

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 품질특성 및 항산화성

전혜련¹ · 홍윤표² · 이지현² · 김형돈² · 김미리^{1*}

¹충남대학교 식품영양학과

²농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Antioxidant Activities and Quality Characteristics of Mulberry Concentrate, Freeze-dried Mulberry, and Pomace

Hye Lyun Jeon¹, Yoon Pyo Hong², Ji Hyun Lee², Hyung Don Kim², and Mee Ree Kim^{1*}

¹Dept. of Food & Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

²Dept. of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Chungbuk 369-873, Korea

Abstract

Mulberry pomace, a by-product obtained from mulberry juice, has not been utilized as food. In this study, antioxidant activities, proximate composition and physicochemical characteristics of mulberry pomace were evaluated and compared with those of mulberry fruit or mulberry concentrate. Mulberry fruit was pressed and filtered. The filtrate and residue were used as mulberry juice and mulberry pomace, respectively. Mulberry juice was evaporated, after which a concentrate (24.7°Brix) was obtained. Moisture contents of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry, and pomace were 68.7%, 6.03%, and 7.32%, respectively. Reducing sugar contents were 45.7% in freeze-dried mulberry, 24.5% in pomace, and 30.9% in mulberry concentrate. The pH and acidity of the three samples ranged from 5.80~5.92 and, 0.035~0.080%, respectively. Carbohydrate and crude ash contents were the highest in mulberry fruit, whereas crude protein, fat, and fiber contents were the highest in pomace. Redness of the Hunter color system was 4.7 in mulberry and 4.3 in pomace. Total phenolic content was the highest in mulberry fruit, whereas total flavonoid content was the highest in pomace. Antioxidant activities (DPPH, hydroxyl, and ABTS radical scavenging activities) were enhanced in the order of mulberry fruit > pomace > mulberry concentrate. Especially, antioxidant activities, such as DPPH and hydroxyl radical scavenging activities, of mulberry pomace were similar with those of mulberry fruit. Based on these results, freeze-dried mulberry pomace may be considered as a functional as well as an additive material for food processing.

Key words: freeze-dried mulberry, freeze-dried mulberry pomace, mulberry concentrate, total phenol, antioxidant activity

서 론

오디(mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로 오디를 '상삼자'로 불리며 백발을 검게 하며 소갈을 덜어주고 오장을 이롭게 하는 자양·강장제뿐만 아니라 빈혈, 고혈압, 관절통 및 대머리 치료제로써 사용되고 있다(1). 또한 오디 추출물은 항당뇨(2), 항산화, 항염증(3) 및 항고지혈증(4) 등의 다양한 생리적 작용을 나타내어 기능성 식품의 소재로써 크게 주목을 받고 있다. 오디에는 당과 유기산, 각종 비타민과 무기질이 함유되어 있으며(5), 특히, Ca, K, vitamin C의 함량이 높다고 보고되었다(6). 오디의 검은 자주색은 안토시아닌 계열의 색소로, 안토시아닌은 플라보노이드류의 일종으로 소염제, 항알러지제, 면역 증강제, 항바이러스제 등의 생리활성이 있는 것으로 보고되었다(7).

오디는 저장성이 짧아 오디를 착즙하거나 추출물을 이용하여 만든 가공 제품들이 나오고 있다. 이때 부산물로써 많은 양의 착즙박이 나오고 있으나 현재까지 산업적으로 이용되지 못하고 전량 폐기처분되고 있어서 폐기물 처리 비용 등으로 인해 경제적으로 큰 부담을 가져오고 있다. 오디에 관한 연구로는 뽕나무 품종별 오디의 영양 및 기능성 성분과 이화학적 품질 특성비교(8), 몇 가지 빵 품종에 따른 오디의 형태 및 화학적 성분의 특성(9), 용매에 따른 뽕잎과 오디의 생리활성 효과(10), 오디로부터 분리한 페놀성 물질의 항산화 효과(11), 오디즙 및 오디박 분말이 streptozotocin 유발 당뇨쥐의 혈당 및 혈청지질 강하와 적혈구 항산화 효소계에 미치는 영향(12), 오디 농축액을 첨가한 식빵의 품질 특성(13), 오디가루를 첨가한 절편의 품질특성(14) 등 다수가 있으나, 오디박을 산업적으로 이용하기 위한 기초연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 오디즙을 짜고 남은 오

*Corresponding author. E-mail: mrkim@cnu.ac.kr
Phone: 82-42-821-6837, Fax: 82-42-821-8887

