mL 농도에서 발효 1일째보다 발효 13일째에 대조군이 8.22%, 으름 열매 첨가군 1, 3, 5, 7%에서 각각 17.49, 16.86, 16.89, 15.68% 증가하였다. 환원력은 으름 열매 첨가군 7%에서 발효 1일째에 0.527, 발효 13일째에 1.539로 나타났다. 본 연구 결과에서 항산화 활성은 발효가 진행되는 동안 증가하였고 으름 열매 첨가량에 따라서도 증가하였다. 으름 열매 식초가 발효됨에 따라 ABTS<sup>+</sup> 라디칼 소거능, SOD 유사활성능, 환원력이 증가하였으며 이것은 높은 폴리페놀, 플라보노이드, 탄닌의 함량이 밀접하게 관여한 것으로 보인다. 그러므로 으름 열매의 높은 항산화 활성이 식초 및 기타 식품에서 기능성 소재로 이용될 것으로 보여준다.

## 감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원 고부가 식품기술개발 사업(112123-3)에 의해 이루어진 것임.

## REFERENCES

- Kim MJ, Lee SP, Choi JH, Kwon SH, Kim HD, Bang MH, Yang SA. 2013. Characteristics of fermented dropwort extract and vinegar using fermented dropwort extract and its protective effects on oxidative damage in rat glioma C6 cells. *Korean J Food Sci Technol* 45: 350-355.
- Halliwell B, Gutteridge JMC, Aruoma OI. 1987. The deoxyribose method: A simple "test-tube" assay for determination of rate constants for reactions of hydroxyl radicals. *Anal Biochem* 165: 215-219.
- Moon JH, Park KH. 1995. Functional components and physiological activity of tea. *J Korean Tea Soc* 1: 177-193.
- Ramarathnam N, Osawa T, Ochi H, Kawakishi S. 1995. The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends Food Sci Technol* 6: 75-82.
- Verzelloni E, Tagliacucchi D, Conte A. 2007. Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar. *Food Chem* 105: 564-571.
- Masino F, Chinnicib F, Bendini A, Montevercchi G, Antonelli A. 2008. A study on relationships among chemical, physical, and qualitative assessment in traditional balsamic vinegar. *Food Chem* 106: 90-95.
- Woo KS, Ko JY, Song SB, Lee JS, Kang JR, Oh BG, Nam MH, Jeong JH, Jeong HS, Seo MC. 2010. Physicochemical characteristics of vinegars fermented from cereal crops with *Incalgynun*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1171-1178.
- 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.
- Mo HW, Jung YH, Jeong JS, Choi KH, Choi SW, Park CS, Choi MA, Kim ML, Kim MS. 2013. Quality characteristics of vinegar fermented using omija (*Schizandra chinensis* Baillon). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 441-449.
- Park S, Chae KS, Son RH, Jung J, Im YR, Kwon JW. 2012. Quality characteristics and antioxidant activity of bokbunja (black raspberry) vinegars. *Food Eng Prog* 16: 340-346.
- Jeong JH. 2013. Development and antioxidant effect of vinegar with concentrated apple juice. *MS Thesis*. Suncheon National University, Suncheon, Korea.
- Hong SM. 2012. Antioxidant effect of tomato vinegar. *MS Thesis*. Suncheon National University, Suncheon, Korea.
- Choi SY. 2010. Studies on biological activity and beverage development of extracts from mulberry. *PhD Dissertation*. Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea.
- Jo YL. 2013. Manufacturing of green tea-treated *Maggeolli* and vinegar. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Choi SK. 2013. Quality characteristics and antioxidative activity of herb vinegar prepared with puffed rice and lemon balm. *MS Thesis*. Chonbuk National University, Jeonju, Korea.
- Chung BH, Seo HS, Kim HS, Woo SH, Cho YG. 2010. Antioxidant and anticancer effects of fermentation vinegars with *Phellinus linteus*, *Inonotus obliquus*, and *Pleurotus ostreatus*. *Korean J Medicinal Crop Sci* 18: 113-117.
- Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ. 2000. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverages including vinegar. *Food Ind Nutr* 5: 18-24.
- Kang SM, Lee HN. 2010. The effect of imbibing collagen and vinegar simultaneously on the serum of climacteric women. *J Kor Soc Cosm* 16: 1051-1064.
- Ann YG, Kim SK, Shin CS. 2001. Studies on wax gourd-

