

Quality and antioxidant characteristics of *Elaeagnus multiflora* wine through the thermal processing of juice

Kye-Man Cho, Ok-Soo Joo*

Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

과즙의 열처리에 따른 딸보리수 과실주의 품질 및 항산화 특징

조계만 · 주옥수*

경남과학기술대학교 식품과학부

Abstract

In this study, the characteristics of alcohol fermentation using *Elaeagnus multiflora* juice were studied under static fermentation condition in an effort to develop new types of functional wine. After 9 days of fermentation at 25°C, the pH, soluble solids, reducing sugar, viable cell numbers, and alcohol contents were shown to be 3.32~3.33, 7.8~9.0°, 29.84~31.05 g/L, 7.26~8.73 cfu/mL, and 11.0%, respectively. The heat treated juice exhibited significantly higher antioxidant activity than untreated juice while the soluble phenolic and flavonoid contents became higher. Also, the fermented wine after the heat treated at 120°C for 30 min contained free sugar such as fructose (0.42 g/L) and glucose (0.09 g/L), major organic acids such as lactic acid (7.32 g/L), malic acid (2.59 g/L), succinic acid (2.16 g/L), and oxalic acid (3.08 g/L), and major flavanols and phenolic acids such as catechin (99.45 mg/L), epicatechin (264.55 mg/L), epigallocatechin (82.19 mg/L), gallic acid (6.44 mg/L), and salicylic acid (60.53 mg/L). In addition, DPPH radical and ABTS radical scavenging activities and FRAP assay results were 70.47%, 65.93%, and 1.254, respectively. These results suggest that it is possible to produced a new type of wine using *Elaeagnus multiflora* fruits.

Key words : *Elaeagnus multiflora*, wine, antioxidant activity, flavonols, phenolic acids

서 론

딸보리수(*Elaeagnus multiflora*)는 보리수나무과(*Elaeagnaceae*), 보리수나무속(*Elaeagnus*)에 속하며, 국내에서는 주로 관상용 또는 과수로 재배되거나 야생에 분포하고 있다. 딸보리수의 열매는 점핵과이며, 긴 타원형으로 길이가 1.5 cm이고 6~7월 붉은색으로 숙성되고 맛은 다소 떫은맛과 단맛을 가지고 있어 식용이 가능하다. 한방에서는 이 열매를 ‘목반하’라고 하는데, 그 효능으로는 오장을 보호하고 번열, 소갈을 없애 뿐만 아니라 설사와 출혈을 멎게 하고 소화불량, 골수염, 부종, 생리불순 등에 약효가 있다고 알려져 있다(1,2). 이러한 딸보리수는 척박한 토질에서 잘 자라며, 농약이나 화학비료를 주지 않고 특별한 관리도 하지 않아도

잘 성장하며, 무농약, 유기농 과실로 비할 수 있는 과수로 기대되나 현재에는 관상수로 재배할 뿐 과실수로서 재배는 거의 없는 실정이다. 또한 딸보리수는 한국과 일본 등지에 서만 재배되고 있어 WTO와 FTA에 대응할 수 있는 과수로써 영양성분과 기능성 물질에 대한 연구와 가공식품 개발과 더불어 육종이 된다면 농산물의 부가가치와 농가소득을 증대할 수 있는 대차 작물로 각광을 받을 것으로 기대된다(3).

딸보리수 열매는 영양 가치가 매우 높고 당분은 약 13~14%로 주로 포도당과 과당이며, 감에 함유되어 있는 gallic acid, catechin, epicatechin, epigallocatechin, catechin gallate, epicatechin gallate 및 epigallocatechin gallate 등과 같은 polyphenol성 화합물이 다량 함유되어 있어 항산화, 항염증, 항암 및 α -glucosidase 저해 활성이 보고되고 있다(2,4-11). 따라서 고품질의 기능성 식품의 원료로서 활용이 기대되고 있으며 딸보리수 열매 추출물과 현미식초를 이용한 혼합음

*Corresponding author. E-mail : osjoo@gntech.ac.kr
Phone : 82-55-751-3273, Fax : 82-55-751-3279

료 제조에 관한 연구만이 보고되고 있다(1,3). 또한 열처리 과정은 물질적인 특징이나 향뿐만 아니라 화학적 구성 등에 많은 변화를 준다. 한편 일부 연구자들에 의해 열처리할 경우 다양한 이화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다는 연구 결과가 발표되면서 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다(12).

국내 주류 시장은 큰 변화를 겪고 있으며, 그 중에서 2012년 와인의 소비는 2000년보다 2.5배 증가한 3.8×10^7 L를 소비하였다(13).

본 연구는 식품학적 가치가 높으며, 여러 가지 약리성분을 함유하고 있는 것으로 알려진 딸보리수 열매를 이용한 가공식품을 개발하기 위한 연구의 일환으로 열처리에 따른 딸보리수 열매 과즙과 과실주의 특성 및 항산화 활성을 평가하여 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료 및 원료의 처리

본 연구에 사용한 딸보리수 열매는 2012년 7월에 수확한 것을 경상남도 고성군 소재 영농조합법인 마리오자임에서 제공받아 사용하였다. 딸보리수 열매 과즙 제조는 Joo 등(13)의 방법에 준하여 수행하였다. 즉, 딸보리수 열매를 흐르는 물에 3회 세척하고 물기를 제거한 후 믹서기(HI-7000, Hanil, Daejeon, Korea)를 사용하여 갈아서 과쇄한 후 10 L의 플라스틱 용기에 넣은 후 -40°C 로 급속 냉동하였다. 이를 40°C 에서 급속 해동시켜 펄프와 콜로이드 상태의 액만을 치즈 크로스로 여과하여 딸보리수 열매 과즙을 얻었다. 과즙은 -40°C 에서 동결 보관하면서 필요에 따라 해동하여 사용하였다.

배지와 시약

본 실험에 사용한 미생물 배양용 배지는 Difco사 제품(Detroit, MI, USA)을 사용하였다. 10개 표준 phenolic acids(gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, vanillic acid, t-cinnamic acid, p-coumaric acid, caffeic acid, ferulic acid, tannic acid 및 salicylic acid)와 7개 표준 flavonols 화합물(catechin, epicatechin, epigallocatechin, catechin gallate, epicatechin gallate, epigallocatechin gallate 및 rutin)는 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 10개의 표준 유기산 화합물인 oxalic acid, tartaric acid, malic acid, ascorbic acid, acetic acid, malic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid 및 glutaric acid와 3개의 표준 유리당 화합물인 fructose, glucose 및 sucrose 역시 Sigma Chemical Co.에서 구입하였다. 한편, High performance liquid chromatography(HPLC)-grade H_2O , methanol, acetonitrile 및 glacial acetic acid는 Fisher Scientific(Fairlawn, NJ, USA)

에서 구입하였고 Folin-Cicalteu's phenol reagent, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(ABTS), 2,4,6-tri(2-pyridyl)-1,3,5-triazine(TPTZ) 및 기타 분석 시약은 Sigma Chemical Co.에서 구입하였다.