디박의 일반성분, 이화학특성, 항산화성을 오디과실 및 오디 농축액과 비교해봄으로써 식품 소재로서의 활용 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 오디는 2011년 6월 21일 경상북도 상주에서 수확한 익수병 품종으로, 외관상 흠이 없고 크기가 일정한 생과를 흐르는 물로 세척한 후 동결하였다. 그리고 2012년 3월 14일에 시료 처리를 하였다. 동결건조오디는 오디 생과를 초저온냉동기(Ultra Low temperature Freezer, Ilshinbiobase, Dongducheon, Korea)에 넣어 급속 동결한 후, 동결건조(Freeze Dryer, Ilshin Lab Co, Ltd., Dongducheon, Korea)시켰다. 오디 농축액은 오디 생과를 압착(100 bar)하여 얻은 착즙액을 여과(catridge filter, 30 μ L)한 후, 감압농축기(Rotary Vaccum Evaporator N-11, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 농축하고 살균(90°C, 5분)한 후 냉동보관하면서 사용하였다. 오디박은 상기 오디농축액 제조 시 얻은 압착박을 회수하여, 초저온냉동기(Ultra Low temperature Freezer, Ilshinbiobase)로 급속 동결한 후 동결건조(Freeze Dryer, Ilshin Lab Co, Ltd.)하였다. 시료를 상기의 초저온 냉동기(-80°C)에 3개월 동안 보관하면서 실험하였다.

가용성 고형물 함량 및 환원당

가용성 고형물 함량은 시료 5 g에 증류수 45 mL를 균질화한 후 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 상정액을 취하여 당도계(N-1E Brix 0~32%, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다.

환원당은 시료 5 g에 증류수 45 mL를 균질화한 후 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법으로 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman, Fullerton, CA, USA)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 glucose(Sigma, St. Louis, MO, USA)를 농도별로 반응시켜 작성하였다.

pH 및 산도

pH는 AOAC method(15)를 적용하여 시료 2.5 g을 47.5 mL의 증류수와 함께 넣고 균질화 하였다. 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상정액을 취하여 pH meter(SP-701, Sontex, Taipei, Taiwan)로 측정하였다.

산도는 AOAC method(15)를 적용하여 시료 2.5 g을 취하여 47.5 mL의 증류수를 첨가한 뒤 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상정액 3.5 mL를 취하여 0.1 N NaOH를 이용하여 pH 8.3까지 도달하는데 필요한 0.1 N NaOH양(mL)을 acetic acid 함량(%)으로 환산하여 총산 함량을 표시하였다.

일반성분 분석

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 일반성분은 수분, 조회분, 조단백, 조지방의 항목을 식품공전(16)에 준하여 분석하

였다. 건오디, 건오디박, 오디 농축액의 조단백은 세미마이 크로 킬달법으로 측정된 질소량에 질소 환산계수 6.25를 곱하여 산출하였으며 조지방은 에테르추출법에 의해 분석하였다. 조섬유는 건식 회화법에 의해 분석하였고, 조회분은 직접 회화법(550~600°C)에 의해 분석하였다. 수분은 시료 1.5 g을 취하여 적외선 수분 측정기(Sartorius, Frankfurt, Germany)를 사용하였다. 시료 100 g을 기준으로 수분, 회분, 조단백질, 그리고 조지방의 함량을 제외시킨 값으로 탄수화물의 함량을 산출하였다. 각 시료의 분석은 각각 3회 반복하여 평균값과 표준편차를 나타내었다.

색도

색도는 색차계(Digital color measuring/difference calculation meter, ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness) 및 ΔE 값(색차지수)을 4회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 건오디, 건오디박, 오디 농축액을 페트리디쉬(50×12 mm)에 담아 색도를 측정하였다. Standard color value는 L값 124.1, a값 -1.89, b값 -2.71, ΔE 값 0.00인 calibration plate를 표준으로 사용하였다. 또한 건오디, 건오디박, 오디 농축액을 100배 희석하여 Whatman filter paper(No.4, GE Healthcare Co., Buckinghamshire, UK)로 여과하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

총 페놀 함량

페놀성 물질이 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 현상을 이용한 방법으로 Folin-Denis법(17)에 의해 측정하였다. 시료 1.5 g에 methanol 50 mL을 넣은 후 12시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리 하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg당 1 mL methanol을 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 증류수 2.5 mL에 0.2 mg/mL로 희석한 시료 0.33 mL, Foline-Denis 0.16 mL, Na₂CO₃ 포화용액을 넣고 30분간 반응시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀성 물질 함량의 표준곡선은 포화 tannic acid(Yakuri Pure Chemicals Co., LTD, Kyoto, Japan)를 사용하였다.

