pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 35, No. 5, pp. 503~512 (2020)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.5.503

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

레몬밤 추출물을 함유한 팽화미 식초의 품질 특성 및 항산화 활성

최승권[1] · 김용석[2]*
[1]이앤에스, [2]전북대학교 식품공학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activity of Puffed Rice Vinegar Added with Lemon Balm Extracts

Seung Kwon Choi[1], Yong-Suk Kim[2]*
[1]*E&S, Anseong, Korea*
[2]*Department of Food Science & Technology, Jeonbuk National University, Jeonju, Korea*

(Received September 22, 2020/Revised October 2, 2020/Accepted October 6, 2020)

ABSTRACT - To enhance the usability of puffed rice, we evaluated the quality characteristics and antioxidant activity of vinegar made with puffed rice and lemon balm. First, puffed rice containing lemon balm extracts was fermented for alcohol production. The alcoholic fermented liquid was adjusted to an alcohol content of 6% and an initial acidity of 2% for vinegar fermentation. The pH and alcohol content of the lemon balm vinegar decreased overall as fermentation progressed. The total acidity was 5.20±0.01% (2.0% lemon balm) to 5.80±0.01% (0.0% lemon balm) on the 15th day of fermentation, and the total acidity was slightly lower as the amount of added lemon balm was increased. Citric, succinic, and acetic organic acids were detected in the vinegar and the acetic acid content was highest at 4.81% to 5.37% on the 15th day of fermentation. We found that the total polyphenol and total flavonoid content of the lemon balm vinegar increased as we added lemon balm, and the content on the 15th day of fermentation was 179.4±4.5 (0.0% lemon balm) - 340.8±2.6 mg/kg (2.0% lemon balm) and 1.5±0.3 (0.0% lemon balm) - 31.7±0.3 mg/kg (2.0% lemon balm), respectively. The higher the amount of lemon balm added, the higher the DPPH radical scavenging activity, the FRAP (reducing power), and the ABTS radical scavenging activity. Moreover, those activities after 2.0% lemon balm treatment were 82.99±0.61%, 1.08±0.01 abs., and 87.67±0.68%, respectively, on the 15th day of fermentation. These results suggest that vinegar with added lemon balm may be used as an antioxidant agent.

Key words : Puffed rice, Lemon balm, Vinegar, Antioxidant activity, Fermentation

식초는 술과 함께 인류의 식생활에서 가장 오랜 역사를 갖는 발효 식품 중 하나이며, 음식을 조리할 때 산미를 내는 조미료로 쓰이는 것은 물론 민간의약으로도 널리 사용되었다[1]. 식초는 곡류, 과실류, 주류 등을 주원료로 하여 초산 발효시켜 제조하거나 이에 곡물 당화액, 과실착즙액 등을 혼합·숙성하여 만든 발효식초(양조식초)와 빙초산 또는 초산을 먹는 물로 희석하여 만든 희석초산으로 구분된다. 이중 발효식초의 종류는 과실식초, 곡물식초, 주정과 당류 등의 원료를 혼합하여 만든 주정식초 등이 있다. 국내에서는 식초의 총산 함량을 4.0-20.0%(초산으로서, w/v%)로 규정을 하고 있다[2].

식초에 관한 연구는 발효 현미식초의 발효방법 및 원료함량[3], 효모 종류 및 발효 방식에 따른 현미식초[4], 종류별 화학성분의 특징[5], 발아현미 식초의 품질특성[6], 현미식초와 시판 현미식초의 품질 비교[7], 매실 식초 발효[8] 등으로 식초 제조공정에 따른 품질 특성과 다양한 기능성에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 곡물식초에 관한 연구는 현미 또는 발아현미를 이용하여 제조한 식초가 주를 이루고 있다.

우리나라 국민 1인당 연간 밥용 쌀 소비량은 2000년 93.6 kg에서 2019년 59.2 kg으로 지속적으로 감소하는 추세이다. 쌀의 재고량은 매년 지속적으로 늘어나 2018년에

*Correspondence to: Yong-Suk Kim, Department of Food Science & Technology, Jeonbuk National University, 567 Baekje-daero, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeonbuk 54896, Korea
Tel: +82-63-270-2567, Fax: +82-63-270-2572
E-mail: kimys08@jbnu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는 1,888천 톤으로 증가 추세가 지속되어 보관비용 증대가 예상되며 쌀의 소비가 촉구되고 있는 실정이다[9]. 팽화미분은 쌀을 가압하고 가열한 다음 전분을 호화시켜 수분을 적게 함유하고 dextrin 함량이 높은 식품소재[10]로 원료처리 공정의 간소화, 세미 폐수의 감소 이점이 있어 사용량이 점차 늘고 있으며, 팽화미를 식초 제조에 사용한다면 쌀 재고 감소 효과 및 공정 단순화, 쌀 재고에 따른 저장비용 감소 등이 기대된다[11,12].

레몬밤(*Melissa officinalis* L., lemon balm)은 꿀풀과에 속하는 쌍떡잎식물로서 지중해 연안이 원산지이며, 레몬 특유의 향기 때문에 요리나 장식에 널리 쓰이는 데 샐러드나 수프, 소스, 오믈렛, 육류 및 생선요리 등의 맛과 모양을 내는데 이용된다. 또한 차로 마시면 소화를 돕고, 식욕을 촉진시키기 때문에 식전이나 식후에 음료수로 적당하며, 말리면 강한 향기가 오래 남고 정신을 안정시키는 진정효과가 크기 때문에 포푸리로도 많이 이용된다[13]. 약리 작용은 우울증, 스트레스, 생리통, 건위 등을 완화시키고 발열이나 두통에 효과가 있다[13].

본 연구에서는 당화공정이 간편한 장점이 있는 팽화미의 이용성을 높이기 위하여 팽화미를 당화한 후 항산화 효과가 좋은 레몬밤을 첨가하여 알코올 발효를 하고, 이를 이용하여 제조한 식초의 품질 특성과 항산화 활성을 조사하였다.

Materials and Methods

실험 재료

본 실험에서 사용된 팽화미는 조은곡식(Hwaseong, Korea)에서 구입하였으며, 사용된 발효제로서의 조효소(자유-210, sp 3,600, 소맥피 100%)는 한국효소판매주식회사(Seoul, Korea)에서 구입하였으며, 정제효소(데코자임-에스피 150, sp 15,000, 탄산칼슘 60%, 황산칼슘 20%, α-amylase 5%, glucoamylase 15%)는 프로바(Yongin, Korea)에서 구입하였고 레몬밤은 허브e샵(www.aromainherb.net)에서 구입하여 4°C에서 냉장 보관하면서 사용하였다.