종 배양, 열처리 및 발효

냉장고에서 계대배양 보존한 효모 균주(*Saccharomyces cerevisiae* CS02)를 50 mL YPD(yeast extract 5.0 g/L, bacto peptone 5.0 g/L 및 dextrose 20 g/L) 액체배지에 효모를 접종한 후 30°C 의 진탕 배양기에서 160 rpm으로 48 hr 중 배양하여 알코올 발효를 위한 주모로 사용하였다(13). 5 L 발효조에 설탕으로 24 °Brix로 조정된 3 L 딸보리수 과즙에 $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ 를 0.5% 첨가한 후 딸보리수 과즙에 존재하는 미생물 살균과 항산화 활성 등의 증가 목적으로 80°C 에서 30 min, 100°C 에서 30 min 및 120°C 에서 30 min간 열처리한 후 중 배양한 주모를 5.0%(v/v) 접종하여 25°C 에서 9일간 발효시켰다.

가용성고형물과 환원당

딸보리수 과즙 및 발효액을 원심분리기(Hanil micro-12, Daejeon, Korea)로 원심분리한 후 상등액을 취하여 굴절당도계(N-1a, Atago CO., Tokyo, Japan)를 이용하여 가용성고형물을 측정하였다. 환원당은 Miller(14)의 dinitrosalicylic acid(DNS)법을 사용하여 분석하였다. 과즙 및 발효액을 원심분리기로 원심분리한 후 상등액을 당 농도가 1.0 g/L 이하가 되게 희석한 후 여기에 DNS 시약을 1 mL 첨가하여 100°C 의 끓는 물에서 10 min 동안 발색시킨 후 냉각하여 분광광도계(Spectronic 2D, Thermo Co., California, CL, USA)를 사용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선과 비교하였다. 검량선 작성을 위한 표준물질로는 포도당을 사용하였다.

pH와 알코올

pH는 pH meter(MP 220 pH meter, London, UK)를 사용하여 측정하였다. 알코올 측정은 증류법으로 발효 중에 있는 시료 100 mL에 물 100 mL를 가하여 희석시킨 후 증류시켜 80 mL을 회수한 후 증류수 20 mL를 넣어 100 mL로 표선을 맞춘 다음 알코올계(MT-380, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다.

효모 생균수

딸보리수 과즙 발효 중의 생균수 측정은 발효액을 멸균 증류수로 10단 희석법으로 적당히 희석하고 용융 PCA(plate count agar)와 혼합하는 speared plate method로 접종한 다음 30°C 에서 72 hr 동안 배양하여 형성된 효모 집락을 계수하여 생균수를 측정하였다.

유리당과 유기산

유리당과 유기산의 분석은 Joo 등(13)의 방법에 준하여 HPLC(Agilent 1200 series, Agilent Co., Forest Hill, Vic, Australia)를 이용하여 분석하였다. 유리당 분석은 과즙 혹은 발효액을 원심분리한 후 deionized water(DW)로 적당히 희석한 시료를 sep-pak NH₂ 칼럼(Waters Co., Milford, MA, USA)과 0.45 µm-membrane filter(Dismic[®]-25CS, Toyoroshikaisha, Ltd., Tokyo, Japan)를 순차적으로 통과시켜 전 처리하였다. 유리당 분석 칼럼(Polyamine II, 4.6×150 mm, 5 µm, YMC Co., Kyoto, Japan)에 전 처리한 시료 20 µL을 주입하고 55°C에서 이동상 용매(acetonitrile:water=75:25(v/v))를 1.0 mL/min 속도로 이동시키면서 reflective index(RI, Agilent 1200 series, Agilent Co.) 검출기 상에서 유리당을 검출하였다.

유기산 분석은 과즙 혹은 발효액을 원심분리한 후 상등액을 0.45 µm-membrane filter(Toyoroshikaisha, Ltd.)를 통과시켜 입자를 제거하였다. 유기산 분석 칼럼(TSKgel ODS-100V, 4.6×250 mm, 5 µm, Tosoh Corp., Tokyo, Japan)에 전 처리한 시료 20 µL을 주입하고 30°C에서 이동상 용매(0.1% phosphoric acid)를 1.0 mL/min 속도로 이동시키면서 UV 검출기(Agilent 1200 series, Agilent Co.)의 210 nm에서 측정하였다.

수용성 phenolic 및 flavonoid 함량

수용성 phenolics 함량은 Folin-Denis법(15)로 측정하였다. 과즙 및 발효액을 원심분리한 후 100배 희석하고 0.5 mL을 시험관에 분주하고 25% Na₂CO₃ 용액 0.5 mL을 첨가하여 3분간 정치시켰다. 다시 2N Folin-Ciocalteu phenol 시약 0.25 mL 첨가하여 혼합한 다음 상온에서 1 hr 동안 정치시켜 발색시켰다. 발색된 청색을 분광광도계(Spectronic 2D)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 phenolics 함량은 gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

수용성 flavonoids 함량은 Dvais법(16)으로 측정하였다. 과즙 및 발효액을 원심분리 한 후 10배 희석하고 0.1 mL를 시험관에 분주하고 diethylene glycol 2 mL, 1 N NaOH 0.02 mL를 가한 다음 37°C에서 1 hr 동안 방치하여 발색시킨 후 분광광도계를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 총 flavonoids 함량은 rutin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 함량을 구하였다.

Flavanols 및 phenolic acids

Flavanols 및 phenolic acids의 분석은 Lee 등(11)의 방법에 준하여 HPLC(Agilent 1200 series, Agilent Co.)를 이용하여 분석하였다. Flavanols 및 phenolic acids 분석은 유기산 분석을 위해 전처리한 시료를 사용하였다.

Flavanols 분석 칼럼(TSKgel ODS-100Z, 4.6×250 mm, 5

µm, Tosoh Co.)에 전처리한 시료 20 µL을 주입하고 40°C에서 60~100%까지 A 용매 gradient로 10 mM KH₂PO₄(pH 2.5)(이동상 용매 A)와 100% 메탄올(이동상 용매 B)을 이용하여 1.0 mL/min의 이동시키면서 30 min간 수행하였다. UV 검출기(Agilent 1200 series, Agilent Co.)의 270 nm에서 측정하였다.

