

Acetobacter pasteurianus A11-2와 도라지를 이용하여 제조한 발효식초의 품질 특성

길나영 · 황민국* · 권희민** · 여수환*** · †김소영**

농촌진흥청 국립농업과학원 발효가공식품과 전문연구원, *농촌진흥청 국립농업과학원 기능성식품과 농업연구사,
농촌진흥청 국립농업과학원 발효가공식품과 농업연구사, *농촌진흥청 국립농업과학원 발효가공식품과 농업연구관

Quality Characteristics of Vinegar Fermented by *Platycodon grandiflorum* Root and *Acetobacter pasteurianus* A11-2

Na-Young Gil, In-Guk Hwang*, Hee-Min Gwon**, Soo-Hwan Yeo*** and †So-Young Kim**

Researcher, Fermented and Processed Food Science Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

*Junior Researcher, Functional Food Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

**Junior Researcher, Fermented and Processed Food Science Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

***Senior Researcher, Fermented and Processed Food Science Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea

Abstract

In this study, we developed vinegar depending on the quantity consumed and type of peeled and unpeeled roots of *Platycodon grandiflorum* (PG) using *Acetobacter pasteurianus* A11-2, analyzed vinegar samples using colorimeter and HPLC for 15 days to assess the characteristics on quality, and evaluated their antioxidant activity using 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) and 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) (ABTS) radical scavenging activities. The major result in PG vinegar was the high acidity of 6.39~6.74% and alcohol was totally converted on the 15th day of fermentation. When we fermented vinegar from peeled roots of 8% PG with a starter culture, we observed high contents of acetic acid, platycodin D, and total polyphenol and high antioxidant activity. Moreover, the vinegar fermented using 8% peeled roots of PG had the high intensity on umami and sour taste and low salty, bitter, and astringent tastes. Consequently, we could develop the PG vinegar with quality and functional characteristics from 8% peeled roots and *A. pasteurianus* A11-2.

Key words: *Acetobacter pasteurianus*, *Platycodon grandiflorum* root, quality characteristics, antioxidant activity, vinegar

서론

식초는 동서양을 막론하고 가장 오랜 역사를 갖는 발효식품 중 하나로 산미를 갖게 하는 조미료 또는 민간의료의 목적으로 널리 사용되어 왔다(Ha & Kim 2000). 식초는 사용되는 원료에 함유된 당류나 전분질을 알코올 발효와 초산 발효를 거쳐 제조하며 생산된 초산을 비롯하여 각종 당류와 아미노산류, ester류 및 유기산류 및 각종 영양물질 등을 함유하고 있다(Joo 등 2009). 식초는 크게 빙초산 또는 초산을 물로 희

석하여 제조한 합성 식초와 주류, 곡류, 과일류 등을 주원료로 하여 발효 과정을 거쳐 제조한 발효식초로 나뉘며 합성식초의 경우 유용성분이 거의 없기 때문에 별다른 기능성이 없지만, 천연재료를 자연 발효시켜서 제조하는 발효식초는 원료에 따라 각종 영양성분과 기능성 물질 등이 포함되어 있다(Park 등 2016). 최근 우리나라에서는 서구화된 식생활, 운동 부족 및 스트레스, 환경오염 등에서 기인하는 각종 성인병, 환경병 등의 발생으로 인해 건강증진 또는 회복을 위해 식초와 같은 전통발효식품에 대한 관심이 높아지고 아울러 발효

† Corresponding author: So-Young Kim, Junior Researcher, Fermented and Processed Food Science Division, National Institute of Agricultural Science, RDA, Wanju 55365, Korea. Tel: +82-63-238-3610, Fax: +82-63-238-3843, E-mail: foodksy@korea.kr

식초의 기능성이 보고되면서 단순한 조미료 이외에 음료 또는 건강식품으로 주목받고 있다. 이러한 발효식초에 대하여 피로회복(Cho 등 2017a), 항비만 효과(Mohamad 등 2017), 항산화 및 항종양 효과(Sakanaka & Ishihara 2008) 등 다양한 생리활성에 관한 보고들과 배식초(Yim 등 2016), 보리수 열매 식초(Cho 등 2017b), 복분자식초(Mo 등 2013), 참외식초(Jung 등 2019), 토마토식초(Lee 등 2018a), 풋굴식초(Park 등 2020), 현미식초 및 감식초(Kim & Shin 2014) 등 다양한 원료를 이용한 건강 기능성 식초 제조법에 관한 연구들도 보고되고 있다. 하지만 그 원료가 곡물 또는 과일로 한정되어 있어 기능성 성분을 함유한 약용식물과 같은 다양한 원료를 이용한 발효식초 개발 연구에도 주목을 받고 있다.

도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 초롱꽃과(Campanulaceae) 초롱꽃속에 속하는 도라지 종으로 분류되고 한국을 비롯한 러시아, 대만, 중국, 일본 등 동남아시아에 자생한다. 도라지는 식용뿐만 아니라 약용으로도 이용되고 있으며 주성분으로는 platycodin A, C, D와 polygalacin D와 같은 사포닌과 spinasterol, spinasterol glucoside, inulin 등을 함유하고 있어(Hwang 등 2011) 항암 및 면역 활성(Kim 등 1998), 간 손상 억제(Lee 등 2001), 항비만(Byun BH 2003), 혈당강하(Seo 등 2004) 등 다양한 생리활성이 있다고 알려져 있다. 도라지를 이용한 식품에는 도라지차(Lee 등 2000), 도라지 쿠키(Jeong 등 2013), 도라지 연양갱(Oh 등 2013) 등으로 다양하게 연구된 반면, 한국전통지식포탈(Korean Intellectual Property Office 2020)에서 제공하는 『임원십육지(林園十六志)』와 같은 고문헌에서는 길경초(桔梗醋) 또는 길경초방(桔梗醋方)이라는 이름으로 도라지를 이용하여 식초가 제조되어 1800년대 이전부터 고급식초 및 민간약으로 이용되었다는 기록과 지역특화 작목인 도라지의 신제품종으로 개발된 으뜸도라지와 *Acetobacter aceti*를 이용하여 제조한 식초(Lee 2018b) 관련 연구 외에는 보고된 사례가 많지 않다. 이에 우리 고유 발효식초 제조법을 계승·발전시키고, 국내 기업에서 대량 생산되는 식초가 수입되는 발사믹 식초 등 다양한 기능성 식초와 경쟁력을 갖추기 위하여 우수한 소재와 토착 발효종균을 이용하여 고품질 식초를 개발하는 등 식초 제조법의 다양화와 고급화를 위한 전략이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 높은 소비자 인지도에 맞는 프리미엄급의 차별화된 발효식초 제품을 개발하기 위하여 도라지 식초 제조 시 산생성능이 우수하여 발굴한 토착 초산균 중 *Acetobacter pasteurianus* A11-2 균주를 이용하여 도라지의 탈피 유무에 따른 사포닌 함량 등 기능성 성분의 용출 차이를 알아보기 위하여 각각 구분하여 식초를 제조한 후 이화학적 또는 기능적 특성 변화를 살펴보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 식초 제조