균주

식초 발효에 사용한 균주는 예비실험에서 발효능력이 우수한 것으로 선정된 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11201과 *Acetobacter aceti* KCCM 40229를 한국미생물보존센터(Seoul, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

레몬밤 추출물 제조

레몬밤 50 g을 2 L 삼각 플라스크에 넣고 증류수 1 L를 가한 다음 진탕배양기(Vision, VS-8480SR, Daejeon, Korea)에서 30°C, 200 rpm으로 24시간 추출하였다. 이 추출액을 원심분리(10,000×g, 5 min, HITACHI CR 22GIII, Tokyo, Japan)한 후 여과지(Whatman NO. 2, Whatman International Ltd., Maidstone, England)로 감압여과하고, 진공농축기(EYELA, N-1110, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축하여 -45°C deep freezer (Ilshin, DF-4507, Dongducheon, Korea)에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

식초 제조

팽화미 600 g에 조효소 12 g, 정제효소 0.6 g, 정제수 1,320 mL를 넣어 혼합하고 레몬밤 추출물을 각각 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%씩 첨가한 후 malt extracts broth (Difco, Detroit, MI, USA)에서 배양한 *S. cerevisiae* KCCM 11201 배양액을 팽화미 100 g당 1 mL씩 접종하였다. 접종된 시료는 각각 30°C에서 8일간 알코올 발효를 한 후 증류수를 가하여 알코올 함량 6%로 조정하고, 빙초산(Shinsungfood, Gunsan, Korea)을 이용하여 초기 산도를 2%로 조정하였다. 멸균된 2 L 삼각플라스크에 희석액을 1.5 L씩 넣고, 48시간 동안 배양한 *A. aceti* KCCM 40229 배양액을 희석액 100 mL당 1 mL씩 접종한 후 진탕배양기(Vision, VS-8480SR, Daejeon, Korea)에서 30°C, 200 rpm으로 15일 동안 발효시켰다. 시료는 3일 간격으로 채취하여 분석에 사용하였다.

pH, 총산 및 색도

pH는 시료 5 mL를 취해 증류수 45 mL를 가한 후 진탕하여 pH meter(ORION model 3star, Orion Research Inc., Beverly, MA, USA)를 이용하여 측정하였다[14]. 총산은 시료 5 mL를 취해 증류수 45 mL를 가하여 진탕한 후 0.1 N NaOH 용액을 이용하여 pH 8.3으로 적정하고 초산의 함량(%)으로 표시하였다.

색도는 색차계(SP-80, Tokyo Denshoku, Tokyo, Japan)로 Hunter scale에 따라 L^*(lightness), a^*(redness), b^*(yellowness) 값으로 표시하였다[15].

알코올 함량

알코올 함량은 국세청 주류 분석 규정[16]에 준하여 측정하였다. 발효기간 중 3일 간격으로 채취한 시료 100 mL를 정량하여 1-L 둥근 플라스크에 넣었다. 시료를 담았던 메스실린더를 증류수 10 mL로 3회 세척 후 세척액을 둥근 플라스크에 합쳤다. 둥근 플라스크를 냉각 추출기 한쪽에 연결하고 다른 한쪽에는 메스실린더를 연결하였으며, heating mantle (Inexus, GLHMP-B100, Seongnam, Korea)을 이용하여 시료에 열을 가하였다. 메스실린더에 모인 증류액이 70 mL가 되면 증류를 정지하고 증류수를 보충하여 100 mL로 정용한 후 잘 혼합하여 15°C로 보정한 다음 주정계(Deakwang, Inc., Seoul, Korea)로 알코올 도수를 측정 하였다. 그 다음 Gay-Lussac 주정도수환산표에 의해 확인하였다.

유기산

유기산은 시료를 3차 증류수로 이용하여 5배 희석한 후 0.22 μm membrane filter (Millipore Co., Bedford, MA, USA)로 여과한 액을 ICSep COREGEL-87H3 (7.8 mm×300 mm)이 장착된 HPLC (20A Series, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)을 이용하여 분석하였다. 컬럼 온도는 35°C, 유속은 0.6 mL/min, 이동상은 8 mM sulfuric acid, 검출기는 UV detector (λ = 210 nm)를 사용하여 분석하였다[22].

총 폴리페놀 함량

시료 0.1 mL를 취하여 2 N Folin-ciocalteu's reagent 0.5 mL와 증류수 5 mL를 첨가한 후 상온에서 3분간 반응시켰다. 그 후 20% Na_2CO_3 1.5 mL를 가하고 이 혼합액을 교반한 후 암실에서 1시간 동안 발색시킨 후 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 폴리페놀 함량은 gallic acid (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 작성한 표준검량곡선으로부터 구하였다[18].

총 플라보노이드 함량

시료 0.5 mL에 5% sodium nitrite 0.075 mL를 첨가하여 5분 동안 반응시키고, 10% aluminum chloride 0.05 mL를 분주 후 5분 동안 다시 반응시켰다. 그 다음 1 M sodium hydroxide 0.5 mL와 증류수 0.275 mL를 차례로 가한 후 UV spectrophotometer (UV-1650 PC Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 플라보노이드 함량은 (+)-catechin (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하여 작성한 표준검량곡선으로부터 구하였다[19].

DPPH 라디칼 소거 활성

각 추출물이 α,α-diphenyl-β-picryl hydrazyl (DPPH, Sigma Co., St. Louis, MO, USA)에 대한 전자공여효과로서 추출물의 환원력을 측정하였다. 시료 0.2 mL에 60 μM DPPH 용액(80% ethanol에 용해)을 2.8 mL씩 가한 후 vortex로 10초간 진탕하고 15분 후 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 시료 대신 추출용매만을 넣은 것으로 같은 방법으로 흡광도를 측정하였으며, DPPH 라디칼 소거 활성은 시험구와 대조구의 흡광도를 측정하여 백분율로 나타내었다[17].

DPPH 라디칼 소거 활성(%) = (1 - A/B) × 100

A: 시험구의 흡광도
B: 대조구의 흡광도

Ferric reducing antioxidant power (FRAP)

환원력의 측정을 위하여 기질 용액은 300 mM acetate buffer (pH 3.6), 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tripyridyl-*S*-triazine 용액 및 20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$를 각각 10:1:1(v/v/v)의 비율로 미리 혼합한 다음 37°C의 수욕상에 가온한 것을 사용하였다. 96 well plate에 시료 40 μL를 차례로 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시킨 후 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다[20].

ABTS 라디칼 소거 활성

시료 50 μL를 ABTS radical 용액 3 mL에 첨가하여 5분간 반응시킨 후 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 대조구로는 dibutyl hydroxy toluene (BHT)를 사용하였다. ABTS radical 용액은 7 mM ABTS [(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonate) diammonium salt)]에 2.45 mM potassium persulfate를 첨가하여 최종농도가 2.45 mM인 ABTS radical cation 용액을 만들어 암소에서 12시간 이상 실온에서 보관하고, 분석 시에는 5 mM PBS (phosphate buffer saline, pH 7.4)를 첨가하여 734 nm에서 흡광도가 0.700±0.010 abs.가 되도록 조절하여 사용하였다. ABTS 라디칼 소거 활성은 시료 용액의 첨가구와 무 첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타냈었다[21].