Phenolic acid 분석 칼럼(XTerra[™] RP C8, 4.6×250 mm, 5 µm, Waters Co.)에 전처리한 시료 20 µL을 주입하고 30°C에서 0~100%까지 B 용매 gradient로 0.5% acetic acid(이동상 용매 A)와 100% 메탄올(이동상 용매 B)을 이용하여 1.0 mL/min의 이동시키면서 60 min간 수행하였다. UV 검출기(Agilent 1200 series, Agilent Co.)의 280 nm에서 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거활성

Blois(17)의 방법을 약간 변형하여 전자 소거능을 측정하였다. 1.5×10⁻⁴ M DPPH 용액 0.8 mL과 원심분리 한 과즙액 혹은 발효액을 50배로 희석한 후(20 µL/mL) 0.2 mL을 가하고 10 sec vortex하고 실온에서 30분 방치한 후 분광광도계를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 0.2 mL를 취하여 실험하였다. 전자 소거능은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 백분율(%)로 표시하였다.

ABTS 라디칼 소거활성

7 mM ABTs 용액과 2.45 mM potassium persulfate (K₂S₂O₈)을 1:1로 섞고, 실온의 어두운 곳에서 12~16 hr 보관하여 ABTS 라디칼을 생성시켰다. ABTS는 732 nm에서 흡광도가 0.7±0.02가 되도록 메탄올로 희석하여 사용하였다. 메탄올로 희석된 ABTS 용액(Abs 0.7±0.02) 0.9 mL과 원심분리 한 과즙 혹은 발효액을 100배 희석한 시료(10 µL/mL) 0.1 mL를 섞고, 정확히 3분 후 분광광도계를 이용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료 대신에 증류수를 0.1 mL를 취하여 실험하였다. ABTS 라디칼 소거활성은 실험구와 음성 대조구의 흡광도를 구하여 백분율(%)로 표시하였다(13).

Ferric Reducing Antioxidant Power(FRAP)

FRAP 분석은 Cho와 Joo(12)의 방법에 준하여 과즙 및 발효액의 항산화력을 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer(pH 3.6)와 40 mM HCl로 용해시킨 10 mM TPTZ 용액 그리고 20 mM FeCl₃ 용액을 사용하였다. 미리 제조된 sodium acetate buffer, TPTZ 용액 및 FeCl₃ 용액을 10:1:1(v/v/v)의 비율로 혼합하여 37°C에서 15 min간 반응시켜 FRAP 시약을 준비하였다. FRAP 시약 1.5 mL를 50배(20 µL/mL) 희석된 과즙 혹은 발효액 0.05 mL에 혼합하여 섞고, 37°C에서 15 min간 반응시키고 분광광도계를 사용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 음성 대조구 실험은 시료

대신에 3차 증류수를 0.05 mL를 취하여 실험하였으며, FRAP 활성은 흡광도 값으로 표시하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고 실험결과는 SPSS program(12, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 실험군의 평균과 표준편차를 구하고 시료간의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(ANOVA)을 사용하였으며 Tukey's multiple range test에 따라 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

딸보리수 과즙 및 과실주의 이화학적 특성

딸보리수 과실주의 열처리 조건별로 제조된 발효 전·후

이화학적 특징은 Table 1과 같았다. 열처리 조건별 발효 전 pH는 각각 pH 3.17[100°C에서 30 min(100°C)] 열처리 및 3.18[비열처리(대조구), 80°C에서 30 min 열처리(80°C) 및 120°C에서 30 min 열처리(120°C)]에서 발효 후 pH는 각각 3.32(100°C 및 120°C), 3.33(80°C) 및 3.34(대조구)로 약간 증가하였고 °Brix는 발효 전 24.0°에서 발효 9일째 7.8(대조구 및 100°C), 8.0(100°C) 및 9.0°(120°C)로 감소하였다. 한편 환원당은 열처리 온도가 증가할수록 환원당 함량은 증가하여 발효 전 각각 145.66(대조구), 168.33(80°C), 234.42(100°C) 및 294.13 g/L(120°C)에서 발효 후 각각 2.99, 29.84, 29.99 및 31.05 g/L로 감소하였다. 생균수는 열처리구보다 대조구가 약간 높은 생균수를 나타내었고 발효 전 7.11(대조구), 6.76(80°C), 6.73(100°C) 및 6.65 cfu/mL(120°C)에서 발효 후 약간 증가하여 각각 7.26, 8.61, 8.72 및 8.73 cfu/mL 있었다.

Table 1. Comparison of physicochemical characteristics of nonfermented and fermented juices of *Elaeagnus multiflora* fruits

Physicochemical characteristics ¹⁾	Thermal processing conditions							
	Control		80°C/30 min		100°C/30 min		120°C/30 min	
	NFJEM ²⁾	FJEM ³⁾	NFJEM	Wine	NFJEM	FJEM	NFJEM	FJEM
pH	3.18±0.14 ^a	3.34±0.15 ^a	3.18±0.12 ^a	3.33±0.16 ^a	3.17±0.12 ^a	3.32±0.14 ^a	3.18±0.13a	3.32±0.15a
Soluble solids (°Brix)	24.0±1.18 ^a	7.8±0.38 ^b	24.0±1.18 ^a	7.8±0.38 ^b	24.0±1.18 ^a	8.0±0.41 ^b	24.0±1.18a	9.0±0.40b
Reducing sugar (g/L)	145.67±5.83 ^b	29.99±1.20 ^c	168.83±5.04 ^b	29.84±1.98 ^c	234.42±10.72 ^a	29.99±1.99 ^c	294.13±11.76a	31.05±2.03c
Viable cell numbers (log CFU/ml)	7.11±0.34 ^{ab}	7.26±0.33 ^{ab}	6.76±0.33 ^b	8.61±0.36 ^a	6.73±0.30 ^b	8.72±0.35 ^a	6.65±0.29b	8.73±0.40a
Alcohol (% v/v)	0	11.0±0.50a	0	11.0±0.51a	0	11.0±0.50 ^a	0	11.0±0.50a
Free sugar (g/L)								
Fructose	45.66±2.44 ^b	0.36±0.02 ^c	53.03±2.65 ^b	0.37±0.01 ^c	73.51±2.94 ^{ab}	0.38±0.02 ^c	91.78±3.67a	0.42±0.04c
Glucose	68.41±2.87 ^b	0.06±0.00 ^c	79.35±3.04 ^b	0.05±0.01 ^c	109.65±4.38 ^{ab}	0.06±0.00 ^c	136.84±4.11a	0.09±0.01c
Sucrose	123.32±4.93 ^a	nd ⁴⁾	106.21±3.19 ^a	nd	55.66±2.75 ^b	nd	10.24±0.51c	nd
Total	114.07	0.42	132.38	0.42	183.16	0.44	228.62	0.51
Free organic acid (g/L)								
Acetic acid	nd	0.82±0.04 ^a	nd	0.80±0.04 ^a	nd	0.77±0.03 ^a	nd	0.78±0.04a
Ascorbic acid	2.48±0.11 ^a	2.34±0.08 ^a	2.43±0.10 ^a	2.31	2.36±0.09 ^a	2.25±0.08 ^a	1.67±0.05ab	1.42±0.02b
Citric acid	0.39±0.02 ^c	0.62±0.02 ^b	0.42±0.02 ^c	0.65±0.02 ^b	0.54±0.03 ^{bc}	0.86±0.05 ^{ab}	0.69±0.03b	1.10±0.04a
Fumaric acid	0.03±0.00 ^b	0.12±0.02 ^a	0.04±0.01 ^b	0.13±0.02 ^a	0.03±0.00 ^b	0.12±0.01 ^a	0.05±0.01b	0.14±0.04a
Lactic acid	6.42±0.25 ^a	7.78±0.32 ^a	6.39±0.24 ^a	7.63±0.30 ^a	6.33±0.22 ^a	7.60±0.33 ^a	6.01±0.20a	7.32±0.26a
Malic acid	1.44±0.06 ^d	5.12±0.20 ^a	1.38±0.06 ^d	4.89±0.18 ^a	1.05±0.04 ^{de}	3.78±0.18 ^{ab}	0.74±0.02e	2.59±0.12b
Oxalic acid	0.58±0.03 ^b	1.51±0.06 ^a	0.52±0.02 ^b	1.35±0.05 ^a	0.28±0.02 ^e	0.74±0.05 ^b	0.12±0.00d	0.32±0.02c
Succinic acid	0.12±0.00 ^d	0.34±0.01 ^{cd}	0.25±0.02 ^d	0.73±0.02 ^e	0.54±0.03 ^{cd}	1.51±0.05 ^b	0.77±0.03c	2.16±0.08a
Tartaric acid	1.78±0.07 ^b	3.38±0.15 ^a	1.71±0.07 ^b	3.42±0.17 ^a	1.67±0.05 ^b	3.17±0.14 ^a	1.54±0.03b	3.08±0.15a
Total	11.46	18.65	11.43	18.49	11.13	17.63	10.05	15.83