도라지 식초 제조를 위하여 국내산으로 탈피 또는 비탈피한 건조 도라지를 경기도 이천지역 업체에서 2019년에 직접 구입하여 사용하였고, 청주는 15%의 알코올 농도를 갖는 것으로 충북 청주 지역에 위치한 업체에서 같은 해에 구입하여 사용하였다. 초산발효를 위한 초산균은 산생성능이 우수한 *Acetobacter pasteurianus* A11-2(KACC 92203P)로 막걸리를 이용한 종초에서 6일간 발효하였을 때 4.68%로 가장 높은 산도를 나타낸 최종 균주로 국립농업과학원 발효가공식품과에서 발굴하여 한국농업미생물은행(KACC)에 등록·기탁되어 있어 분양받아 사용하였다.

2. 종초 및 도라지식초 제조

종초 제조를 위해 *A. pasteurianus* A11-2를 초산균 고체 배지에 30°C에서 3일간 배양기(SI-IS20 model, Shin-il Co., Seoul, Korea)에서 배양한 후, clear zone을 형성하는 단일 colony를 액체배지에 접종하여 shaking incubator(SI-IS20 model, Shin-il Co., Seoul, Korea)에서 30°C, 180 rpm에서 진탕 배양하였다. 3일 동안 배양한 후 청주와 멸균수를 이용하여 6~8% 알코올을 함유한 배지에 1차 배양한 배양액이 10%가 되게 첨가하여 5일 동안 배양하여 종초로 사용하였다. 도라지 식초는 종초를 10% 함유하게 청주와 물을 섞어 알코올 함량이 7%가 되게 제조한 후 탈피 또는 비탈피한 도라지를 4%와 8%의 비율로 항아리에 넣어 섞어준 후 30°C에서 15일간 발효하여 도라지 식초를 완성하였다(Table 1).

3. pH, 적정산도 및 알코올 농도 측정

도라지 식초의 품질분석을 위해 발효기간별 채취한 시료들은 8,000 rpm에서 10분간 원심분리(Supra 25k, Hanil Co., Ltd., Incheon, Korea)하여 여과지(Advantec, No. 2, Adventec Toyo Kaisha, Tokyo, Japan)로 여과한 후 여액을 준비하여 사용하였다.

도라지 식초의 pH는 시료액에 pH meter(Orion star a211, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였고 적정산도는 시료액 1 mL에 0.5% 페놀프탈레인 지시약을 넣고 0.1 N NaOH로 미적색이 될 때까지 적정하여 그 함량을 계산하였다. 도라지 식초의 알코올 농도는 증류장치(Vapodest 200, Gerhardt GmbH, Königswinter, Germany)를 이용하여 증류액 70 mL를 받아 증류수를 이용하여 100 mL로 만든 후 밀도 측정기(DMA 5000M, Anton Paar, Wundshuh, Austria)를 이용하여 측정하였다.

Table 1. The ratio of combination for manufacturing vinegars using *Platycodon grandiflorum* root and vinegar starter

Compositions (%)		uPGV4	uPGV8	PGV4	PGV8
Rice wine (15% alcohol conc.)		48	46	48	46
Distilled water		38	36	38	36
Vinegar starter (<i>Acetobacter pasteurianus</i> A11-2)		10	10	10	10
<i>Platycodon grandiflorum</i> root	Non-peeled	4	8		
	Peeled			4	8

¹⁾ uPGV4: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, uPGV8: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 8%, PGV4: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, PGV8: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 8%.

4. 유기산 분석

도라지 식초의 유기산은 HPLC system(Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)을 이용하여 측정하였다. 식초 2 μ L를 YMC-Triart C18 컬럼(150 \times 3.0 mm i.d., S-3 μ m; YMC Co., Ltd., Kyoto, Japan)을 사용하였으며 컬럼 온도는 40 $^{\circ}$ C, 이동상은 0.1% phosphoric acid로 유속은 0.4 mL/min로 20분간 분석하였다. 유기산은 210 nm에서 검출하였고 정성과 정량분석을 위하여 유기산 표준물질들을 사용하였다.

5. Platycodin D 측정

도라지 식초의 Platycodin D는 HPLC를 이용하여 측정하였고, 결과는 light-scattering detector(e2695, Waters Co., Ltd., Miliford, MA, USA)로 정량화하였다. 0.45 μ M의 syringe filter (PVDF, Millipore, Ireland)로 여과한 식초 20 μ L를 HPLC에 주입하였고, 204 nm에서 자외선 검출과 함께 Kinetex XB-C18 컬럼(250 mm \times 4.6 mm, 5 μ m, Phenomenex)에서 분리하였다. 이동상은 99.9% ACN(A)과 물(B)로 구성되어 있으며 0.8 mL/min의 유속에서 105분 동안 분석하였다.

6. 총 폴리페놀 함량 측정

도라지 식초의 총 폴리페놀 함량은 Folin-ciocalteu's법(Lee 등 2014a)을 응용하여 수행하였다. 시료용액 0.2 mL에 Folin ciocalteu reagent 1 mL를 넣고 혼합하였다. 3분간 암실에서 방치한 후 1N Na₂CO₃ 2 mL를 넣고 혼합한 다음 1시간 동안 암실에서 방치한 후 microplate reader를 사용하여 765 nm에

서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 tannic acid (Sigma chemical Co., St Louis, MO, USA)를 이용하여 작성한 표준곡선을 바탕으로 환산하여 나타내었다.