총 flavonoid 함량

Total flavonoid 함량은 Davis법을 변환한 방법(18)에 의해 측정하였다. 시료 1.0 g에 75% ethanol 50 mL를 넣은 후 18시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리 하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 100 mg당 1 mL 75% ethanol을 첨가하여 100 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 시료 400 μ L에 90% diethylene glycol 4 mL와 1 N NaOH 40 μ L를 넣어 잘 교반한 후 37°C에서 1시간 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심분리한 뒤 상정

액을 취하여 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량의 표준곡선은 naringin(Sigma)을 사용하였다.

DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl) radical 소거능

시료 1.5 g에 methanol 50 mL를 넣은 후 12시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심분리 하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg당 1 mL methanol을 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 농도별로 희석한 시료용액 50 µL에 1.5×10^{-4} mM DPPH 용액 150 µL를 가한 후 30분 후에 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman)를 이용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음의 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀값을 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100$$

Hydroxyl radical 소거능

시료 3 g에 methanol 50 mL를 넣은 후 15시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg당 1 mL PBS buffer를 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 농도별로 희석한 시료용액 0.15 mL에 PBS buffer 0.35 mL, 3 mM deoxyribose, 0.1 mM ascorbic acid, 0.1 mM EDTA, 0.1 mM FeCl₃, 1 mM H₂O₂ 용액을 각각 0.1 mL를 넣어 잘 교반한 후 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후 2% TCA 용액과 1% TBA 용액을 잘 섞은 후 100°C에서 20분간 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심분리한 뒤 상정액을 취하여 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman)를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음의 식으로 계산한 후 각 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀을 구하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{blank}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{blank}}} \times 100$$

ABTS radical 소거능

ABTS radical 소거능의 측정은 Re 등(19)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 시료 1.5 g에 methanol 50 mL를 넣은 후 12시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg당 1 mL methanol을 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. 7 mM ABTS(A9941, Sigma)와 140 mM K₂S₂O₈ 5 mL:88 µL로 섞어 어두운 곳에 14~16시간 방치시킨 후, 이를 absolute ethanol과 1:88 비율로 섞어 734

nm에서 대조구의 흡광도 값이 0.70 ± 0.002 가 되도록 조절된 ABTS solution을 만들어 사용하였으며 0.2 mg/mL로 희석한 시료용액 50 µL에 ABTS solution 1 mL를 넣어 잘 교반한 후 37°C에서 2.5분간 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심 분리한 뒤 상정액을 취하여 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman)를 이용하여 734 nm에서 흡광도를 측정하였으며 라디칼 소거능(%)을 다음의 식으로 계산하였다.

$$\text{Free radical scavenging effect (\%)} = \left(1 - \frac{\text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{blank}}}\right) \times 100$$

FRAP(ferric-reducing antioxidant potential)

FRAP 측정은 Benzie와 Strain(20)의 방법으로 측정하였다. 시료 1.5 g에 methanol 50 mL를 넣은 후 12시간 동안 잘 교반한 후 3,000 rpm으로 4°C에서 10분간 원심 분리하여 얻어진 상정액을 evaporator로 용매를 휘발하여 추출물만 얻었다. 추출물 200 mg당 1 mL methanol을 첨가하여 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료 용액으로 사용하였다. Acetate buffer(pH 3.6, 300 mM) 25 mL를 37°C에서 10분 가온한 후 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-S-triazine, Sigma) 5 mL와 0 mM FeCl₃·6H₂O 2.5 mL를 acetate buffer에 넣어 FRAP reagent를 만들어 0.2 mg/mL로 희석한 시료 30 µL에 증류수 90 µL와 FRAP reagent 900 µL를 넣어 37°C에서 10분 동안 반응한 후 실온으로 냉각하여 원심분리한 뒤 상정액을 취하여 분광광도계(UV-1800 240V, Beckman)를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 0.0625, 0.0125, 0.25, 0.5, 1 mg/mL의 농도로 작성한 FeSO₄의 검량식에 대입하여 계산하였다.

통계처리

실험 결과는 3회 반복 측정하여 그 평균값으로 나타내었으며 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package 프로그램 중에서 분산분석(ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의차를 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

수율

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 수율은 Table 1과 같다. 건오디의 수율은 10.75%, 건오디박은 23.86%, 오디 농축액은 15.90%로 건오디박이 건오디와 오디 농축액보다 현저하

Table 1. Yield (%) of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace

	Mulberry (freeze-dried)	Mulberry pomace (freeze-dried)	Mulberry concentrate
Yield (%)	10.75	23.86	15.90

Table 2. Soluble solid content and reducing sugar content of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace

	Mulberry (freeze-dried)	Mulberry pomace (freeze-dried)	Mulberry concentrate
Soluble solid content (°Brix)	50.00±2.00 ^a	22.67±1.15 ^b	24.67±3.06 ^b
Reducing sugar content (%)	45.74±0.39 ^a	24.51±0.13 ^c	30.88±0.12 ^b

All values are mean±SD (n=3).