¹⁾All data are presented as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different lowercase letters (a, b, c, d, and e) indicate significant differences of fermentation times by Tukey's multiple range test ($p < 0.05$).

²⁾NFJEM, nonfermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *Elaeagnus multiflora* juices were contained 0.5% (w/v) of (NH₄)₂HPO₄ and 24 °Brix of sugar.

³⁾FJEM, fermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *S. cerevisiae* CS02 were inoculated into *Elaeagnus multiflora* juice containing 0.5% (w/v) of (NH₄)₂HPO₄ and 24 °Brix of sugar and there were fermented at 25°C for 9 days.

⁴⁾nd, not detected.

일반적으로 과실주 발효 시 pH, 가용성고형물 및 환원당은 감소하고 효모 생균수가 증가함에 따라 알코올 함량 역시 증가하는 것이 과실주 발효의 전형적인 양상으로 알려져 있다(13,18). 그러나 본 연구에서는 가용성 고형분 및 환원당 감소와 생균수 및 알코올 함량 증가는 과실주 발효의 전형적인 양상이었으나, 발효 초기(뜰보리수 과즙) pH가 너무 낮아 발효 후 약간 증가하는 경향을 보였다. 한편 Jim 등(19)은 발효주의 발효가 진행되면서 유기산과 알코올이 상호 반응하여 ester와 같은 향 형성에 이용되어 pH가 증가된 것으로 보고하였고 So 등(20)은 단백질 분해로 인한 아미노산과 peptide의 완충작용에 의해 pH가 증가한 것으로 추정하였다.

열처리 조건별 발효 전 총 유리당 함량은 거의 동일하였으나, 열처리 온도가 상승할수록 환원당인 fructose와 glucose 함량은 증가하고 비환원당인 sucrose는 감소하였고 발효 후 sucrose는 모두 검출되지 않았다. 특히 대조구의 경우 발효 전 fructose, glucose 및 sucrose는 각각 45.66, 68.41 및 123.32 g/L 있었으나, 120°C에서 30 min간 열처리한 경우 fructose, glucose 및 sucrose는 각각 91.78, 136.84 및 10.24 g/L 있었고 발효 후에는 유사한 함량을 나타내었다. 이는 뜰보리수 과즙의 산 조건에서 열처리가 됨에 따라 sucrose가 산 가수분해되어 fructose와 glucose로 분해되어 증가된 것으로 판단되었고 발효 후에 유사한 것은 효모의 당 소비에 기인한 것으로 추정되었다. 꽃감주(21), 복분자주(22), 단감 와인(18), 오디 와인(23) 및 대봉감 연시 와인(13)의 발효 과정 중 효모의 당 이용성이 sucrose, glucose 및 fructose 순인 것으로 보고하여 본 연구결과에서 소량의 fructose와 glucose가 남은 것은 효모의 당 이용성에 기인한 것으로 판단되었다.

열처리 조건별 발효 전 총 유기산 함량은 열처리 온도가 증가할수록 감소하였고 acetic acid는 검출되지 않았으나, 발효 후에는 검출되었고 citric acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid, succinic acid 및 tartaric acid 함량이 증가하여 총 유기산 함량도 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 대조구의 경우 발효 전 ascorbic acid, citric acid, fumaric acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid, succinic acid 및 tartaric acid는 각각 2.48, 0.39, 0.03, 6.42, 1.44, 0.58, 0.12 및 1.78 g/L 있었으나, 120°C에서 30 min간 열처리한 경우 각각 1.67, 0.69, 0.05, 6.01, 0.74, 0.12, 0.77 및 1.54 g/L 있었다. 한편 발효 후 대조구 및 120°C에서 30 min간 열처리에서 acetic acid가 각각 0.82 및 0.78 g/L 검출되었고 이외에 citric acid, lactic acid, malic acid, oxalic acid, succinic acid 및 tartaric acid는 증가하여 각각 0.62(대조구) 및 1.10(120°C), 7.78 및 7.32, 5.12 및 2.59, 1.51 및 0.32, 0.34 및 2.16과 3.38 및 3.08 g/L 있었다. 또한 citric acid는 약 1.6배, lactic acid는 약 1.2배, malic acid는 3.6배, oxalic acid는 2.6배, succinic acid는 2.8배 및 tartaric acid는 약 2.0배 정도 많이 검출되었