7. 항산화 활성 측정

도라지 식초의 DPPH radical 소거 활성 측정은 시료 용액 0.2 mL에 0.15 mM DPPH 용액(99% 에탄올 용해) 0.8 mL를 넣고 혼합하고, 30분 동안 암실에 방치 후 microplate reader (Biotek Synergy Mx, Biotek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical 소거 활성은 다음의 계산식을 이용하여 계산하였다. 양성대조구로는 0.1% ascorbic acid(Daejung, Busan, Korea)를 이용하여 radical 소거능을 아래의 식에 의해 백분율(%)로 산출하여 나타내었다.

DPPH radical scavenging activity (%)=

$$[(Acon - Atest)/Acon] \times 100$$

Acon: Absorbance in the presence of negative control

Atest: Absorbance in the presence of vinegar sample

도라지 식초의 ABTS⁺ radical 소거 활성은 ABTS⁺ 생성을 위해 7 mM ABTS 용액에 2.45 mM potassium persulfate를 혼합하여 23 $^{\circ}$ C의 암소에서 16시간 동안 반응시켜 농도가 734 nm에서 흡광도 0.700 \pm 0.005 정도가 되도록 에탄올로 희석하여 조정된 후 시료 0.1 mL와 혼합시약 3.9 mL를 23 $^{\circ}$ C에서 6분간 반응시켜 microplate reader를 사용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였고, ABTS⁺ radical 소거능을 아래의 식에 의해 백분율(%)로 산출하여 나타내었다.

ABTS⁺ radical scavenging activity (%) =

$$[(Acon - Atest)/Acon] \times 100$$

Acon: Absorbance in the presence of negative control

Atest: Absorbance in the presence of vinegar sample

8. 맛센서를 이용한 맛성분 분석

개발한 도라지 식초의 맛 변화를 살펴보기 위하여 시판 발효식초(사과식초)를 대조구(control)로 하여 맛센서 분석기(TS-5000Z, Insent, Atsugi, Japan)를 이용하여 비교 분석하였다. 분석에 사용한 도라지 식초는 발효가 완료되어 총산이 4% 이상 넘어 식초가 만들어진 시점인 10일과 15일차 시료를 대상으로 하였으며 전처리하는 각각의 샘플을 pH가 4-5가 되게 증류수를 이용하여 희석한 후 맛센서 분석기에 시료를 70-100 mL씩 넣어 3회 반복 측정한 다음, 평균값을 구하여 쓴맛(bitterness), 짠맛(saltiness), 신맛(sourness), 감칠맛(umami),

떫은맛(astringency), 풍부한 맛(richness)의 값을 객관적으로 나타내었다.

9. 통계처리

모든 실험은 3회 반복 측정하였고, 결과는 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 실험구 간의 유의성($p<0.05$) 검증을 위해 통계적 분석은 SAS(Statistical Analysis System program 9.2, SAS Institute., Cary, NC, USA)와 XLSTAT(Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) 프로그램을 이용하여 일원분산분석(one-way ANOVA)한 후 Duncan's multiple range test로 다중 비교를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 도라지 식초의 pH, 적정산도 및 알코올 함량

초산균은 알코올을 영양원이나 발효 기질로 사용하여 초산을 생성시켜 산도가 증가하게 된다(Eom 등 2019). 도라지의 탈피 유무와 함량에 따른 도라지 식초의 pH, 산도 및 알코올 함량 변화를 살펴보고 Table 2에 그 결과를 나타내었다.

pH의 경우 발효 초기에는 pH 3.76~3.89에서 시작하여 발

효 10일차에는 pH 3.23~3.27까지 감소하다가 발효 15일차에는 조금 증가하는 경향을 보였으나, 발효기간이나 실험구 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 적정산도는 발효가 진행됨에 따라 통계적으로 유의하게 증가하였고($p<0.05$), 초기에는 비탈피 도라지를 이용한 식초(uPGV)의 산도가 꾸준히 높아져 발효 10일차에는 5.04~5.61%로 탈피 도라지(PGV)의 산도(4.62~4.71%)에 비해 높았지만 발효 15일차에는 실험구 간에 산도 차이가 없었고, 동일한 실험구 내에서만 발효기간이 경과함에 따라 통계적으로 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 알코올 함량 변화는 도라지 함량과 탈피유무에 따른 실험구 간에 차이를 관찰하지 못하였고, 각각의 실험구 내에서만 발효기간에 따른 알코올 소비가 뚜렷하게 차이를 보였는데($p<0.05$), 특히 발효 10일차에 8% 비탈피 도라지를 이용한 식초(uPGV8)에서는 알코올이 검출되지 않아 가장 빨리 초산 발효로 전환된 것으로 보여지고, 이후 진행된 발효 15일차에서 모든 실험구에서 알코올이 모두 소비되어 검출되지 않았다.

본 실험 결과 발효가 진행됨에 따라 8% 도라지를 이용한 식초의 알코올 소비량과 산도함량이 높았는데 이는 도라지 함량이 높을수록 유기 질소원과 기타 미량원소들이 많아져 초산 발효에 좋은 영향을 미치고 이외의 초산균 성장인자들

Table 2. Changes in pH, titratable acidity, and alcohol content of vinegar added with *Platycodon grandiflorum* root during fermentation period