^{a-c}Different superscripts are significantly different within a row by Duncan's multiple range test at p<0.05.

게 높은 수율을 나타냈다.

가용성 고형물 함량 및 환원당

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 가용성 고형물 함량 및 환원당을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 가용성 고형물 함량은 건오디가 50.0°Brix, 건오디박은 22.7°Brix, 오디 농축액은 24.7°Brix로, 건오디박은 건오디에 비하여 매우 낮았다. 환원당 함량은 건오디가 45.7%, 건오디박은 24.5%, 오디 농축액은 30.9%로 가용성 고형물 함량과 같은 경향을 나타냈다. Lee 등(9)의 보고에서 오디에는 주로 glucose와 fructose가 함유되어 있으며 sucrose와 maltose는 소량이 함유되어 있다고 보고하여, 이 성분들이 건오디, 오디박, 오디 농축액의 가용성 고형물 함량 및 환원당에 기인한다고 사료된다. 또한 건오디와 오디농축액에 비해 건오디박의 당 함량이 적었는데 이는 오디를 착즙하는 과정에서 수용성인 당 성분이 착즙액으로 빠져나와 남아있는 오디박에는 당 함량이 적은 것으로 사료된다. 분석결과, 오디박은 당 함량이 적었고, Kwon 등(12)의 연구에서 당노 대조군에 비해 오디박 공급군에서 혈당강하 효과가 있다고 보고하였으므로 당을 적게 섭취해야 하는 당뇨병자를 위한 식품 소재로써 활용할 수 있을 것으로 여겨진다.

pH 및 산도

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 pH 및 산도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. pH는 건오디가 5.81, 건오디박은 5.92, 오디 농축액은 5.80으로 건오디박이 건오디에 비하여 약간 높았다. 산도는 건오디는 0.064%, 건오디박은 0.035%, 오디 농축액은 0.080%로, 건오디박은 건오디나 오디 농축액에 비하여 산도가 낮았다. Kim 등(8)의 연구에서 익수팽 품종의 오디 생과의 pH는 4.80으로 보고하였는데 건오디는 5.81로 오디보다 높은 pH를 나타냈다. Nam과 Hyun(21)의 연구에서 유자 과즙은 pH가 2.45이고 동결 건조한 유자 과즙의 pH는 2.74로 건조한 유자 과즙이 더 높은 pH를 나타내 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 3. pH and acidity off mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace

	Mulberry (freeze-dried)	Mulberry pomace (freeze-dried)	Mulberry concentrate
pH	5.81±0.03 ^b	5.92±0.02 ^a	5.80±0.02 ^b
Acidity (%)	0.064±0.00129 ^b	0.035±0.00003 ^c	0.080±0.00341 ^a

All values are mean±SD (n=3).

^{a-c}Different superscripts are significantly different within a row by Duncan's multiple range test at p<0.05.

일반성분

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 일반성분은 Table 4와 같다. 수분함량은 건오디는 7.32%, 건오디박은 6.0%로 건오디가 오디박에 비하여 약간 높았다. 오디농축액의 수분 함량은 68.7%였다. 탄수화물은 건오디에는 54.9%, 오디박에는 39.8% 함유되어 있었으며, 농축액에는 24.5% 함유되어 있었다. 조단백은 건오디에는 14.7%, 오디박에는 18.3% 함유되어 있고 있었으며, 농축액에는 2.81% 함유되어 있었다. 조지방은 건오디에는 4.43%, 오디박에는 16.31% 함유되어 있으며, 농축액에는 0.35% 함유되어 있었다. 조섬유는 건오디에는 12.8%, 오디박에는 14.66%가 함유되어 있었고, 농축액은 검출되지 않았다. 조회분은 건오디에는 5.79%, 오디박에는 4.90% 함유되어 있었고, 농축액에는 3.61% 함유되어 있었다. 탄수화물 및 조회분은 건오디가 가장 높았다. 오디박에는 오디에 비하여 조지방, 조단백, 조섬유가 많았다. 특히, 조지방은 오디씨에 다량 함유된 리놀레산 및 리놀렌산 등의 불포화지방산과 tocopherol 및 phytosterol 등에 기인된 것이다(22). 오디박은 건조된 것으로 수분 함량이 6.03%로 낮았고 오디농축액에는 수분함량이 68.7%로 높고 탄수화물 함량이 높았으므로 상대적으로 오디박의 조지방 함량이 높는데 기인된 것이다. 이같이 오디박은 단백질, 무기질, 불포화지방 등 영양성분이 풍부할 뿐 아니라 식이섬유가 풍부하여 기능성 소재로써 활용이 가능할 것이라고 예측된다.