다. 이는 효모의 발효 과정에서 tricarboxylic acid cycle (TCA) 회로의 대사 중간체 축적에 기인한 것으로 추정되어진다. 단감 와인(18)과 오디 와인(23)의 연구결과에서도 malic acid는 2배와 3.7배 증가하였다고 보고하였다. Joo 등(13)은 대봉감 연시 와인의 경우 발효 초기보다 발효 종기 malic acid는 약 3.6배, succinic acid 3배, oxalic acid는 약 2.7배 및 citric acid는 1.5배 정도 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다. 과실주 제조 시 citric acid와 malic acid는 맛에 중요한 성분으로 citric acid는 과실주의 향에 신선함을 증가시키고 malic acid는 과실주의 신맛을 부드럽게 만들어 준다. 본 연구 결과 열처리 온도가 상승함에 따라 뜰보리수 과실주의 citric acid 함량은 높았으나, malic acid 함량은 낮았다. 이는 열처리에 의한 malic acid 생성에 관여하는 젓산균의 사멸에 의한 것으로 추정되어 앞으로 malic acid를 강화를 통한 감산 연구가 더 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

뜰보리수 과즙 및 과실주의 항산화 활성

뜰보리수 과즙과 과실주의 항산화 활성은 3 가지의 다른 방법인 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거활성 및 FRAP 분석을 통하여 평가하였는데 열처리 온도가 상승함에 따라 항산화 활성은 증가하였고 발효 후에는 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2).

열처리 조건별 발효 전 DPPH 라디칼 소거활성은 각각 65.22(대조구), 68.81(80°C), 74.65(100°C) 및 76.87%(120°C)에서 발효 후 57.33, 62.77, 69.69 및 70.47%로 감소하였고 ABTS 라디칼 소거활성 역시 발효 전 49.93, 54.87, 67.95 및 76.96%에서 발효 후 42.47, 46.46, 58.27 및 65.95%로 감소하였으며, FRAP 활성은 각각 1.280, 1.284, 1.315 및 1.428에서 1.101, 1.171, 1.185 및 1.254로 감소하였다.

이전에 많은 연구자들에 의해서 다양한 식용 작물들에 대한 열처리 시 원료보다 항산화 활성이 증가한다고 보고하였다. Kim 등(24)은 5가지 과채류(멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박)의 열처리 후 항산화 활성이 증가하였다고 보고하였다. 한편 최근 Kim 등(25), Choi 등(26) 및 Cho와 Joo(12)는 검정콩, 여주 및 자색고구마의 열처리 후 항산화 효과가 증가한다고 보고하였으며, 특히 열처리 온도가 높을수록 온도에 비례하여 항산화 활성이 증가함을 보고하여 본 연구결과와 일치하였다.

뜰보리수 과즙 및 과실주의 항산화성 물질 함량

뜰보리수 과실주의 열처리 조건별로 제조된 발효 전·후 수용성 phenolics 및 flavonoids 함량은 Fig. 1과 같았으며, flavonols 및 phenolic acids 함량은 Table 2과 같았다.

열처리 조건별 수용성 phenolics 및 flavonoids 함량은 열처리 온도가 상승함에 따라 함량은 증가하였고 발효 후에는 감소하였다(Fig. 1). 수용성 phenolics 함량은 발효 전

각각 2214.51(대조구), 2362.68(80°C), 2521.59(100°C) 및 2981.34 GAE mg/L(120°C)에서 1660.13, 1726.31, 1915.72 및 2415.72 GAE mg/L로 감소하였다(Fig. 1A). 또한 수용성 flavonoids 함량 역시 발효 전 각각 5.40(대조구), 6.91(80°C), 8.29(100°C) 및 10.56(120°C) RE mg/L에서 4.40, 5.49, 6.45 및 8.23 REmg/L로 감소하였다(Fig. 1B).

총 flavonols 및 총 phenolic acids 함량 역시 열처리 온도가 상승함에 따라 함량은 증가하였고 발효 후에는 감소하였다(Table 2). 열처리 온도가 상승함에 따라 6 종의 flavonols 중 3 종의 catechin, epicatechin 및 epigallocatechin은 증가하였으며, 10 종의 phenolic acids 중 4 종의 gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, salicylic acid 및 vanillic acid는 증가하였으며, 열처리가 되지 않은 대조구에서는 검출이 되지 않은 ferulic acid가 검출되었다. 한편 발효 후에는 6 종의 flavonols 및 10 종의 phenolic acids 모두 발효 전(과즙)보다는 함량이 감소하였다. 특히 120°C에서 30 min 열처리 후 발효시킨 과실주의 경우 catechin,

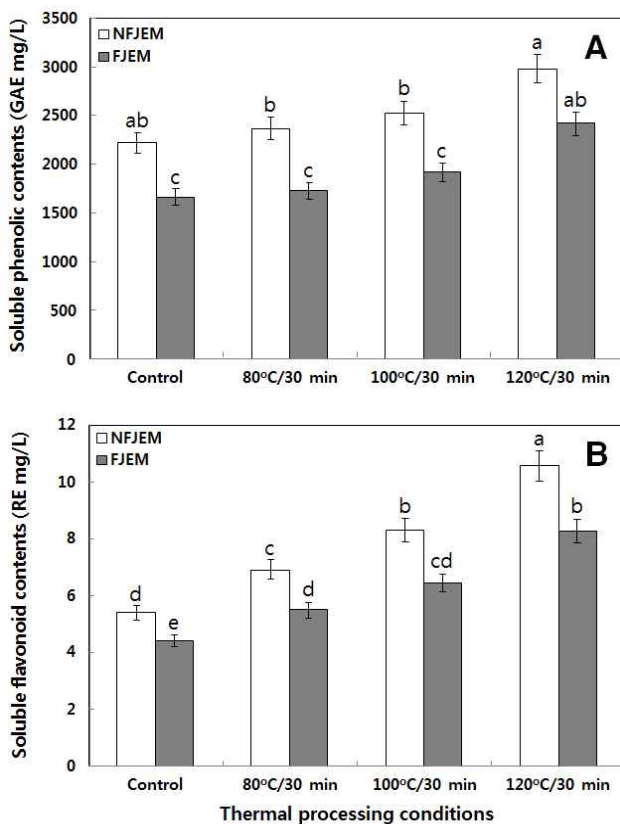


Fig. 1. Comparison of soluble phenolic and flavonoid contents of nonfermented and fermented juices of *Elaeagnus multiflora* fruits.