Group ¹⁾	Time (day)	pH	Titratable acidity (%)	Alcohol (%)
uPGV4	0	3.76±0.00	0.74±0.00 ^{d2)}	7.14±0.00 ^a
	5	3.56±0.00	2.48±0.00 ^c	3.74±0.00 ^b
	10	3.23±0.00	5.04±0.02 ^b	0.28±0.00 ^b
	15	3.57±0.00	6.43±0.02 ^a	0.00±0.00 ^b
uPGV8	0	3.79±0.00	0.74±0.00 ^d	6.90±0.00 ^a
	5	3.54±0.00	3.25±0.02 ^c	2.88±0.00 ^b
	10	3.24±0.00	5.61±0.04 ^b	0.00±0.00 ^b
	15	3.63±0.00	6.60±0.05 ^a	0.00±0.00 ^b
PGV4	0	3.80±0.00	0.74±0.00 ^d	6.82±0.00 ^a
	5	3.67±0.00	1.86±0.00 ^c	4.48±0.00 ^{ab}
	10	3.27±0.00	4.71±0.04 ^b	0.44±0.00 ^b
	15	3.69±0.00	6.39±0.01 ^a	0.00±0.00 ^b
PGV8	0	3.89±0.00	0.75±0.00 ^d	6.88±0.00 ^a
	5	4.01±0.00	0.85±0.00 ^c	6.46±0.00 ^{ab}
	10	3.26±0.00	4.62±0.00 ^b	0.50±0.00 ^{ab}
	15	3.67±0.00	6.74±0.01 ^a	0.00±0.00 ^b

¹⁾ uPGV4: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, uPGV8: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 8%, PGV4: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, PGV8: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 8%.

²⁾ Any means in the same group (^{a-d}) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

로 무기질이 도라지가 건조됨에 따라 건조과정에서 열이 가해져 세포벽과 분자구조가 파괴되고 조직이 연화되어 여러 무기성분의 용해능이 증가하면서 함량이 증가할수록 다량 함유되기 때문에 사료된다(Lee 등 2014b).

2. 유기산 함량

유기산은 식초의 신맛과 감칠맛에 영향을 주어 식초 품질에 중요한 영향을 미치는 항목으로 특히, 식초의 양조 과정 중 초산균의 작용에 의해 생성되는 acetic acid는 식초의 주성분으로 발효식초의 품질관리를 위한 핵심 지표가 된다(Furukawa & Udea 1963). 도라지의 탈피 유무와 함량에 따른 도라지 식초의 유기산 함량 변화를 살펴보고 Table 3에 제시하였다.

Acetic acid의 경우 발효가 진행되면서 생성량이 늘어나 유기산 중 가장 많은 함량을 나타내었는데($p<0.05$), 발효 초기 시료를 제외하고 탈피 도라지 8%를 이용한 식초(PGV8)의 경우가 발효 15일차에 31.05 mg/mL로 가장 낮은 함량을 나타내었고, 비탈피도라지 8%를 이용한 식초(uPGV8)에서는 발효 15일차에 63.98 mg/mL로 가장 높은 함량을 나타내었으나, 실험구 간에 acetic acid 함량 차이는 없는 것으로 나타났다.

Oxalic acid의 경우 4% 도라지를 이용한 식초(uPGV4, PGV4)는 발효 5일차까지 증가하다 감소하였고, 8% 도라지 식초 중 비탈피도라지 식초(uPGV8)는 발효 10일차에, 탈피도라지 식초(PGV8)의 경우에는 15일차에 가장 높은 함량을 보였으나, 도라지 함량과 껍질의 탈피유무에 따른 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 두 번째로 높은 함량을 보인 lactic acid는 발효 초기에 7.21~8.19 mg/mL 이었다가 발효가 진행되면서 발효 15일차에는 2.76~4.04 mg/mL로 감소하는 경향을 보였다. 특히 발효 10일차에서 감소하였다가 증가한 PGV4를 제외한 나머지 실험구에서는 발효 10일차에서 현저하게 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 그리고 succinic acid의 경우에는 PGV8을 제외한 실험구는 발효초기에 0.97~1.53 mg/mL의 함량을 나타내었다가 발효가 진행됨에 따라 발효 10일차에서 현저하게 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 하지만, PGV8의 경우 발효초기보다 발효가 진행되면서 높은 함량을 나타내었지만 통계적인 유의성은 없었다.

본 연구에서는 도라지 식초에서 초산의 함량이 발효 15일차에 최대 63.98 mg/mL로 가장 높게 나타났는데 우영식초의 경우 가장 높은 초산의 함량은 47.5 mg/mL로 이때의 발효 조건은 약 31°C에서 약 17일을 발효하는 것으로 나타나 본 실

Table 3. The organic acid contents of vinegar added with *Platycodon grandiflorum* root during fermentation period

Group ¹⁾	Time (day)	Organic acid contents (mg/mL)				
		Acetic acid	Oxalic acid	Lactic acid	Succinic acid	Total
uPGV4	0	6.86±3.23 ^{b2)}	0.85±0.02	8.19±0.93 ^a	1.35±0.16 ^a	17.25±4.02
	5	13.91±0.00 ^b	0.92±0.13	7.00±0.00 ^a	0.99±0.22 ^{ab}	22.81±0.09
	10	47.97±0.00 ^a	0.78±0.10	3.58±0.00 ^b	0.22±0.01 ^b	52.55±0.11
	15	53.06±0.00 ^a	0.76±0.14	3.79±0.94 ^b	0.16±0.09 ^b	57.77±1.17
uPGV8	0	6.43±0.31 ^b	0.82±0.00	7.82±0.04 ^a	1.53±0.02 ^a	16.60±0.29
	5	15.07±1.83 ^b	0.91±0.02	7.00±0.42 ^a	1.57±0.01 ^a	24.56±1.40
	10	59.85±0.97 ^a	1.12±0.20	3.23±0.07 ^b	0.16±0.00 ^b	64.35±0.70
	15	63.98±0.00 ^a	1.07±0.17	3.11±0.97 ^b	0.14±0.05 ^b	68.30±0.85
PGV4	0	6.33±2.28 ^b	0.75±0.00	7.21±0.62 ^a	0.97±0.14 ^{ab}	15.26±2.77
	5	13.02±1.88 ^b	1.00±0.17	5.46±0.00 ^{ab}	1.42±0.06 ^a	20.91±1.65
	10	40.18±0.00 ^a	0.93±0.13	3.52±0.00 ^b	0.20±0.00 ^b	44.83±0.13
	15	47.76±0.00 ^a	0.82±0.20	4.04±1.05 ^{ab}	0.12±0.00 ^b	52.75±1.25
PGV8	0	6.49±0.31 ^b	1.14±0.01	8.17±0.03 ^a	1.18±0.09 ^a	16.98±0.36
	5	4.86±0.56 ^b	1.43±0.03	9.32±0.08 ^a	1.43±0.17 ^a	17.04±0.69
	10	35.18±1.06 ^a	1.60±0.09	3.35±0.00 ^b	2.10±0.27 ^a	44.23±0.89
	15	31.05±0.00 ^a	1.71±0.17	2.76±1.13 ^b	1.70±0.38 ^a	37.23±1.68

¹⁾ uPGV4: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, uPGV8: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 8%, PGV4: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, PGV8: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 8%.