ABTS 라디칼 소거 활성(%) = (1 - A/B) × 100

A: 시험구의 흡광도
B: 대조구의 흡광도

통계처리

통계처리는 SAS (statistical analysis system) 통계 package (SAS Institute, 1990, Cary, NC, USA)를 사용하여 평균 및 표준편차를 구하였고, ANOVA분석(Duncan's multiple range test)으로 유의성을 검정하였다[23].

Results and Discussion

pH, 총산 및 알코올 함량

팽화미를 원료로 하고 레몬밤 추출물을 첨가하여 제조한 식초의 발효기간에 따른 pH, 적정산도 및 알코올 함량은 Fig. 1에 나타내었다. 발효 초기의 pH (Fig. 1 A)는 3.51±0.01(레몬밤 0.0%)-3.54±0.00(레몬밤 2.0%)로 레몬밤 함량이 증가할수록 pH가 약간 높은 경향을 보였다. 그러나 발효 3일부터 초산의 생성으로 전체적으로 비슷한 경향을 보이면서 감소하였으며, 발효 12일에는 레몬밤 0.0%

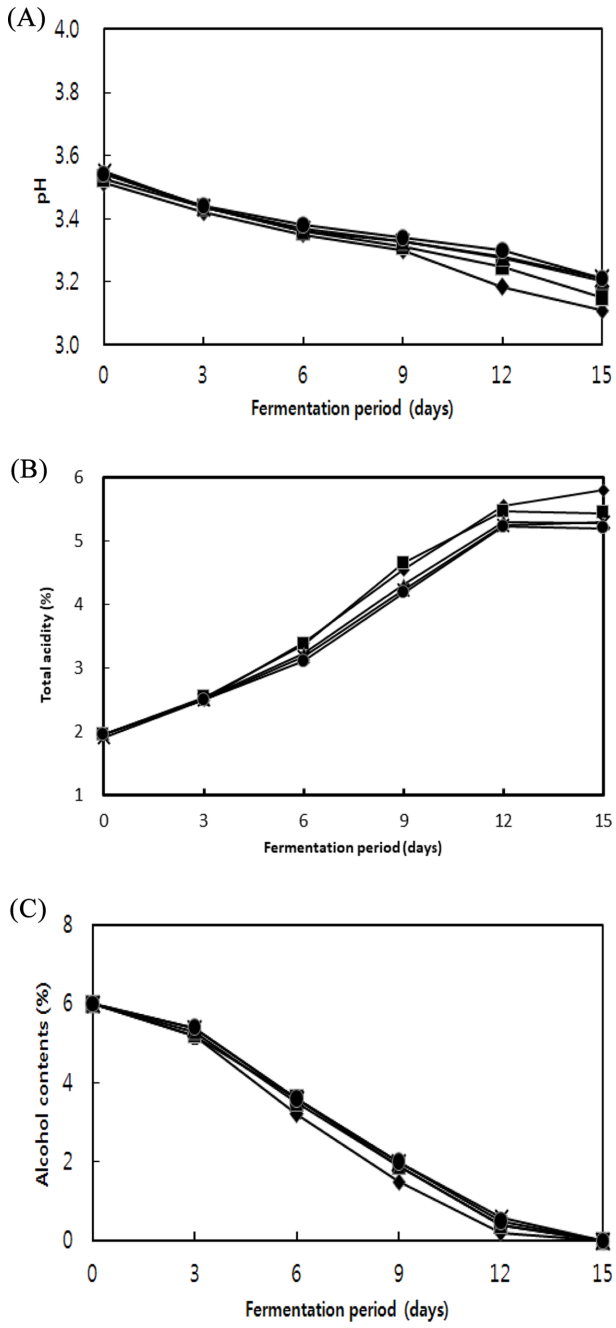

Fig. 1. Changes in pH (A), total acidity (B), and alcohol contents (C) of the putted rice vinegar during fermentation. Contents of lemon balm :-◆-: 0.0%, -■-: 0.5%, -▲-: 1.0%, -×-: 1.5%, -●-: 2.0% Vertical bars represents standard deviation (n=3).

처리구가 pH 3.18±0.01로 급격히 감소하면서 레몬밤을 첨가한 식초에 비해 유의적으로 낮은 값을 보였다. 발효 15일째 레몬밤 0.0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% 처리구의 pH는 각각 3.11±0.01, 3.15±0.01, 3.20±0.00, 3.21±0.00, 3.21±0.00로 나타나 레몬밤의 첨가량이 많을수록 pH가 약간 높은 경향을 보였다. 레몬밤 식초의 pH는 Lee 등[24]이 보고한 현미식초의 pH 3.20-3.40의 범위와 유사하였고, 이는 시판용 과실식초의 pH 범위가 2.75-3.77이라고 보고한 Kim 등[25]의 결과와 비슷하였다.

팽화미로 제조한 레몬밤 식초의 총산(Fig. 1, B)은 모든 처리구에서 발효 초기 2.00±0.02%로 조정하였다. 발효가 진행되면서 유기산이 생성되어 발효 6일에 총산함량은 3.11±0.02%(레몬밤 2.0%)-3.39±0.02%(레몬밤 0.0%), 발효 15일에 5.20±0.01%(레몬밤 2.0%)-5.80±0.01%(레몬밤 0.0%)로 나타나 레몬밤 첨가량이 증가함에 따라 총산이 낮게 나타났으며, 발효기간에 따른 pH 변화와 일관되게 나타났다. 모든 처리구에서 발효 15일에 식품공전[2]의 발효식초 총산함량 규격인 4.0%(초산으로서, w/v%) 이상으로 나타나 전체적으로 발효식초의 규격에 적합하였다. Kim 등[25]은 시판 과실식초의 산도가 3.05%-7.51%의 범위로 보고하였으며, Woo 등[26]은 시판 국산 현미식초의 산도가 5.42±0.01%-6.32±0.02%의 범위라고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 범위로 나타났다.

레몬밤 식초의 발효기간별 알코올 함량(Fig. 1, C)은 발효 초기에 6.0%에서 초산발효가 진행됨에 따라 감소되는 경향을 보여 발효 3일 이후 급격히 감소하였으며, 발효 12일에 0.2%(레몬밤 0.0%)-0.6%(레몬밤 2.0%)의 범위를 나타냈고, 발효 15일에는 모든 처리구에서 검출되지 않았다. 이는 초산발효에 따라 유기산이 생성되면서 기질인 알코올이 감소하였기 때문인 것으로 생각되며, pH 및 총산 함량의 결과와 일관된 경향을 나타냈다. Keum[27]은 마늘 식초 및 호박 식초의 에탄올 함량이 발효 15일에 거의 소모되었으며, 발효 26일에 각각 0.06%, 0.02%라고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 결과를 나타냈다.