색도

건오디, 건오디박 및 오디 농축액의 색도를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 명도를 나타내는 L값은 건오디가 28.6, 건오디박이 24.9로 건오디가 높게 나타났다. 적색도를 나타내는 a 값은 건오디가 4.7, 건오디박이 4.3으로 오디박은 오디와

Table 4. Proximate composition of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace (%)

Composition	Mulberry (freeze-dried)	Mulberry pomace (freeze-dried)	Mulberry concentrate
Carbohydrate	54.91±1.08 ^a	39.78±0.35 ^b	24.52±0.54 ^c
Crude protein	14.73±0.12 ^b	18.33±0.20 ^a	2.81±0.07 ^c
Crude fat	4.43±0.08 ^b	16.31±0.20 ^a	0.35±0.02 ^c
Crude fiber	12.82±0.26 ^b	14.66±0.31 ^a	ND ¹⁾
Crude ash	5.79±0.02 ^a	4.90±0.02 ^b	3.61±0.23 ^c
Moisture	7.32±0.91 ^b	6.03±0.03 ^c	68.70±0.49 ^a

All values are mean±SD (n=3).

^{a-c}Different superscripts are significantly different within a row by Duncan's multiple range test at p<0.05.

¹⁾ND: not detected

Table 5. Color values of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace

	Mulberry (freeze-dried)	Mulberry pomace (freeze-dried)	Mulberry concentrate
L (lightness)	28.65±0.08 ^a	24.91±0.05 ^b	0±0 ^c
a (redness)	4.66±0.12 ^b	4.33±0.08 ^c	2,768±0 ^a
b (yellowness)	-0.36±0.06 ^c	-0.09±0.06 ^b	2,768±0 ^a
ΔE	95.70±0.08	99.42±0.05	181.02±0
Absorbance (450 nm)	1.06±0.0006 ^b	1.51±0.0021 ^a	0.82±0.0029 ^c

All values are mean±SD (n=3).

^{a-c}Different superscripts are significantly different within a row by Duncan's multiple range test at p<0.05.

유사하였다. 오디농축액은 2,768이었다. 황색도를 나타내는 b값은 건오디가 -0.36, 건오디박이 -0.09였고, 오디농축액은 2,768로 나타났는데 오디농축액은 액체이고, 색깔이 진하여 높게 나타난 것으로 생각된다. 오디의 안토시아닌 색소를 나타내는 450 nm에서 흡광도를 측정하였을 때 건오디는 1.06, 건오디박은 1.51, 오디 농축액은 0.82로, 건오디박의 흡광도가 가장 높게 나타났다.

총 페놀 함량

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 총 페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. Jeong 등(23)에서 총 페놀 화합물은 천연물에 많이 함유되어 있는 성분으로 이들의 주요 역할은 자유 라디칼을 소거하는 것이라는 연구가 많이 보고되고 있으며, 총 페놀 함량은 DPPH 라디칼 소거활성과 같은 항산화 활성에 중요한 인자로 작용을 한다. 건오디, 건오디박, 오디 농축액의 총 페놀 함량은 시료농도가 0.2 mg/mL일 때 건오디가 0.039 mg/mL, 건오디박이 0.026 mg/mL, 오디 농축액이 0.024 mg/mL로 나타나 건오디박이 건오디보다 함량이 낮았지만, 오디 농축액보다 높은 함량을 나타냈다. 건오디, 건오디박, 오디 농축액의 페놀로는 anthocyanin 색소뿐 아니라 caffeic acid, rutin, quercetin, piceid 및 4-prenylmoracin과 같은 여러 polyphenol 화합물이 존재하는 것으로 보고되었다(24).

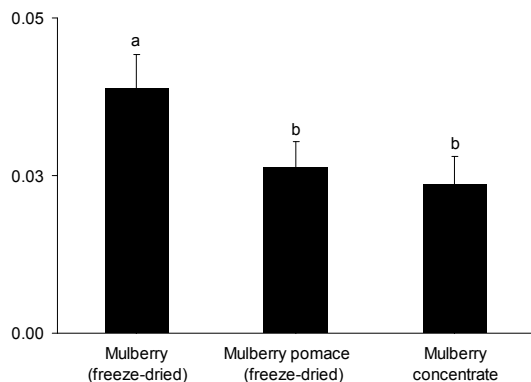


Fig. 1. Total phenol contents of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.