²⁾ Any means in the same group (^{a,b}) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

험 결과에서 빠른 발효 기간과 높은 초산 함량을 나타내는 특징을 보였다(Kim & Kim 2017). 생도라지의 경우 oxalic acid, malic acid, acetic acid 및 succinic acid이 검출된다고 보고되었는데(Lee 등 2013), 도라지 식초의 발효 5일차에 oxalic acid에서 탈피 도라지를 이용한 식초(PGV)가 비탈피 도라지를 이용한 식초(uPGV)보다 높은 함량을 나타내었지만 통계적으로 유의하지 않았고, succinic acid의 경우 비탈피 도라지를 이용한 식초(uPGV)는 감소하거나 비슷한 수준이었지만, 탈피에서는 증가하여 탈피로 인해 유기산의 용출이 쉬웠을 것으로 사료 된다. 발효 10일차에는 acetic acid를 제외한 유기산 함량이 감소하였는데, 이는 도라지 식초 제조 과정에서 유기산 중 lactic acid는 TCA회로에 탄소 공급원으로 분해되는 것이 촉진되었고, oxalic acid과 succinic acid은 TCA회로에서 다른 유기산으로 변환되었을 것으로 사료된다(Baek 등 2015).

3. Platycodin D 함량

platycodin D는 도라지 뿌리에 존재하는 triterpenoid saponin 화합물 중 하나로 다양한 약리효능이 있는 것으로 보고되었

다(Guo 등 2007). 도라지의 탈피 유무와 함량을 고려하여 제조한 도라지 식초의 platycodin D 함량의 변화를 분석하여 Table 4에 나타내었다.

모든 식초 실험구는 발효 0일차에 0.39 µg/mg의 함량을 보였지만, 발효 5일차에 탈피 도라지 8%를 이용한 식초(PGV8)에서 급격히 증가하여 169.66 µg/mg으로 다른 식초에 비해 platycodin D의 함량이 가장 높았다($p<0.05$). 발효 5일차부터 15일차까지 탈피 도라지 8%(PGV8), 탈피 도라지 4%(PGV4), 비탈피 도라지 8%(uPGV8), 비탈피 도라지 4%(uPGV8) 순으로 함량 차이를 보였는데, 특히 8% 탈피 도라지(PGV)를 이용하여 제조한 발효식초의 경우 발효 5일차에 검출된 양이 발효가 완료되기 전까지 꾸준히 높은 함량을 나타내었다.

Guo L(2007)에 따르면 platycodin D는 도라지의 모든 부분에 존재하지만, 잎보다는 뿌리에 다량 함유되어 있는 것으로 보고하였는데, 본 연구결과에서도 껍질을 제거하지 않은 도라지 뿌리를 첨가한 식초는 껍피로 인해 platycodin D가 적게 용출되어 껍질을 제거한 도라지를 이용한 식초에 비해 platycodin D의 함량이 낮았다. 또한 발효 초기부터 platycodin D 함량이

Table 4. Antioxidant activity and total polyphenol content of vinegar added with *Platycodon grandiflorum* root during fermentation period

Group ¹⁾	Time (day)	platycodin D (µg/mg)	Total polyphenol (mg TAE/100 g)	DPPH radical scavenging activity (%)	ABTS+ radical scavenging activity (%)
uPGV4	0	0.39±0.00 ^{Ab}	0.27±0.12 ^{ABb2)}	17.09±0.22 ^{ABb}	25.48±0.50 ^{ABb}
	5	1.22±0.00 ^{Cb}	8.39±0.52 ^{Aab}	44.89±1.50 ^{ABab}	39.95±0.46 ^{ABa}
	10	18.48±0.00 ^{Ca}	9.86±0.06 ^{ABa}	48.48±1.56 ^{ABa}	38.29±2.67 ^{ABa}
	15	0.39±0.00 ^{Cb}	5.86±0.23 ^{Bab}	40.58±2.54 ^{Aab}	36.86±0.29 ^{Ba}
uPGV8	0	0.39±0.00 ^{Ab}	0.56±0.29 ^{Bb}	18.51±1.08 ^{Bb}	26.38±1.01 ^{Bb}
	5	11.21±0.00 ^{Cb}	7.06±0.23 ^{Bb}	45.22±0.73 ^{Bab}	41.95±0.16 ^{Bab}
	10	35.35±0.00 ^{Ca}	14.12±0.15 ^{Ba}	63.83±0.66 ^{Ba}	49.67±0.22 ^{Ba}
	15	27.51±0.00 ^{Ca}	4.66±0.12 ^{Cab}	34.94±1.44 ^{Bab}	34.00±0.43 ^{Bab}
PGV4	0	0.39±0.00 ^{Abc}	0.03±0.05 ^{Bb}	21.31±1.24 ^{Ab}	26.71±0.76 ^{ABb}
	5	41.48±0.00 ^{Bc}	10.82±0.06 ^{Aa}	75.05±1.24 ^{Aa}	53.71±0.43 ^{Aa}
	10	73.12±0.00 ^{Ba}	10.29±0.20 ^{ABa}	72.92±1.08 ^{Aa}	48.29±0.29 ^{ABab}
	15	58.83±0.00 ^{Bab}	9.72±0.40 ^{ABa}	62.93±0.38 ^{ABab}	45.38±0.08 ^{ABab}
PGV8	0	0.39±0.00 ^{Ab}	1.22±0.31 ^{Ab}	28.31±1.35 ^{Ab}	32.24±0.22 ^{Ab}
	5	169.66±0.00 ^{Aa}	15.22±0.25 ^{Aa}	88.26±1.07 ^{Aa}	69.33±0.58 ^{Aa}
	10	166.50±0.00 ^{Aa}	16.46±0.55 ^{Aa}	86.60±0.22 ^{Aa}	67.24±0.16 ^{Aa}
	15	171.70±0.00 ^{Aa}	13.49±0.10 ^{ABab}	72.68±2.18 ^{ABab}	59.19±0.36 ^{ABab}

¹⁾ uPGV4: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, uPGV8: vinegar fermented with unpeeled *Platycodon grandiflorum* root 8%, PGV4: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 4%, PGV8: vinegar fermented with peeled *Platycodon grandiflorum* root 8%.