색도

레몬밤의 첨가량을 다르게 하여 제조한 식초의 발효 중 색도의 변화를 측정한 결과는 Table 1과 같다.

레몬밤 0.0% 처리구의 명도(L^*)는 발효기간에 따라 점차 증가하는 경향을 보인 반면 레몬밤을 첨가한 처리구들은 명도가 점차 감소하는 경향을 보였다. 명도는 발효 초기 75.33±0.01(레몬밤 0.0%)-85.44±0.01(레몬밤 2.0%)에서 발효 15일에 74.99±0.02(레몬밤 1.0%)-81.02±0.01(레몬밤 1.5%)로 나타나 레몬밤 첨가에 의한 영향인 것으로 추정된다. 적색도(a^*)의 경우 레몬밤 처리구는 발효가 진행될수록 증가되는 경향을 보였고, 레몬밤 0.0% 처리구는 발효기간에 따라 감소되는 경향을 보였다. 레몬밤 0.0% 처리구의 적색도는 발효 초기에 0.54±0.03로 가장 높았으며 발효기간 중 이런 경향은 계속되었다. 황색도(b^*)의 경우 발효기간 중 레몬밤 0.0% 처리구에서 가장 높았으며, 모든 처리구에서 발효가 진행 될수록 전체적으로 증가하는 경향을 보였다.

Table 1. Lightness (L^*), redness (a^*), and yellowness (b^*) of putted rice vinegar during fermentation

Treatments	Fermentation period (day)	Hunter color value		
		L^*	a^*	b^*
Lemon balm 0.0%	0	75.33±0.01[1)e2)]	0.54±0.03[a]	10.92±0.01[a]
	3	76.76±0.02[e]	0.41±0.02[a]	11.79±0.01[a]
	6	77.66±0.02[e]	0.37±0.00[a]	11.18±0.01[a]
	9	76.79±0.01[d]	0.38±0.03[a]	11.82±0.01[a]
	12	76.82±0.02[d]	0.39±0.02[a]	12.03±0.00[a]
	15	78.61±0.02[b]	0.22±0.02[a]	11.89±0.01[a]
Lemon balm 0.5%	0	81.40±0.03[d]	-0.50±0.02[b]	8.42±0.00[c]
	3	78.86±0.03[d]	-0.32±0.05[b]	9.49±0.01[b]
	6	79.26±0.04[d]	-0.23±0.04[b]	9.50±0.02[c]
	9	77.69±0.01[c]	-0.18±0.01[b]	10.48±0.02[b]
	12	77.51±0.01[c]	-0.28±0.03[b]	10.73±0.01[c]
	15	75.06±0.03[d]	-0.20±0.03[b]	10.64±0.03[c]
Lemon balm 1.0%	0	81.69±0.01[c]	-0.99±0.01[d]	8.12±0.01[d]
	3	81.67±0.01[c]	-1.18±0.00[e]	8.68±0.00[d]
	6	79.72±0.15[c]	-0.54±0.05[c]	9.77±0.06[b]
	9	78.79±0.02[bc]	-0.42±0.01[c]	10.09±0.02[d]
	12	76.65±0.01[e]	-0.32±0.03[b]	10.84±0.00[b]
	15	74.99±0.02[e]	-0.12±0.01[b]	10.61±0.01[d]
Lemon balm 1.5%	0	83.40±0.01[b]	-0.94±0.01[c]	8.67±0.01[b]
	3	81.82±0.02[b]	-0.89±0.04[c]	8.90±0.01[c]
	6	81.23±0.03[b]	-0.80±0.00[d]	9.81±0.01[b]
	9	80.12±0.02[ab]	-0.70±0.01[d]	10.16±0.01[c]
	12	78.27±0.01[b]	-0.66±0.03[c]	10.39±0.01[d]
	15	77.32±0.01[c]	-0.15±0.05[b]	10.87±0.00[b]
Lemon balm 2.0%	0	85.44±0.01[a]	-0.98±0.02[d]	7.74±0.01[e]
	3	84.16±0.02[a]	-1.02±0.02[d]	8.63±0.01[e]
	6	82.41±0.01[a]	-0.79±0.02[d]	9.45±0.01[c]
	9	81.47±0.01[a]	-0.82±0.02[e]	10.14±0.01[c]
	12	79.91±0.02[a]	-0.68±0.02[c]	10.26±0.02[e]
	15	81.02±0.01[a]	-0.40±0.00[c]	10.44±0.01[e]

[1)] Means±Standard deviation (n=3).
[2)] [a-e]Values within a column followed by different superscripts at same fermentation period are significantly different at $P<0.05$.

Table 2. Organic acid contents of putted rice vinegar during fermentation

Treatments	Fermentation period (days)	Organic acid (%)			
		Citric acid	Succinic acid	Acetic acid	Total
Lemon balm 0.0%	0	0.01[b1)]	0.51[a]	1.65[a]	2.17[a]
	3	ND[2)a]	0.58[a]	2.70[a]	3.28[a]
	6	0.01[b]	0.68[a]	3.53[a]	4.22[a]
	9	0.01[a]	0.49[a]	4.26[a]	4.76[a]
	12	0.01[a]	0.57[a]	5.16[a]	5.74[a]
	15	ND[a]	0.59[a]	5.37[a]	5.96[a]
Lemon balm 0.5%	0	0.04[a]	0.45[c]	1.65[a]	2.14[b]
	3	ND[a]	0.46[d]	2.63[b]	3.09[b]
	6	0.04[a]	0.46[d]	2.96[c]	3.46[c]
	9	ND[b]	0.47[c]	3.83[c]	4.30[c]
	12	ND[b]	0.45[c]	4.76[b]	5.21[b]
	15	ND[a]	0.41[d]	4.97[b]	5.38[b]
Lemon balm 1.0%	0	ND[c]	0.47[b]	1.58[b]	2.05[c]
	3	ND[a]	0.53[b]	2.47[c]	3.00[c]
	6	ND[c]	0.54[b]	3.10[b]	3.64[b]
	9	ND[b]	0.49[a]	3.82[d]	4.31[c]
	12	ND[b]	0.51[b]	4.22[e]	4.73[e]
	15	ND[a]	0.51[b]	4.81[e]	5.32[d]
Lemon balm 1.5%	0	ND[c]	0.41[d]	1.59[b]	2.00[e]
	3	ND[a]	0.47[c]	2.17[e]	2.64[e]
	6	ND[c]	0.53[c]	2.35[e]	2.88[e]
	9	ND[b]	0.48[b]	4.25[b]	4.73[b]
	12	ND[b]	0.46[c]	4.58[c]	5.04[c]
	15	ND[a]	0.43[c]	4.93[c]	5.36[c]
Lemon balm 2.0%	0	ND[c]	0.40[e]	1.64[a]	2.04[d]
	3	ND[a]	0.43[e]	2.42[d]	2.85[d]
	6	ND[c]	0.42[e]	2.95[d]	3.37[d]
	9	ND[b]	0.42[d]	3.78[e]	4.20[d]
	12	ND[b]	0.40[d]	4.55[d]	4.95[d]
	15	ND[a]	0.40[e]	4.86[d]	5.26[e]

[1)] [a-e]Values within a column followed by different superscripts at same fermentation period are significantly different at $P<0.05$.
[2)] ND : not detected.