A, soluble phenolic contents; and B, soluble flavonoid contents. All data are presented as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different lowercase letters (a, b, c, d, and e) indicate significant differences of fermentation times by Tukey's multiple range test ($p < 0.05$). NFJEM, nonfermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *Elaeagnus multiflora* juices were contained 0.5% (w/v) of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and 24 °Brix of sugar. FJEM, fermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *S. cerevisiae* CS02 were inoculated into *Elaeagnus multiflora* juice containing 0.5% (w/v) of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and 24 °brix of sugar and there were fermented at 25 °C for 9 days.

catechin gallate, epicatechin, epigallocatechin, epigallocatechin gallate, epigallocatechin, epigallocatechin gallate, caffeic acid, t-cinnamic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, gallic acid, p-hydroxybenzoic acid, protocatechuic acid, salicylic acid 및 vanillic acid 함량이 가장 높아 각각 99.45, 20.11, 264.55, 17.26, 82.19, 8.81, 1.46, 0.74, 4.03, 5.02, 6.44, 5.92, 10.22, 60.53 및 10.11 mg/L 있었다.

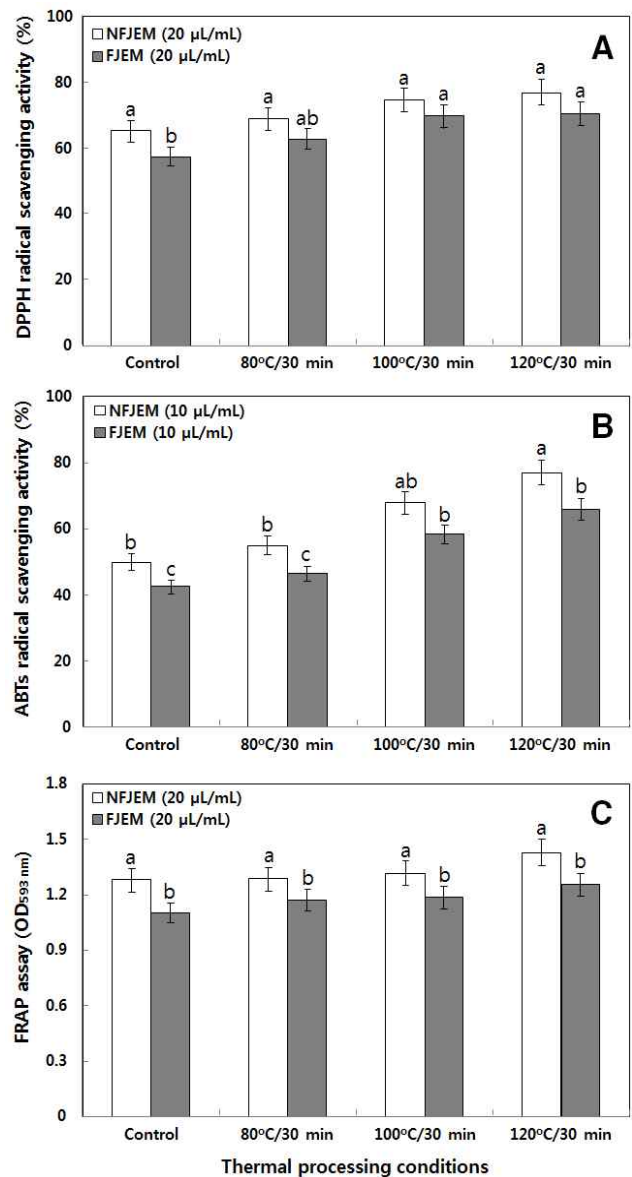


Fig. 2. Comparison of antioxidant activities of nonfermented and fermented juices of *Elaeagnus multiflora* fruits.

A, DPPH radical scavenging activity; B, ABTS radical scavenging activity; and C, FRAP assay. All data are presented as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different lowercase letters (a, b, and c) indicate significant differences of fermentation times by Tukey's multiple range test ($p < 0.05$). NFJEM, nonfermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *Elaeagnus multiflora* juices were contained 0.5% (w/v) of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and 24 °Brix of sugar. FJEM, fermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *S. cerevisiae* CS02 were inoculated into *Elaeagnus multiflora* juice containing 0.5% (w/v) of $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ and 24 °brix of sugar and there were fermented at 25 °C for 9 days.

식물체를 열처리할 경우 식물체의 세포막과 세포벽은 붕괴되고 ester 결합으로서 이루어진 결합형 polyphenolic 화합물이 유리형으로 전환된다(12). 딸보리수 과즙의 총 phenolics 및 flavonoids의 함량 증가는 열처리에 따른 유리형 phenolics 혹은 flavonoids 함량의 증가에 의한 것으로 추측되며, 이로 인해 항산화 활성 역시 증가한 것으로 판단되었다. Hwang 등(27)은 배즙의 열처리 조건에 따른 총 polyphenols와 flavonoids 함량 변화를 살펴본 결과 대조구의 경우 각각 0.23 mg/g 및 1.50 µg/g 이었으며, 열처리 온도가 높고 시간이 길수록 증가하는 경향을 보였고 총 polyphenols 함량은 150°C에서 1 시간 처리구에서 3.42 mg/g, 총 flavonoids 함량은 150°C에서 4 시간 처리구에서 561.49 µg/g으로 보고하였다. 한편 Kim 등(24)은 5가지 과채류즙(멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박)의 총 polyphenols와 flavonoids 함량 변화는 열처리 온도가 증가함에 따라 증가한다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다. 한편 Lee 등

(11)은 딸보리수 열매의 주요 화합물로 catechin 유도체 6종과 gallic acid 등의 7종 phenolic acid를 보고하였으며, 이들 함량이 가장 높은 75% 주정 추출물에서 항산화 활성이 가장 높다고 보고하였다. 특히 catechin 유도체와 gallic acid는 식품에서 라디칼 소거활성 뛰어난 것으로 알려져 있다(28,29). 일반적으로 과실주 발효 시 phenolics가 감소하는 것은 phenolics의 산화 분해에 의한 것으로 본 연구의 발효 후 phenolics 혹은 flavonoids 등의 감소는 이들 산화 분해에 의한 것으로 판단되었고 이들의 감소에 따라 발효 후 항산화 활성이 감소한 것으로 추측되었다. Joo 등(13)은 대봉감 연시 과실주의 경우 catechin gallate과 epicatechin gallate의 함량은 과즙보다 과실주에서 감소한 반면에 gallic acid는 이에 상응하여 증가한다고 보고하였으나, 본 연구에서는 모두 감소하는 경향을 보였는데 이는 과실주 제조 원료의 차이와 발효 과정 중 생성되는 산 생성 정도나 미생물 유래 esterase 등의 효소 활성 차이에 기인한 것으로 추정되었다.