- ginseng vinegar. *Korean J Food & Nutr* 14: 52-58.
20. Lee MK, Choi SR, Lee J, Choi YH, Lee JH, Park KU, Kwon SH, Seo KI. 2012. Quality characteristics and anti-diabetic effect of yacon vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 79-86.
  21. Lee DS, Ryu IH, Lee KS, Shin YS, Jeon SH. 1999. Lipase activity inhibition effect and fermentation conditions of aloe vinegar of using the *Acetobacter* sp. *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 42: 105-110.
  22. Kim MK, Kim MY, Youn EK, Kim SD. 2002. Extraction of citrus bioflavonoid with vinegar and effect on blood pressure. *Korean J Food Preserv* 9: 411-417.
  23. Lee JK, Jo HJ, Kim KI, Yoon JA, Chung KH, Song BC, An JH. 2013. Physicochemical characteristics and biological activities of *makgeolli* supplemented with the fruit of *Akebia quinata* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 45: 619-627.
  24. Kang SS. 1998. *Chinese herbal medicine dictionary*. Shanghai Science Publisher, Shanghai, China. p 5822-5824.
  25. Chang KW, Oh IS, Lee JH. 1997. Effect of dietary erythritol supplemented with chitosan, extracts of *Akebia* and extracts of *Ishige* on the growth of *Mutans streptococci*. *J Korean Acad Oral Health* 21: 545-552.
  26. Kang HS, Kang JS, Jeong WS. 2010. Cytotoxic and apoptotic effects of saponins from *Akebia quinata* on HepG2 hepatocarcinoma cells. *Korean J Food Preserv* 17: 311-319.
  27. Han BJ, Woo SK, Shin HK. 1995. Effects of the water extract of *Akebia (Akebia quinata Decaisne)* on the growth of *Clostridium perfringens* and some intestinal microorganisms. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 23: 633-640.
  28. Mimaki Y, Doi S, Kuroda M, Yokosuka A. 2007. Triterpene glycosides from the stems of *Akebia quinata*. *Chem Pharm Bull* 55: 1319-1324.
  29. Kawata J, Kameda M, Miyazawa M. 2007. Constituents of essential oil from the dried fruits and stems of *Akbia quinata* (THUNB.) DECNE. *J Oleo Sci* 56: 59-63.
  30. Mimaki Y, Kuroda M, Yokosuka A, Harada H, Fukushima M, Sashida Y. 2003. Triterpenes and triterpene saponins from the stems of *Akebia trifoliata*. *Chem Pharm Bull* 51: 960-965.
  31. Rim AR, Kim SJ, Jeon KI, Park E, Park HR, Lee SC. 2006. Antioxidant activity of extracts from *Akebia quinata* Decne. *J Food Sci Nutr* 11: 84-87.
  32. Kim JY, Yi YH. 2010. pH, acidity, color, amino acids, reducing sugars, total sugars, and alcohol in puffed millet powder containing millet *takju* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 42: 727-732.
  33. Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual method. *Am J Enol Vitic* 28: 49-55.
  34. 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.
  35. AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
  36. Ko YJ, Jeong DY, Lee JO, Park MH, Kim EJ, Kim JW, Kim YS, Ryu CH. 2007. The establishment of optimum fermentation conditions or *Prunus mume* vinegar and its quality evaluation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 361-365.
  37. Kim DH. 1999. Studies on the production of vinegar from fig. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 53-60.
  38. Baek CH, Jeong DH, Baek SY, Choi JH, Park HY, Choi HS, Jeong ST, Kim JH, Jeong YJ, Kwon JH, Yeo SH. 2013. Quality characteristics of farm-made brown rice vinegar via traditional static fermentation. *Korean J Food Preserv* 20: 564-572.
  39. Shin JS, Lee OS, Jeong YJ. 2002. Changes in the components of onion vinegars by two stages fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 34: 1079-1084.
  40. 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.
  41. Han EH, Lee TS, Noh BS, Lee DS. 1997. Quality characteristics in mash of *takju* prepared by using different *nuruk* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 29: 555-562.
  42. Fine AM. 2000. Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceutical application. *Altern Med Rev* 5: 114-151.
  43. Cho YJ, An BJ, Choi C. 1993. Isolation and enzyme inhibition of tannins from Korean green tea. *Korean Biochem J* 26: 216-223.
  44. Cho YJ, Chun SS, Choi C. 1993. Inhibitory effect of condensed tannins isolated from Korean green tea against xanthine oxidase. *J Korean Soc Food Nutr* 22: 418-422.
  45. Kim JK, Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Chun SS, Choi C. 1997. Inhibition effect against tyrosinase of condensed tannins from Korean green tea. *Korean J Food Sci Technol* 29: 173-177.
  46. Choi IS, Lee KH, Lee SS, Oh SH. 1997. Effect of tannin on lipid metabolism in 6 college women. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 920-926.
  47. Yoon YD. 2009. Quality characteristics of ethanol induced hangover in drink added the persimmon vinegar. *MS Thesis*. Kyungpook National University, Daegu, Korea.
  48. Shin YK. 2006. Utilization of persimmon pee land its tannin extract for animal feeding. *PhD Dissertation*. Konkuk University, Seoul, Korea.
  49. Choi Y, Kim M, Shin JJ, Park JM, Lee J. 2003. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 723-727.
  50. Moon YG, Choi KS, Lee KJ, Kim KY, Heo MS. 2006. Screening of antioxidant and antibacterial activity from hot water extracts of indigenous plants, Jeju-Island. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21: 164-169.
  51. Yoshino M, Murakami K. 1998. Interaction of iron with polyphenolic compounds: application to antioxidant characterization. *Anal Biochem* 257: 40-44.
  52. Hassas-Roudsari M, Chang PR, Pegg RB, Tyler RT. 2009. Antioxidant capacity of bioactives extracted from canola meal by subcritical water, ethanol and hot water extraction. *Food Chem* 114: 717-726.
  53. Kim HS, Hong MJ, Kang IY, Jung JY, Kim HK, Shin YS, Jun HJ, Suh JK, Kang YH. 2009. Radical scavenging activities and antioxidant constituents of oriental melon extract. *J Bio-Environ Control* 18: 442-447.