²⁾ Any means in the same fermentation time (^{A-C}) or group (^{a-c}) followed by different letters are significantly ($p<0.05$) different by Duncan's multiple range test.

높게 검출된 것은 Shon 등(2001)의 논문에 의하면 도라지 추출물의 생리활성도가 에탄올, 물, 메탄올 순으로 보아 식초 발효 초기에 넣어준 알코올로 인해 추출이 더 용이해진 결과로 판단된다.

4. 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성

도라지의 탈피 유무와 함량에 따른 도라지 식초의 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성 변화를 살펴보고 그 결과를 Table 4에 나타내었다.

총 폴리페놀 함량의 경우 모든 식초에서 발효가 진행됨에 따라 증가하여 대체적으로 발효 10일차에 가장 높은 함량을 나타내었으나, 탈피유무에 상관없이 4% 도라지를 사용한 식초를 제외하고 8% 도라지 식초 실험구 간 비교 시 탈피 도라지 부리를 첨가한 식초(PGV8)가 비탈피 도라지 식초(uPGV8)에 비해 통계적 유의성이 있게 높았지만, 그 이후에는 모든 실험구가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Andlauer 등(2000) 연구에 따르면 초산 발효 과정 중 강력한 페놀 분해 작용이 일어나 총 폴리페놀 함량이 감소한다고 보고되었고, 섬애약썩 주정 추출물을 첨가한 식초(Shin 등 2020)에서도 발효기간이 증가함에 따라 감소하였다고 보고하여 본 연구와 같은 경향을 보였는데, 동일 실험구 내에서 발효기간에 따른 통계적 유의성은 없었다. 게다가 도라지 사용량을 8%로 하였을 때 4%에 비해 다소 높은 함량을 나타내었고, 그 중 탈피도라지 8%를 이용하여 제조한 식초가 16.46 mg TAE/100 g으로 가장 높은 값을 나타내었지만 실험구간의 통계적 유의성은 뚜렷하게 나타나지 않았다.

DPPH radical 소거능(%)은 전반적으로 탈피 도라지를 이용한 식초(PGV4, PGV8)는 발효 기간에 따라 5일차에 가장 높은 활성을 나타내었고, 비탈피 도라지를 이용한 식초(uPGV4, uPGV8)는 10일차에 가장 높은 활성을 나타내었는데, 그 순서는 탈피 도라지 8%(PGV8), 4%(PGV4), 비탈피 도라지 8%(uPGV8), 4%(uPGV4)를 이용하여 제조한 도라지식초 순으로 높은 소거능을 보여, 총 폴리페놀 함량의 변화와 유사한 경향을 나타내었고, 4% 비탈피 도라지 식초(uPGV4)를 제외하고 탈피도라지 식초(PGV4, PGV8)와 8% 비탈피 도라지 식초(uPGV8) 간에 통계적인 유의성은 있었다($p < 0.05$). ABTS radical 소거능(%)은 실험구에 따라 약간의 차이가 있는 것으로 나타났는데, 8% 비탈피 도라지 식초(uPGV8)는 발효 10일차가 가장 높았으나 4% 비탈피 도라지 식초(uPGV4)와 8% 탈피 도라지 식초(PGV8)는 발효 5일차와 10일차가 동일하게 가장 높았고 4% 탈피 도라지 식초(PGV4)는 발효 5일차에 ABTS radical 소거능이 가장 높게 관찰되어($p < 0.05$), 발효 10일차에 8% 탈피 도라지(PGV8), 8% 비탈피 도라지(uPGV8), 4% 탈피 도라지(PGV4), 4% 비탈피 도라지(uPGV4)를 이용한

식초 순으로 높은 소거능을 보였다. 특히 발효 15일차에 탈피 도라지 식초(PGV4, PGV8)와 비탈피 도라지 식초(uPGV4)가 비탈피 도라지 식초(uPGV8)에 비해 통계적인 유의성이 있게 ABTS radical 소거능이 높게 관찰되었다($p < 0.05$).

총 폴리페놀 함량 분석 및 항산화 활성 실험 결과 8% 탈피 도라지를 이용한 식초에서 가장 높은 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성을 보였는데 이는 도라지의 유효성분이 껍피보다는 내부에 더 많이 함유되어 있어, 껍피로 둘러싸인 도라지의 경우 유효성분의 추출이 용이하지 않아 함량 차이를 보인 것으로 생각된다. 그리고 playticodin D 함량 분석결과에서 비탈피 도라지 식초에 비해 8% 탈피 도라지를 포함한 식초에서 가장 높은 함량을 나타내어, playticodin D 함량이 높을수록 항산화 활성이 높은 것으로 판단된다.

5. 맛 센서를 이용한 맛 성분 분석

도라지의 탈피 유무와 함량을 고려하여 제조한 도라지 식초의 주요 맛 성분의 변화를 분석하여 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다.