Moon 등[28)]이 시판 현미식초를 분석한 결과 L^*값은 66.17-87.19이었고, a^*값은 -0.81-5.54, b^*값은 6.46-31.54이었으며, Lee 등[29)]은 여러 효모로 발효한 현미식초를 분석한 결과 L^*값이 73.9±0.0-85.8±0.0, a^*값이 -1.6±0.0-2.5±0.0, b^*값이 18.1±0.00-20.8±0.0이라고 보고하여 본 연구결과와 비슷한 범위를 나타냈으나 식초의 종류, 원료 및 첨가물에 따라 약간의 차이를 나타냈다.

유기산

레몬밤 첨가량에 따른 식초의 발효기간 중 유기산의 변화는 Table 2와 같다. 팽화미 식초의 유기산 성분은 citric acid, succinic acid, acetic acid이며, 발효 기간 중 acetic acid의 함량이 가장 높아 주요 유기산으로 나타났다.

Citric acid의 경우 발효 초기 ND-0.04%이었으며, 발효

15일에 모든 처리구에서 검출되지 않았다. Succinic acid의 경우 발효 초기 0.40%-0.51%로 검출되었으며 발효가 진행되면서 약간 증가하는 경향을 나타냈으나 큰 변화는 없었다. Acetic acid의 경우 발효 초기 1.58%-1.65%이었으며, 모든 처리구에서 발효 3일부터 증가하는 경향을 보였으며, 발효기간 동안 유기산 중 가장 높은 함량을 나타냈다. Acetic acid 함량은 발효 15일에 레몬밤 0.0% 처리구에서 5.37%로 가장 높았으며, 다른 처리구들도 4.81%-4.97%의 범위로 나타나 식초의 총산 규격인 4.0%-20.0%(초산으로서, w/v%)에 적합한 것으로 나타났다. Woo 등[26]은 국내산 현미식초 3종의 총 유기산 함량은 약 55,000-58,000 mg/kg이었으며, acetic acid의 함량이 가장 많았다고 보고하였다. Kim 등[30]은 과실식초의 acetic acid의 함량이 46,709.5-52,144.0 mg/kg라고 보고하였다. 이들 결과는 본 연구결과와 비슷한 함량을 나타냈다.

총 폴리페놀 함량

팽화미 식초의 발효기간 중 총 폴리페놀 함량의 변화는 Table 3과 같다. 레몬밤의 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량도 증가하는 경향을 나타냈다. 총 폴리페놀 함량은 발효 초기 180.8±0.0 mg/kg(레몬밤 0.0%)-339.4±0.7 mg/kg(레몬밤 2.0%)의 범위에서 발효 15일에는 179.4±4.5 mg/kg(레몬밤 0.0%)-340.8±2.6 mg/kg(레몬밤 2.0%)으로 발효 기간 중 전체적으로 큰 변화가 없이 유지되었고, 레몬밤 첨가량이 많을수록 함량이 높았다. Chung 등[31]은 한국, 중국 및 일본의 시판 발효식초 10종(현미식초 6종, 쌀식초 3종, 자색미식초 1종)의 총 폴리페놀 함량이 144.5-858.1 mg GAE/L 수준으로 보고하여 본 연구결과와 비슷한 함량을 나타냈다. Na 등[32]은 시판 쌀식초와 현미식초의 총 폴리페놀 함량이 각각 83.86±10.19 및 21.34±2.08 mg/kg이라고 보고하여 본 연구결과보다 약간 낮은 함량을 나타냈다.

총 플라보노이드 함량

레몬밤 첨가량에 따른 식초의 총 플라보노이드 함량은 Table 3과 같다. 총 플라보노이드 함량은 레몬밤 첨가량이 많을수록 증가하였으며, 발효 초기 1.0±0.4 mg/kg(레몬밤 0.0%)-28.8±0.0 mg/kg(레몬밤 2.0%)에서 발효 15일에는 1.5±0.3 mg/kg(레몬밤 0.0%)-31.7±0.3 mg/kg(레몬밤 2.0%)로 발효기간에 따라 약간 증가하는 경향을 나타냈다. Na 등[32]은 시판 쌀식초와 현미식초의 총 플라보노이드 함량이 각각 17.41±0.92 및 5.86±0.39 mg/kg이라고 보고하여 본 연구결과보다 약간 낮은 함량을 나타냈다. 복분자 식초(17.81 mg/g)[33]와 오디 식초(294.67±58.59 μg/mL)[34] 등 과일식초의 경우 과일에 함유된 총 플라보노이드 함량에 의해 본 연구결과보다 높게 나타났다.

DPPH 라디칼 소거 활성

레몬밤 첨가량에 따른 식초의 발효기간 중 DPPH 라디칼 소거 활성은 Table 4와 같다. 레몬밤 식초의 DPPH 라디칼 소거 활성은 레몬밤 첨가량이 증가할수록 높아져 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성이 연관성이 있다는 연구 결과[33]와 같은 경향을 나타냈다. 발효 초기 레몬밤 식초의 DPPH 라디칼 소거 활성은 21.62±0.46%(레몬밤 0.0%)-78.84±0.66%(레몬밤 2.0%)이었으며 발효 15일에 25.89±1.03%(레몬밤 0.0%)-82.99±0.61%(레몬밤 2.0%)의 범위로

Table 3. Total phenolic compound and total flavonoid contents of putted rice vinegar during fermentation