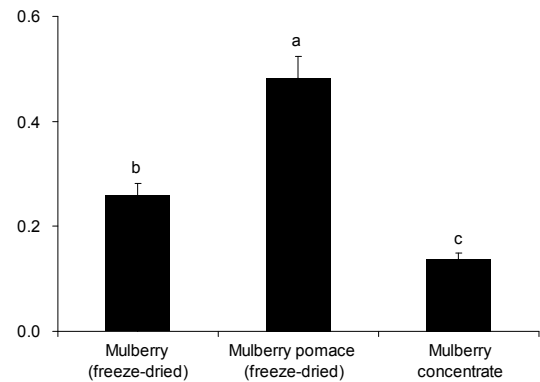


Fig. 2. Total flavonoid contents of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.

총 flavonoid 함량

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 총 플라보노이드 함량을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 총 플라보노이드 함량이 건오디가 0.26 mg/mL, 건오디박이 0.48 mg/mL, 오디 농축액이 0.14 mg/mL로 나타나 건오디박이 건오디, 오디 농축액보다 높은 함량을 나타냈다. Kim 등(8)에서 익수병의 총 플라보노이드 함량은 0.14%였으며 플라보노이드 구성성분 함량은 rutin이 59.04 mg/100 g, isoquercitrin이 17.40 mg/100 g, quercitrin이 24.27 mg/100 g, quercetin이 7.04 mg/100 g이라고 보고하였다. 이에 따라 이 성분들이 건오디, 건오디박, 오디 농축액의 총 플라보노이드 함량에 기인한 것으로 보인다. 또한 오디박에는 소염제, 항알러지제, 항바이스러스제 등의 생리활성이 있는 안토시아닌(3,25) 등의 플라보노이드가 다량 함유되어 있어 기능성 식품으로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

DPPH radical 소거능

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. IC₅₀값은 건오디가 5.89 mg/mL, 건오디박이 7.86 mg/mL, 오디 농축액이 33.47 mg/mL를 나타내어, DPPH radical 소거능은 건오디>건오디박>오디 농축액의 순으로 높았다. 이는 총 페놀함량을 측정된 결과(Fig. 2)와 일치하는 경향이였다. Kwon 등(26)의 연구에

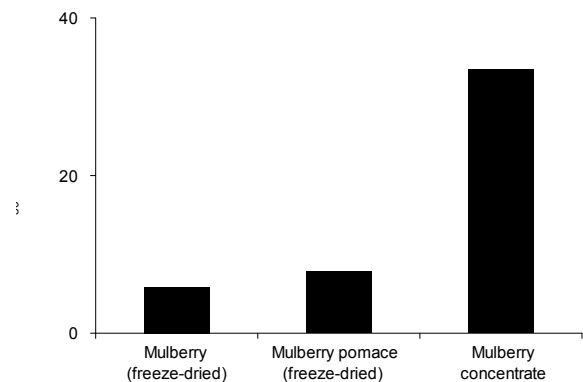


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.



Fig. 4. Hydroxyl radical scavenging activity of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.

의하면 오디로부터 제조된 오디즙 및 오디박의 물 및 메탄올 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과 오디박 추출물이 오디즙 추출물보다 DPPH radical 소거능이 높다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

Hydroxyl radical 소거능

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 hydroxyl radical 소거능 측정 결과는 Fig. 4와 같다. Hydroxyl radical 소거능은 fenton reaction에 의해 생성된 hydroxyl 라디칼을 deoxyribose로 분해하여 생성된 malondialdehyde 양을 측정함으로써 화합물의 hydroxyl radical 소거능을 측정하는 방법이다(27). Hydroxyl radical 소거능의 IC₅₀값은 건오디가 20.59 mg/mL, 건오디박이 22.59 mg/mL, 오디 농축액이 52.94 mg/mL를 나타내어, hydroxyl radical 소거능은 건오디>건오디박>오디 농축액의 순으로 높았다. 이는 총페놀함량을 측정된 결과(Fig. 2)와 일치하는 경향이였다. 오디박에는 페놀, 플라보노이드 함량이 높아 항산화능 역시 높게 나타났으며, 이같은 결과로부터 오디박은 항산화, 항염증 및 항노화성의 식품 소재로써 쓰일 수 있는 가능성이 있다고 생각된다.