Table 2. Comparison of flavanol and phenolic acid contents of nonfermented and fermented juices of *Elaeagnus multiflora* fruits

Phytochemical contents ¹⁾ (mg/L)	Thermal processing conditions							
	Control		80°C/30 min		100°C/30 min		120°C/30 min	
	NFJEM ²⁾	FJEM ³⁾	NFJEM	Wine	NFJEM	FJEM	NFJEM	FJEM
Flavanol								
Catechin	102.44±4.01 ^b	68.77±3.43 ^c	109.12±5.02 ^b	72.57±3.27 ^c	124.56±5.42 ^{ab}	81.20±3.24 ^{bc}	147.88±5.91 ^a	99.45±3.56 ^b
Catechin gallate	40.23±1.61 ^a	32.11±1.44 ^{ab}	38.52±1.63 ^a	29.80	32.14±1.45 ^{ab}	24.01±1.20 ^b	28.12±1.40 ^{ab}	20.11±1.14 ^b
Epicatechin	203.11±9.98 ^{cd}	154.22±7.71 ^d	234.14±11.70 ^b	176.33±8.01 ^d	278.53±11.92 ^{ab}	226.12±11.55 ^b	311.35±15.56 ^a	264.55±11.88 ^{ab}
Epicatechin gallate	67.23±3.36 ^a	37.20±1.67 ^b	60.38±3.02 ^a	30.24±1.51 ^c	47.52±1.92 ^{ab}	21.33±1.05 ^d	40.27±1.61 ^b	17.26±0.86 ^d
Epigallocatechin	87.33±4.36 ^b	42.57±1.92 ^b	101.26±4.56 ^b	55.41±2.77 ^{cd}	113.89±5.69 ^{ab}	69.87±3.49 ^c	132.29±5.91 ^a	82.19±4.11 ^b
Epigallocatechin gallate	15.61±0.78 ^a	8.55±0.42 ^b	15.89±0.82 ^a	8.76±0.44 ^b	15.66±0.77 ^a	8.98±0.40 ^b	16.02±0.80 ^a	8.81±0.39 ^b
Total	500.34	334.87	543.42	364.35	596.64	422.53	659.91	483.56
Phenolic acids								
Caffeic acid	2.57±0.12 ^a	2.41±0.11 ^{ab}	2.51±0.13 ^a	2.36±0.10 ^{ab}	2.18±0.10 ^b	2.20±0.10 ^b	1.97±0.08 ^b	1.46±0.06 ^c
ε-Cinnamic acid	1.37±0.06 ^a	0.83±0.04 ^c	1.32±0.05 ^a	0.82±0.03 ^c	1.19±0.05 ^{ab}	0.98±0.05 ^b	1.01±0.06 ^b	0.74±0.02 ^c
p-Coumaric acid	8.11±0.41 ^a	5.74±0.28 ^b	7.89±0.39 ^a	5.43±0.22 ^b	7.56±0.35 ^a	4.99±0.20 ^b	7.16±0.37 ^a	4.03±0.18 ^b
Ferulic acid	nd	nd	0.12	nd	5.78±0.28 ^a	2.32±0.12 ^c	11.21±0.56 ^a	5.02±0.25 ^a
Gallic acid	7.89±0.39 ^c	6.67±0.33 ^{bc}	8.06±0.40 ^c	6.99±0.35 ^d	8.58±0.43 ^d	7.11±0.35 ^c	9.87±0.49 ^a	6.44±0.32 ^c
p-hydroxybenzoic acid	2.86±0.14 ^d	3.41±0.17 ^c	3.42±0.16 ^c	4.21±0.21 ^b	3.87±0.19 ^{bc}	5.88±0.29 ^a	5.66±0.24 ^a	5.92±0.30 ^a
Protocatechuic acid	13.66±0.68 ^{bc}	12.03±0.60 ^c	14.02±0.70 ^b	12.57±0.63 ^c	14.89±0.74 ^b	13.21±0.66 ^{bc}	18.43±0.92 ^a	10.22±0.51 ^d
Tannic acid	1.58±0.08 ^a	nd ⁴⁾	0.53±0.03 ^b	nd	nd	nd	nd	nd
Salicylic acid	43.60±2.18 ^d	16.77±0.83 ^c	52.36±2.61 ^c	22.44±1.12 ^e	73.81±3.69 ^b	43.06±2.15 ^d	101.24±5.00 ^a	60.53±3.02 ^{bc}
Vanillic acid	9.77±0.48 ^b	5.46±0.27 ^d	11.24±0.56 ^b	7.86±0.39 ^c	13.02±0.65 ^{ab}	9.87±0.49 ^b	15.99±0.79 ^a	10.11±0.50 ^b
Total	81.64	51.86	90.23	54.82	117.86	79.75	156.55	94.36

¹⁾All data are presented as the mean±SD of triplicate determinations. Means with different lowercase letters (a, b, c, d, and e) indicate significant differences of fermentation times by Tukey's multiple range test (p<0.05).

²⁾NFJEM, nonfermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *Elaeagnus multiflora* juices were contained 0.5% (w/v) of (NH₄)₂HPO₄ and 24 °Brix of sugar.

³⁾FJEM, fermented juice of *Elaeagnus multiflora*, *S. cerevisiae* CS02 were inoculated into *Elaeagnus multiflora* juice containing 0.5% (w/v) of (NH₄)₂HPO₄ and 24 °Brix of sugar and there were fermented at 25°C for 9 days.

⁴⁾nd, not detected.

본 연구에서는 딸보리수 과즙의 열처리 후 과실주를 제조하고 이화학적 특성, 수용성 phenolics와 flavonoids 함량, flavonols 및 phenolic acids 함량 및 항산화 활성을 조사하였다. 발효 후 가용성고형물 및 환원당은 감소하였고 효모 생균수와 알코올 함량이 증가하였으며, 유리당은 fructose와 glucose가 소량 검출되었고 lactic acid 등의 유기산 함량은 증가하였다. 한편 열처리 후 총 phenolics 및 flavonoids 함량, flavonols 및 phenolic acids 함량이 현저히 증가하였고 이에 상응하여 항산화 활성 역시 증가하였으나, 발효 후 이들 함량이 감소함에 따라 항산화 활성 역시 감소하였다. 따라서 본 연구 결과로부터 딸보리수 과즙을 이용한 기능성 과실주 제조 가능할 것으로 판단되었다.