Treatments	Fermentation period (days)	Total phenolic compound (mg/kg)	Total flavonoid (mg/kg)
Lemon balm 0.0%	0	180.8±0.0[1)e2)]	1.0±0.4[e]
	3	182.3±0.3[e]	0.6±0.1[e]
	6	181.9±2.7[e]	1.7±0.1[e]
	9	179.8±2.7[e]	1.9±0.1[e]
	12	182.3±3.2[e]	1.9±0.4[e]
	15	179.4±4.5[e]	1.5±0.3[e]
Lemon balm 0.5%	0	259.0±2.0[d]	5.2±0.1[d]
	3	257.6±1.9[d]	6.4±1.1[d]
	6	261.0±1.8[d]	6.2±1.0[d]
	9	262.5±0.6[d]	6.9±1.2[d]
	12	264.1±1.2[d]	5.9±0.2[d]
	15	262.7±5.3[d]	7.1±0.6[d]
Lemon balm 1.0%	0	286.5±1.8[c]	11.2±0.4[c]
	3	286.3±0.9[c]	12.5±1.4[c]
	6	285.5±0.6[c]	12.7±0.8[c]
	9	289.2±1.4[c]	13.4±0.1[c]
	12	286.7±1.6[c]	13.9±0.1[c]
	15	284.7±1.9[c]	13.6±0.1[c]
Lemon balm 1.5%	0	317.2±2.6[b]	16.0±0.1[b]
	3	316.7±1.6[b]	16.8±1.6[b]
	6	317.2±2.6[b]	20.7±1.2[b]
	9	321.8±3.6[b]	20.8±0.9[b]
	12	322.3±3.0[b]	21.5±0.6[b]
	15	321.4±1.2[b]	22.0±0.6[b]
Lemon balm 2.0%	0	339.4±0.7[a]	28.8±0.0[a]
	3	340.2±1.2[a]	29.3±0.5[a]
	6	344.5±0.3[a]	29.2±1.3[a]
	9	341.9±2.7[a]	30.4±0.7[a]
	12	341.2±3.2[a]	31.3±0.1[a]
	15	340.8±2.6[a]	31.7±0.3[a]

[1)] Means±Standard deviation (n=3).
[2)] [a-e]Values within a column followed by different superscripts at same fermentation period are significantly different at $P<0.05$.

Table 4. DPPH radical scavenging activity, ferric reducing antioxidant power, and ABTS radical scavenging activity of putted rice vinegar during fermentation

Treatments	Fermentation period (days)	DPPH radical scavenging activity (%)	Ferric reducing antioxidant power (Abs.)	ABTS radical scavenging activity (%)
Lemon balm 0.0%	0	21.62±0.46[1)f2)]	0.27±0.00[e]	17.14±1.00[f]
	3	21.45±0.61[f]	0.27±0.00[e]	19.24±0.08[e]
	6	22.33±0.18[f]	0.28±0.01[e]	20.00±0.14[e]
	9	23.61±0.54[f]	0.30±0.01[e]	20.52±0.33[e]
	12	25.77±0.51[f]	0.30±0.00[e]	21.19±0.30[f]
	15	25.89±1.03[f]	0.30±0.00[f]	20.62±0.41[f]
Lemon balm 0.5%	0	40.85±1.53[e]	0.44±0.02[d]	47.10±0.64[e]
	3	41.55±0.27[e]	0.45±0.04[d]	46.76±0.33[d]
	6	42.02±0.20[e]	0.46±0.04[d]	48.57±0.57[d]
	9	45.18±0.36[e]	0.48±0.03[d]	50.05±0.86[d]
	12	47.75±0.46[e]	0.49±0.04[d]	51.57±0.86[e]
	15	49.68±1.09[e]	0.53±0.02[d]	52.76±0.16[e]
Lemon balm 1.0%	0	65.58±0.54[c]	0.64±0.01[c]	66.57±0.80[c]
	3	65.11±0.18[c]	0.65±0.00[c]	68.00±0.62[c]
	6	65.05±0.66[c]	0.65±0.01[c]	69.24±0.79[c]
	9	64.82±0.27[c]	0.65±0.01[c]	68.86±0.87[c]
	12	65.46±0.61[c]	0.70±0.00[c]	70.67±0.64[c]
	15	65.58±1.77[c]	0.72±0.00[c]	72.71±0.87[c]
Lemon balm 1.5%	0	74.69±0.71[b]	0.75±0.00[b]	72.14±0.14[b]
	3	74.63±0.27[b]	0.76±0.00[b]	72.48±0.81[b]
	6	75.34±0.36[b]	0.81±0.01[b]	72.67±0.46[b]
	9	76.21±0.54[b]	0.83±0.01[b]	75.14±0.14[b]
	12	76.45±0.20[b]	0.87±0.00[b]	77.24±0.82[b]
	15	76.86±0.18[b]	0.86±0.00[b]	77.67±0.22[b]
Lemon balm 2.0%	0	78.84±0.66[a]	0.93±0.00[a]	80.90±0.22[a]
	3	79.60±0.56[a]	0.96±0.01[a]	81.71±0.43[a]
	6	80.13±0.36[a]	0.93±0.01[a]	82.86±0.49[a]
	9	80.71±0.18[a]	0.98±0.01[a]	84.67±0.46[a]
	12	82.00±0.27[a]	1.06±0.00[a]	85.29±1.00[a]
	15	82.99±0.61[a]	1.08±0.01[a]	87.67±0.68[a]
BHT 0.02%	0	54.30±0.20[d]	0.43±0.03[d]	68.00±0.49[d]
	3	52.30±0.24[d]	0.42±0.04[d]	68.20±0.35[c]
	6	54.40±0.09[d]	0.42±0.02[d]	68.32±0.41[c]
	9	53.56±0.37[d]	0.43±0.01[d]	68.27±0.23[c]
	12	54.62±0.38[d]	0.43±0.03[d]	68.02±0.57[d]
	15	54.14±0.28[d]	0.42±0.04[e]	68.05±0.41[d]

[1)] Means±Standard deviation (n=3).
[2)] [a-f]Values within a column followed by different superscripts at same fermentation period are significantly different at $P<0.05$.

발효가 진행될수록 약간 상승하는 경향을 보였다. 대조구인 0.02% BHT의 DPPH 라디칼 소거 활성은 발효 기간 중 54.3±0.20%-54.40±0.09%를 나타내어 레몬밤 1.0% 이상 첨가한 처리구에서 더 높은 소거 활성을 보였다. Chung 등[31]은 한국, 중국 및 일본의 시판 발효식초 10종(현미식초 6종, 쌀식초 3종, 자색미식초 1종)의 DPPH 라디칼 소거 활성이 0.10-6.39 mg TE/100 mL라고 보고하였다. Shin 등[35]은 쑥의 물 추출물로 제조한 식초의 DPPH 라디칼 소거 활성은 13.58-21.82%이었으며, 섬애약쑥 주정 추출물의 첨가량에 비례하여 증가하였다고 보고하였다. 또한 발

효기간이 경과할수록 활성이 감소하였다고 보고하여 본 연구결과와 차이가 있었다.