ABTS radical 소거능

건오디, 건오디박, 오디 농축액의 ABTS radical 소거능 측정 결과는 Fig. 5와 같다. ABTS radical 소거능 값은 시료

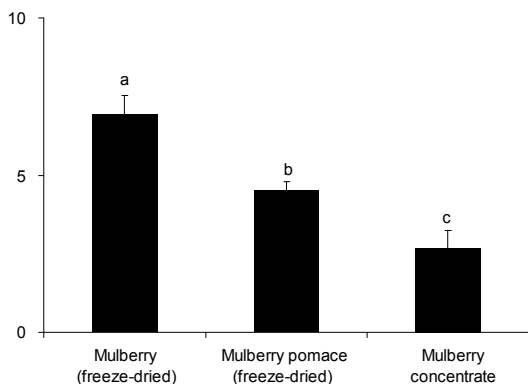


Fig. 5. ABTS radical scavenging activity of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.



Fig. 6. FRAP of mulberry concentrate, freeze-dried mulberry and pomace.

농도가 0.2 mg/mL일 때 건오디가 6.92%, 건오디박이 4.53%, 오디 농축액이 3.27%로 건오디박이 건오디보다 ABTS radical 소거능이 낮았지만 오디 농축액보다 높았다. 이는 오디박에 페놀, 플라보노이드 함량이 높는데 기인된 것이다. ABTS radical 소거능의 측정은 potassium persulfate와의 반응에 의하여 생성된 ABTS free radical이 추출물 내의 항산화 물질에 의해 제거되어 radical 특유의 색인 청록색이 탈색되는 것을 이용한 방법(28)으로 추출물의 항산화 활성을 평가할 수 있다.

FRAP(ferric-reducing antioxidant potential)

FRAP 방법은 낮은 pH에서 환원제에 의해 ferric tripyridyltriazine(Fe³⁺-TPTZ) 복합체가 ferrous tripyridyltriazine(Fe²⁺-TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 방법이다(20). 건오디, 건오디박, 오디 농축액의 FRAP 측정 결과는 Fig. 6과 같다. FRAP 값은 시료농도가 0.2 mg/mL일 때 건오디가 0.036 mg/mL, 건오디박이 0.021 mg/mL, 오디 농축액이 0.011 mg/mL로 건오디박이 건오디보다 낮았지만 오디 농축액보다 높게 나타났다. 이러한 결과는 항산화능을 갖는 phenol류 화합물과 플라보노이드가 다량으로 포함되어 있기 때문이라고 판단된다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 시험연구사업(과제번호: PJ007452)의 지원에 의해 이루어졌으므로 이에 감사드립니다.

요 약

본 연구는 부산물로 버려지는 오디박의 식품 소재로서의 활용가능성을 위한 기초연구로 이화학적 품질 특성 및 항산화성을 분석하여 오디 및 오디 농축액과 비교하였다. 오디와 오디박은 동결건조 하여 사용하였고, 오디즙은 농축하여 사용하였으며, 수분함량은 건오디는 7.32%, 오디박은 6.0%이었고 농축액의 가용성 고형물 함량은 24.7°Brix이었다. 환원당 함량은 건오디가 45.7%로 가장 높았으며, 오디박은 24.5

%, 농축액은 30.9%이었다. pH는 건오디, 5.81, 오디박, 5.92, 오디농축액은 5.80이었으며, 산도는 건오디가 0.064%, 오디박이 0.035%, 오디 농축액이 0.080%이었다. 일반성분으로 탄수화물과 조회분은 건오디가 높았으며, 조단백, 조지방 및 조섬유는 건오디박이 높게 나타났다. 색도는 적색도를 나타내는 a값은 건오디가 4.7, 건오디박이 4.3으로 오디박은 오디와 유사하였다. 총 phenol 함량은 건오디가 0.039 mg/mL로 가장 높았고, 오디박은 0.026 mg/mL, 오디 농축액은 0.024 mg/mL였다. 총 flavonoid 함량은 건오디박이 0.48 mg/mL로 가장 높았고 건조오디는 0.26 mg/mL, 오디 농축액은 0.14 mg/mL였다. DPPH radical 소거능의 IC₅₀ 값(건오디: 5.89 mg/mL, 오디박: 7.86 mg/mL, 오디 농축액: 33.47 mg/mL) 및 hydroxyl radical 소거능의 IC₅₀ 값(오디: 20.50 mg/mL, 오디박: 22.59 mg/mL, 농축액: 52.94 mg/mL)은 농축액에 비하여 건조오디와 오디박이 높았다. ABTS radical 소거능은 건오디(6.92%) > 오디박(4.53%) > 농축액(3.27%)의 순이었고, FRAP은 건오디(0.036 mg/mL) > 오디박(0.021 mg/mL) > 농축액(0.011 mg/mL)의 순이었다. 이상의 결과로부터 오디농축액 제조 시 부산물로 얻어져 폐기되는 오디박은 색상이 우수하고, 당함량은 적고 식이섬유와 조단백이 풍부할 뿐 아니라, 총플라보노이드 및 페놀함량이 높아 항산화능이 우수하므로 가공식품 또는 건강기능 식품소재로 활용 가치가 매우 높다고 사료된다.