요 약

딸보리수 열매의 이용성 증대를 위하여 딸보리수 과즙에 열처리 후 과실주를 제조하고 그 특성을 조사하였다. 딸보리수 과즙을 발효하였을 때 9일 경과 시 pH는 3.32~3.33, 가용성고형물은 7.8~9.0 °Brix, 환원당은 29.84~31.05 g/L, 생균수는 7.26~8.73 CFU/mL, 알코올은 11.0% 있었다. 열처리된 과즙이 열처리되지 않은 과즙보다 항산화 활성이 높았으며, 이에 상응하여 수용성 phenolics와 flavonoids 함량도 높았다. 한편 120°C에서 30 min 열처리 후 발효시킨 과실주의 유리당은 fructose(0.42 g/L) 및 glucose(0.09 g/L)가 소량 검출되었으며, 주요 유기산은 lactic acid(7.32 g/L), malic acid(2.59 g/L), succinic acid(2.16 g/L) 및 oxalic acid(3.08 g/L) 있었고 주요 flavonols와 phenolic acids 화합물은 catechin(99.45 mg/L), epicatechin(264.55 mg/L), epigallocatechin(82.19 mg/L), gallic acid(6.44 mg/L) 및 salicylic acid(60.53 mg/L)가 검출되었다. 부가적으로 DPPH 라디칼 소거활성, ABTS 라디칼 소거활성 및 FRAP 활성은 각각 70.47%, 65.93% 및 1.254% 이었다. 이 결과로부터 딸보리수 과즙의 열처리에 따른 새로운 형태의 과실주를 개발할 수 있을 것으로 추측된다.

감사의 글

이 논문은 2012년 국립경남과학기술대학교의 기성희 연구비에 의하여 연구되었습니다.

References

- Hong JY, Cha HS, Shin SR, Jeong YJ, Youn KS, Kim MH, Kim NW (2007) Optimization of manufacturing

- condition and physicochemical properties for mixing beverage added extract of *Elaeagnus multiflora* Thumb. fruits. Korean J Food Preserv, 14, 269-275
- Yoon KY, Hong JY, Nam HS, Moon YS, Shin SR (2007) Antioxidant activities and xanthine oxidase inhibitory effects of hot-water extracts from fruits of *Elaeagnus multiflora* Thumb. in maturity. J Korean Soc Food Sci Nutr, 36, 14-19
- Hong JY, Cha HS, Kim NW, Jeong YJ, Youn KS, Kim MH, Shin SR (2007) Optimization of manufacturing condition with sensory characteristics of mixing beverage added extract of *Elaeagnus multiflora* Thumb. fruits. Korean J Food Preserv, 14, 263-268
- Kim NW, Joo EY, Kim SL (2003) Analysis on the components of the fruit of *Elaeagnus multiflora* Thumb. Korean J Food Preserv, 10, 534-539
- Hong JY, Nam HS, Lee YS, Yoon KY, Kim NW, Shin SR (2006) Study on the antioxidant activity of extract from the fruit of *Elaeagnus multiflora* Thumb. Korean J Food Preserv, 13, 413-419
- Hong JY, Nam HS, Kim NW, Shin SR (2006) Changes on the components of *Elaeagnus multiflora* fruits during maturation. Korean J Food Preserv, 13, 228-233
- Hong JY, Nam HS, Lee YS, Kim NW, Shin SR (2006) Anti-oxidant activity of ethanol extracts from fruits *Elaeagnus multiflora* Thumb. during maturation. Korean J Food Preserv, 13, 643-648
- Kim SA, Oh SI, Lee MS (2007) Antioxidative and cytotoxic effects of solvent fractions from *Elaeagnus multiflora*. Korean J Food Nutr, 20, 134-142
- Lee YS, Chang ZQ, Oh BC, Park SC, Shin SR, Kim NW (2007) Antioxidant activity, anti-inflammatory activity, and whitening effects of extracts *Elaeagnus multiflora* Thumb. J Med Food, 10, 126-133
- Oh SI, Lee MS (2008) Antioxidant and cytotoxic effects of ethanol extracts from *Elaeagnus multiflora*. Korean J Food Nutr, 21, 403-409
- Lee JH, Seo WT, Cho KM (2011) Determination of phytochemical contents and biological activity from the fruits of *Elaeagnus multiflora*. J Food Sci Nutr, 16, 29-36.
- Cho KM, Joo OS (2012) Enhances antioxidant effects of purple sweet potato by roasting. Korean J Food Preserv, 19, 735-743
- Joo OS, Kang ST, Jeong CH, Lim JW, Prak YG, Cho KM (2011) Manufacturing of the enhances antioxidative wine using a ripe daebong persimmon (*Dispyros kaki* L). J Appl Biol Chem, 54, 126-134

14. Miller GL (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for the determination of reducing sugar. *Anal Chem*, 31, 426-428
15. Singleton VL, Rossi JA (1965) Colorimetry of total phenolic with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult*, 16, 144-158
16. Jia Z, Tang M, Wu J (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem*, 64, 555-559
17. Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 119-200
18. Cho KM, Lee JB, Kahng GG, Seo WT (2006) A study on the making of sweet persimmon (*Diospyros kaki*, T) wine. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 785-792
19. Jin TY, Kim ES, Wang SJ, Wang MH (2007) Changes in physicochemical and sensory characteristics of rice wine, *yakju* prepared with different of red yeast rice. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 309-314
20. So MH (1999) Characteristics of a modified *Nuruk* made by inoculation of tractional *Nuruk* microorganisms. *Korean J Food Nutr*, 12, 219-225
21. 19. Woo KL and Lee SH (1994) A study on wine-making with dried persimmon produced in Korea. *Korean J Food Sci Technol* 26, 204-212
22. 20. Choi HS, Kim MK, Park HS, Kim YS, and Shin DH (2006) Alcoholic fermentation of bokbunja (*Rubus coreanus* Miq.) wine. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 543-547
23. Kim YS, Jeong DY, and Shin DH (2008) Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry (*Morus alba*) wine. *Korean J Food Sci Technol* 40, 63-69
24. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS (2008) Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 166-170
25. Kim HG, Kim GW, Oh H, Yoo SY, Kim YO, Oh MS (2011) Influence of roasting on the antioxidant activity of small black soybean (*Glycine max* L. Merrill). *LWT-Food Sci Technol*, 44, 992-998
26. Choi JS, Kim HY, Seo WT, Lee JH, Cho KM (2012) Roasting enhances antioxidant effect of bitter melon (*Momordica charantia* L.) increasing in flavan-3-ol and phenolic acid contents. *Food Sci Biotechnol*, 21, 19-26
27. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. (2006) Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia Nakai*) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 342-347
28. Róek A, Achaerandio I, Almajano MP, Guell C, Lopez F, Ferrando M (2007) Solid foodstuff supplemented with phenolics from grape: Antioxidant properties and correlation with phenolic profiles. *J Agri Food Chem*, 55, 514-5155
29. Cho KM, Hong SY, Math RK, Lee JH, Kambiranda DM, Kim JM, Md. Islam SA, Yun MG, Cho JJ, Lim WJ, Yun HD (2009) Biotransformation of phenolics (isoflavones, flavanols and phenolic acids) during the fermentation of *Cheonggukjang* by *Bacillus pumilus* HY1. *Food Chem*, 114, 413-419

(접수 2013년 12월 9일 수정 2014년 4월 3일 채택 2014년 4월 13일)