FRAP

레몬밤 식초의 발효기간에 따른 FRAP은 DPPH 라디칼 소거 활성 실험 결과와 비슷한 경향을 나타냈다(Table 4). 레몬밤의 첨가량이 증가할수록 FRAP가 증가하였으며, 또한 발효가 진행될수록 모든 처리구에서 약간 증가하는 경향을 보였다. 발효 초기 레몬밤 2.0% 처리구의 FRAP가 0.93±0.00 abs.(at 593 nm)로 가장 높았고, 발효 15일에도 레몬밤 2.0% 처리구가 1.08±0.01 abs.(at 593 nm)로 가장 높았다. 대조구인 0.02% BHT의 FRAP는 0.43±0.01 abs.(at 593 nm)를 나타내 레몬밤 0.5% 처리구보다 낮은 값을 보여 레몬밤 식초가 우수한 항산화 활성을 갖는 것으로 나타났다. Hong 등[36]은 오이 착즙액 30%를 첨가하여 제조한 오이 식초의 환원력이 2.35±0.02(at 700 nm)이었으며, 대조구인 0.1% BHT보다 높게 나타났다고 보고하였다.

ABTS 라디칼 소거 활성

레몬밤 첨가량에 따른 식초의 ABTS 라디칼 소거 활성은 Table 4와 같다. 레몬밤 식초의 ABTS 라디칼 소거 활성은 레몬밤 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 보였다. 항산화 활성은 발효 초기 17.14%-80.90%에서 발효가 진행될수록 약간씩 증가하는 경향을 보여 발효 15일에 20.62±0.41%(레몬밤 0.0%)-87.67±0.68%(레몬밤 2.0%)를 나타내 DPPH 라디칼 소거 활성 및 환원력의 결과와 비슷한 경향을 나타냈다. 레몬밤 식초의 ABTS 라디칼 소거 활성은 DPPH 라디칼 소거 활성보다 약간 높게 나타났는데, 이는 자유라디칼인 DPPH와 양이온라디칼인 ABTS에 결합하는 페놀의 종류에 따른 차이로 추정된다[31]. 대조구인 0.02% BHT의 ABTS 라디칼 소거 활성은 68.00±0.49-68.32±0.41 abs.(at 593 nm)를 나타내 레몬밤 1.0% 처리구와 비슷한 값을 보여 레몬밤 식초가 우수한 항산화 활성을 갖는 것으로 확인되었다. Chung 등[31]은 한국, 중국 및 일본의 시판 발효식초 10종의 ABTS 라디칼 소거 활성이 0.96-23.03 mg TE/100 mL이었으며, 총 폴리페놀 함량이 높은 식초의 활성이 유의적으로 높았다고 보고하였다. 오이식초[36]와 국내산 시판 현미식초[37]의 ABTS 라디칼 소거 활성은 각각 79.29%와 84.83%-93.18%로 나타났으며, 본 연구에서 레몬밤 2.0%를 첨가했을 때 80%이상으로 높은 활성을 나타내 레몬밤 식초도 우수한 항산화 활성을 나타내는 것으로 확인되었다.

팽화미 식초의 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP (환원력) 및 ABTS 라디칼 소거 활성은 항산화 활성 성분(총 폴리페놀, 총 플라보노이드)의 함량과 비례하는 경향을 나타났으며, 식초의 항산화 활성은 폴리페놀 및 플라보노이드 성분과 밀접한 관계가 있다는 Lee 등[38]의 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

국문요약

당화공정이 간편한 장점이 있는 팽화미의 이용성을 높이기 위하여 팽화미를 당화한 후 항산화 효과가 좋은 레몬밤을 첨가하여 알코올 발효를 하고, 이를 이용하여 제조한 식초의 품질 특성과 항산화 활성을 조사하였다.

효소로 당화한 팽화미에 레몬밤 추출물을 농도별로 첨가하여 *Saccharomyces cerevisiae* KCCM 11201로 알코올 발효 후 알코올 함량 6% 및 초기 산도 2%로 조절한 다음, *Acetobacter aceti* KCCM 40229로 30°C, 200 rpm로 15일간 초산 발효를 하여 식초를 제조하였다. 팽화미 식초의 pH 및 알코올 함량은 발효가 진행되면서 전체적으로 감소하였고, 총산은 발효 15일째 5.20±0.01%(레몬밤 2.0%)-5.80±0.01%(레몬밤 0.0%)로 레몬밤 첨가량이 증가할수록 총산이 약간 낮게 나타났다. 팽화미 식초의 유기산 함량은 발효 15일에 5.26%(레몬밤 2.0%)-5.97%(레몬밤 0.0%)이었으며, acetic acid의 함량이 가장 높았다.

팽화미 식초의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량은 레몬밤 첨가량이 많을수록 함량이 높았으며, 발효 15일에 각각 179.4±4.5 mg/kg(레몬밤 0.0%)-340.8±2.6 mg/kg(레몬밤 2.0%) 및 1.5±0.3 mg/kg(레몬밤 0.0%)-31.7±0.3 mg/kg(레몬밤 2.0%)이었다. 레몬밤 첨가량이 많을수록 DPPH 라디칼 소거 활성, FRAP(환원력) 및 ABTS 라디칼 소거 활성이 높게 나타나 레몬밤 2.0% 처리구는 발효 15일에 각각 82.99±0.61%, 1.08±0.01 abs.(at 593 nm), 87.67±0.68%를 나타냈다. 본 연구결과 레몬밤을 첨가한 팽화미 식초가 항산화 활성을 갖는 식초로 활용될 수 있는 가능성이 있다는 것을 확인하였다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Seung Kwon Choi https://orcid.org/0000-0002-5026-988X
Yong-Suk Kim https://orcid.org/0000-0003-1331-4175

References

1. Hoeiuxhi, J.I., Kanno, T., Kobayashi, M., Effective onion vinegar production by a two-step fermentation system. *J. Biosci. Bioeng.,* **90,** 289-293 (2000).
2. Ministry of Food and Drug Safety, 2019. Food Code, Korean Food Industry Association. Kyeongsung Munhwasa. Seoul, Korea. pp. 163-164.
3. Lim, J.H., Jeong, S.W., Park, K.J., Cho, M.H., Joo, K.H., Effect of fermentation method and brown rice content on