제조한 도라지 식초의 맛 성분 분석을 위해 제조사 매뉴얼에 따라 대조군으로 시판 발효식초(사과식초)를 사용하여 함께 분석하여 상대적인 강도로 나타내었다. 그 결과 발효 0일차에는 실험구 간의 큰 차이를 보이지 않았고, 감칠맛과 신맛이 낮게 나타났지만 발효 10일차에서는 증가하여, 감칠맛은 도라지 8%(uPGV8, PGV8)를 이용한 식초가 -8.99와 -9.02를 나타내었고 4%(uPGV4, PGV4) 도라지를 이용한 식초는 -10.78과 -12.37로 첨가량에 비례하여 강도가 높게 나타났다. 신맛 역시 uPGV8과 PGV8 시료가 -11.29와 -11.70, uPGV4와 PGV4 시료들은 -12.95와 -15.65로 8% 도라지를 이용한 경우 조금 더 높았고, 특히 탈피 도라지를 이용한 식초(PGV8)에서 가장 높은 강도를 보였다. 짠맛과 뉘은맛은 탈피 도라지 4%를 이용한 식초(PGV4)에서 대조군보다 2.76과 3.58로 높은 값을 나타냈고, 쓴맛 역시 uPGV8과 PGV8 시료가 -19.23과 -19.44로 낮은 반면 다른 시료들 중에서 -14.06으로 가장 높은 값을 나타냈다. 풍부한 맛(richness)은 8%를 이용한 비탈피 식초(uPGV8)에서만 0.08로 높은 값을 나타내었고, 나머지 실험구들은 -0.06에서 -0.19로 낮은 값을 나타내었다.

발효 15일차에는 실험구 중 탈피 도라지 8%(PGV8)를 이용한 식초에서 감칠맛과 신맛이 -5.17과 -6.76으로 가장 높게 나타났고, 짠맛, 쓴맛, 뉘은맛은 -0.51, -21.34와 -6.89로 가장 낮은 값을 나타내었고, 풍부한 맛은 PGV4보다는 높고 나머지 시료들과는 유사한 경향을 보여, 탈피 도라지 8%(PGV8)를 이용한 식초는 주요 맛 성분들의 분석결과를 종합적으로 보았을 때 다른 시료들에 비해 소비자 기호도에 긍

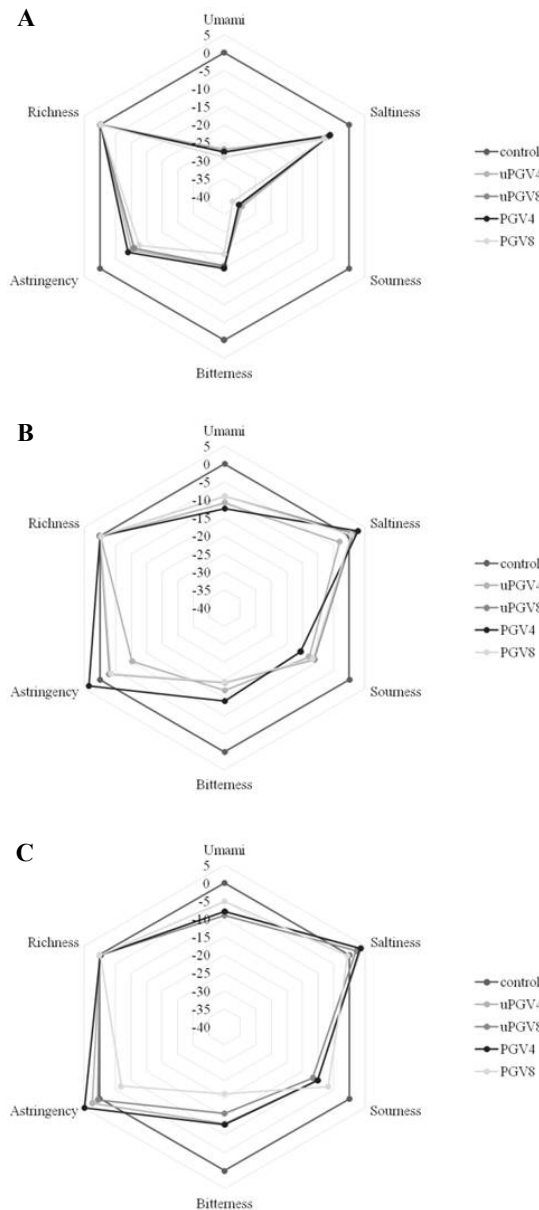


Fig. 1. The sensory evaluation of vinegar added with *Platycodon grandiflorum* root and commercial vinegar. (A) 0 day, (B) 10 days, (C) 15 days.

정적인 영향을 미칠 것으로 추측된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 프리미엄급 식초 개발을 위해 도라지와 초산균 *Acetobacter pasteurianus* A11-2를 이용하여 발효식초를 제조하였고 발효기간에 따라 도라지 탈피 유무와 첨가량(4, 8%)을 고려하여 품질특성 변화를 조사하였다. 도라지 식초

는 발효가 진행되면서 산도가 증가하여 6.39~6.74%를 나타내었고, 알코올 함량은 모두 소비되어 검출되지 않은 발효 15일 만에 종료되었다. 유기산 함량은 발효 기간이 경과함에 따라 acetic acid이 증가하여 가장 많은 함량을 나타내었고 lactic acid와 succinic acid에서는 발효기간이 증가함에 따라 점차 감소하는 것으로 나타났다. 8% 탈피 도라지를 이용한 식초(PGV8)에서 platycodin D 함량, 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성(DPPH와 ABTS radical 소거 활성)이 가장 높았다. 주요 맛 성분 변화에서도 8% 탈피 도라지를 이용한 식초(PGV8)가 감칠맛과 신맛은 높고 짠맛, 쓴맛, 떫은맛이 낮게 나타나 기호도에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 *Acetobacter pasteurianus* A11-2를 이용하여 도라지 식초를 제조하기 위해서는 30℃에서 10일에서 15일간 발효과정을 거쳐야하고, 특히 8% 탈피 도라지를 이용할 경우 높은 산도와 platycodin D 및 항산화능이 높게 나타나 고품질 발효식초를 개발할 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술개발 연구사업(PJ013418032020)의 지원에 의해 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