quality characteristics of brown rice vinegar. *Korean J. Food Preserv.,* **16**, 33-39 (2009).
4. Yoon, S.R., Kim, G.R., Lee, J.H., Lee, S.W., Yeo, S.H., Jeong, Y.J., Kwon, J.H., Properties of organic acids and volatile components in brown rice vinegar prepared using different yeasts and fermentation methods. *Korean J. Food Preserv.,* **17**, 733-740 (2010).
5. Yoon, H.N., Chemical characterization of commercial vinegars. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **31**, 1440-1446 (1999).
6. Park, C.S., Kim, K.S., Noh, J.G., Rho, C.W., Yoon, H.S., Quality characteristics of the germinated brown rice vinegar added with red pepper. *Korea Soc. Food Sci. Nutr.,* **39**, 567-572 (2010).
7. Jeong, Y.J., Seo, J.H., Jung, S.H., Shin, S.R., Kim, K.S., The quality comparison of uncleaned rice vinegar by two stages fermentation with commercial uncleaned rice vinegar. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.,* **5**, 374-379 (1998).
8. Kim, Y.D., Kang, S.H., Kang, S.K., Studies on the acetic acid fermentation using *maesil* juice. *Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **25**, 695-700 (1996).
9. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2019. The principal statistics of agriculture, forestry and fishery. Hanla Plan, Sejong, Korea. pp. 307-310.
10. Kim, D.H., 2010. Food Chemistry, Tamgudang publishing Co., Seoul. Korea. pp. 418-419.
11. National Tax Service Technical Service Institute, 2005. Manufacturing guideline of *takju* and *yakju*, Seoul, Korea. pp. 31, 53-54, 195-196.
12. Sung, Y.K., Changes in physicochemical characteristics of puffed rice powder added *kochujang*. Master thesis, Seoul National University of Science and Technology, Seoul, Korea. pp. 1-2 (2012).
13. Cho, T.D., 2005. Herb Story, Sallimbooks, Paju, Korea, pp. 42-43.
14. Kim, I.J., Lee, J.K., Park, M.H., Shon, D.H., Ha, Y.L., Ryu, C.H., Preparation method of *meju* by three step fermentation. *Korean. J. Food Sci. Technol.,* **34**, 536-539 (2002).
15. Kim, Y.S., Jeong, D.Y., Shin, D.H., Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry (*Morus alba*) wine. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **40**, 63-69 (2008).
16. National Tax Service Institute, 2010. National Tax Service: Analysis regulation of liquor. Seoul, Korea, pp. 39-40.
17. Bois, M.S., Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature,* **26**, 1199-1204 (1958).
18. Dewanto, V., Wu, X., Adonm, K.K., Liu, R.H., Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.,* **50**, 3010-3014 (2002).
19. Jia, Z., Tang, M., Wu, J., The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.,* **64**, 555-559 (1999).
20. Benzie, I.F., Strain, J.J., The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem.,* **239**, 70-76 (1996).
21. Arts, M.J.T.J., Haenen, G.R.M.M., Voss, H.P., Bast, A., Antioxidant capacity of reaction products limits the applicability of the trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay. *Food Chem. Toxicol.,* **42**, 45-49 (2004).
22. Jeong, P.H., Kim, Y.S., Shin, D.H., Changes of physicochemical characteristics of *Schzandra chinensis* during postharvest ripening at various temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **38**, 469-474 (2006).
23. SAS. SAS User Guide; SAS/STAT, Version 6. SAS Inst Inc, Cary, NC. (1990).
24. Lee, S.W., Kwon, J.H., Yoon, S.R., Woo, S.M., Yeo, S.H., Jeong, Y.J., Quality characteristics of brown rice vinegar prepared using varying amounts of *nuruk* (an amylolytic enzyme preparation) and employing different fermentation conditions. *Korean J. Food Preserv.,* **18**, 26-32 (2011).
25. Kim, G.R., Yoon, S.R., Lee, J.H., Yeo, S.H., Jeong, Y.J., Yoon, K.Y., Kwon, J.H., Physicochemical properties of and volatile components in commercial fruit vinegars. *Korean J. Food Preserv.,* **17**, 616-624 (2010).
26. Woo, S.M., Jo, J.Y., Lee, S.W., Kwon, J.H., Yeo, S.H., Jeong, Y.J., Quality comparison of static-culture and commercial brown rice vinegars. *Korean J. Food Preserv.,* **19**, 301-307 (2012).
27. Keum, J.H., Studies on garlic and pumpkin vinegar. *Korean J. Food Nutr.,* **12**, 518-522 (1999).
28. Moon, S.Y., Chung, H.C., Yoon, H.N., Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Korean J. Food Sci. Technol.,* **29**, 663-670 (1997).
29. Lee S.W., Kwon, J.H., Yoon, S.R., Woo, S.M., Jang, S.Y., Yeo, S.H., Choi, J.H., Jeong, Y.J., Quality characteristics of brown rice vinegar by different yeasts and fermentation condition. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **39**, 1366-1372 (2010).
30. Kim, G.R., Yoon, S.R., Lee, J.H., Yeo, S.H., Jeong, Y.J., Yoon, K.Y., Kwon, J.H., Physicochemical properties of and volatile components in commercial fruit vinegars. *Korean J. Food Preserv.,* **17**, 616-624 (2010).
31. Chung, N.H., Jo, Y.H., Gao, Y., Gu, S.Y., Jeong, Y.J., Kwon, J.H., Comparison of physicochemical properties and antioxidant activities of naturally fermented commercial rice vinegars produced in Korea, China, and Japan. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **44**, 1799-1805 (2015).
32. Na, H.S., Choi, G.C., Yang, S.I., Lee, J.H., Cho, J.Y., Ma, S.J., kim, J.Y., Comparison of characteristics in commercial fermented vinegars made with different ingredients. *Korean J. Food Preserv.,* **20**, 482-487 (2013).
33. Park, S.Y., Chae, K.S., Son, R.H., Jung, J.H., Im, Y.R., Kwon, J.W., Quality characteristics and antioxidant activity of *bokbunja* (black raspberry) vinegars. *Food Eng. Prog.,* **16**, 340-346 (2012).
34. Bang, S.I., Gwon, G.H., Cho, E.J., Lee, A.Y., Seo, W.T., Characteristics of fermented vinegar using mulberry and its antioxidant activity. *Korean J. Food Preserv.,* **27**, 651-662 (2020).
35. Shin, J.Y., Kang, M.J., Kang, J.R., Choi, J.S., Quality charac-

teristics of fermented vinegar containing different concentration of an ethanol extract from 'Seomaeyaksuk' (*Artemisia argyi* H.). *Korean J. Food Preserv.,* **27**, 212-223 (2020).
36. Hong, S.M., Moon, H.S., Lee, J.H., Lee, H.I., Jeong, J.H., Lee, M.K., Seo, K.I., Development of functional vinegar by using cucumbers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.,* **41**, 927-935 (2012).
37. Lee, S.W., Quality characteristics and fermentation process establishment of brown-rice vinegar prepared by alcohol and vinegar fermentation conditions. Doctor's thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea. pp. 90-91 (2012).
38. Lee, S.M., Choi, Y.M., Kim, Y.W., Kim, D.J., Lee, J.S., Antioxidant activity of vinegars commercially available in Korean markets. *Food Eng. Prog.,* **13**, 221-225 (2009).