References

- Andlauer W, Stumpf C, Furst P. 2000. Influence of the acetic acid fermentation process on phenolic compounds. *J Agric Food Chem* 48:3533-3536
- Baek SY, Lee, CH, Park YK, Choi HS, Mun JY, Yeo SH. 2015. Quality characteristics of fermented vinegar prepared with the detoxified *Rhus verniciflua* extract. *Korean J Food Preserv* 22:674-682
- Byun BH. 2003. Antiobesity effects of *Platycodon grandiflorum* extract on body weight changes and serum lipid profiles of obese rats induced high fat diet. *J Life Sci* 13:896-902
- Cho HD, Kim JH, Lee JH, Hong SM, Yee ST, Seo KI. 2017a. Anti-fatigue effect of a cucumber vinegar beverage on rats after high-intensity exercise. *Korean J Food Sci Technol* 49:209-214
- Cho KM, Hwang CE, Joo OS. 2017b. Change of physico-chemical properties, phytochemical contents and biological activities during the vinegar fermentation of *Elaeagnus multiflora* fruit. *Korean J Food Preserv* 24:125-133
- Eom HJ, Yoon HS, Kwon NR, Jeong YJ, Kim Y, Hong ST, Han

- NS. 2019. Comparison of the quality properties and identification of acetic acid bacteria for aronia vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 48:1397-1404
- Furukawa S, Udea R. 1963. Studies on non-volatile organic acid in vinegar, contents of non-volatile organic acid in commercial vinegars. *J Ferment Technol* 41:14-19
- Guo L, Zhang C, Li L, Xiao YQ. 2007. Advances in studies on *Platycodon grandiflorum*. *China J Chin Mater Med* 32:181-186
- Guo L. 2007. Study on quality standard of platycodon grandiflorum. Master's Thesis, China Academy of Chinese Medical Sciences. Beijing, China
- Ha YD, Kim KS. 2000. Civilization history of vinegar. *Food Ind Nutr* 5:1-6
- Hwang CR, Oh SH, Kim HY, Lee SH, Hwang IG, Shin YS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Chemical composition and antioxidant activity of Deoduk (*Codonopsis lanceolata*) and Doraji (*Platycodon grandiflorum*) according to temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:798-803
- Jeong EJ, Kim KP, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies containing *Platycodon grandiflorum* powder. *Korean J Food Nutr* 26:759-765
- 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
- Jung KI, Ha NY, Choi YJ. 2019. Functional properties of muskmelon vinegars manufactured with traditional fermentation methods. *J Life Sci* 29:345-353
- Kim DS, Shin KS. 2014. Chemical property and macrophage stimulating activity of polysaccharides isolated from brown rice and persimmon vinegars. *Korean J Food Nutr* 27:1033-1042
- Kim YS, Kim SH. 2017. Optimization of fermentation conditions for burdock vinegar using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 46:986-996
- Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory activities of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42:382-387
- Korean Intellectual Property Office. 2020. Korean Traditional Knowledge Portal. Available from <http://www.koreantk.com> [cited 2 December 2020]
- Lee BJ, Jeon SH, Lee SW, Chun HS, Cho YS. 2014. Effect of drying methods on the saponin and mineral contents of *Platycodon grandiflorum* radix. *Korean J Food Sci Technol* 46:636-640
- Lee GD, Joo GJ, Kwon JH. 2000. Optimization for roast flavour formation of *Platycodon grandiflorum* tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:752-757
- Lee HB, Oh HH, Jun HI, Jeong DY, Song GS, Kim YS. 2018a. Functional properties of tomato vinegar manufactured using *Makgeolli* seed culture. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 47:904-911
- Lee KJ, You HJ, Park SJ, Kim YS, Chung YC, Jeong TC, Jeong HG. 2001. Hepatoprotective effects of *Platycodon grandiflorum* on acetaminophen-induced liver damage in mice. *Cancer Lett* 174:73-81
- Lee MK, Park JS, Song HJ, Chon SU. 2014a. Effects of polyphenol and catechin levels on antioxidant activity of several edible flower extracts. *Korean J Plant Res* 27:111-118
- Lee SJ, Shin SR, Yoon KY. 2013. Physicochemical properties of black Doraji (*Platycodon grandiflorum*). *Korean J Food Sci Technol* 45:422-427
- Lee YJ, Byun GI, Jin SY. 2018b. Quality characteristic and antioxidant activities of vinegar added with Etteum bell flower root. *Korean J Food Nutr* 31:549-558
- 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
- Mohamad NE, Yeap SK, Ky H, Ho WY, Boo SY, Chua J, Beh BK, Sharifuddin SA, Long K, Alitheen NB. 2017. Dietary coconut water vinegar for improvement of obesity-associated inflammation in high-fat-diet-treated mice. *Food Nutr Res* 61:1368322
- Oh HG, Kim JH, Shin EH, Kang YR, Lee BG, Park SH, Moon DI, Kwon LS, Kim YP, Choi MH, Kim OJ. 2013. Improving effects of platycodon extracts jelly on β -amyloid-induced cytotoxicity and scopolamine-induced cognitive impairment animal models. *Korean J Plant Resour* 26:417-425
- Park BY, Choi JW, Kim SH, Yun YR, Lee YR, Lee YM, Jung JH. 2020. Antioxidant activity of premature mandarin vinegar according to harvest period and raw material conditions. *Korea J Food Sci Technol* 52:333-341
- Park EH, Choi CY, Kwon HJ, Lim MD. 2016. Literature review on type and manufacturing methods of Korean traditional

- vinegar. *Food Sci Ind* 49:94-99
- Sakanaka S, Ishihara Y. 2008. Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates. *Food Chem* 107:739-744
- Seo JK, Chung YC, Chun SS, Lee YY, Lee SJ, Shon MY, Sung NJ. 2004. Effect of physiologically active compounds isolated from *Platycodon grandiflorum* on streptozotocin - induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 981-986
- Shin JY, Kang MJ, Kang JR, Choi JS, Seo WT, Shin JH. 2020. Quality characteristics of fermented vinegar containing different concentration of an ethanol extract from 'Seomaeyaksuk' (*Artemisia argyi* H.). *Korean J Food Preserv* 27:212-223
- 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
- Yim SH, Cho KS, Choi JH, Lee JH, Lee B, Kim MS, Eun JB. 2016. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of pearvinegars using 'Wonhwang', 'Naitaka' and 'Chuhwangbae' fruits. *Korean J Food Preserv* 23:174-179

Received 10 November, 2020

Revised 09 December, 2020

Accepted 15 December, 2020