문 헌

- Kim SK. 1991. Beneficial medicine, mulberry fruit. In *Bonchohak*. Younglimsa, Seoul, Korea. p 598-605.
- Heo SI, Jin YS, Jung MJ, Wang MH. 2007. Antidiabetic properties of 2,5-dihydroxy-4,3'-di(β-D-glucopyranosyloxy)-trans-stilbene from mulberry (*Morus bombycis* koidzumi) root in streptozotocin-induced diabetic rats. *J Med Food* 10: 602-607.
- Kim SY, Park KJ, Lee WC. 1998. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus spp.* fruit extract. *Korean J Medicinal Crop Sci* 6: 204-209.
- Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. 2001. Effect of methanol extract from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *Korean J Seri Sci* 43: 104-108.
- Kim HB, Ryu KS. 2000. Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. *Korean J Seric Sci* 42: 73-77.
- Kim MW, Kim AJ. 2007. The quality characteristics of mulberry fruit wine by two different manufacturing methods. *Korean J Food & Nutr* 20: 276-281.
- Havsteen B. 1983. Flavonoid, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem Pharmacol* 32: 1141-1148.
- Kim EO, Lee YJ, Leem HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW. 2010. Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberries from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1467-1475.
- Lee HW, Shin DH, Lee WC. 1998. Morphological and chemical characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with varieties. *Korean J Seric Sci* 40: 1-7.
- Ju MJ, Kwon JH, Kim HK. 2009. Physiological activities of mulberry leaf and fruit extracts with different extraction conditions. *Korean J Food Preserv* 16: 442-448.
- Cha WS, Shin HR, Park JH, OH SL. 2004. Antioxidant activity of phenol compounds from mulberry fruits. *Korean J Food Preserv* 11: 383-387.
- Kwon EH, Jang HS, Kim SW, Choi SW, Rhee SJ, Cho SH. 2007. Effects of mulberry juice and cake powders on blood glucose and lipid lowering and erythrocytic antioxidative enzyme activities in streptozotocin-induced diabetic rats. *Korean J Nutr* 40: 199-210.
- Lee SB, Lee KH, Lee KS. 2008. Quality characteristics of white pan bread with mulberry extracts. *J East Asian Soc Dietary Life* 18: 805-811.
- Kang YS, Cho TO, Hong JS. 2009. Quality characteristics of *Jeolpyon* with added mulberry fruit powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 513-519.
- AOAC. 1995. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Korean Food Standards Codex. 2002. Korea Food & Drug Administration, Chungwon, Korea.
- Singleton VL, Rossi Jr JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitric* 16: 144-158.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KW, Oh MW, Oh SH. 2002. *Standard food analysis*. Jigumoonwhasa, Seoul, Korea. p 381-382.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26: 1231-1237.
- Benzie IF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
- Nam HW, Hyun YH. 2003. Drying of citron juice from by-product of citron tea manufacturing. *Korean J Food & Nutr* 16: 334-339.
- Kim EO, Yu MH, Lee YJ, Leem HH, Kim SA, Kang DH, Choi SW. 2010. Comparison of functional constituents and biological activity of the seed extracts from two mulberry fruits. *J Food Sci Nutr* 15: 98-104.
- Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. 2008. Analysis of nutritional components and evaluation of functional activities of *Sasa borealis* leaf tea. *Korean J Food Sci Technol* 40: 586-592.
- Lee JY, Moon SO, Kwon YJ, Lee SJ, Park HR, Choi SW. 2004. Identification and quantification of anthocyanins and flavonoids in mulberry (*Morus sp.*) cultivars. *Food Sci Biotechnol* 13: 176-184.
- Rapisarda P, Tomaino A, Lo Cascio R, Bonina F, De Pasquale A, Saija A. 1999. Antioxidant effectiveness as influenced by phenolic content of fresh orange juices. *J Agric Food Chem* 47: 4718-4723.
- Kwon YJ, Rhee SJ, Chu JW, Choi SW. 2005. Comparison of radical scavenging activity of extracts of mulberry juice and cake prepared from mulberry (*Morus spp.*) fruit. *J Food Sci Nutr* 10: 111-117.
- Hwang CR, Hwang IG, Kim HY, Kang TS, Kim YB, Joo SS, Lee JS, Jeong HS. 2011. Antioxidant component and activity of dropwort (*Oenanther javanica*) ethanol extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 316-320.
- Van den Berg R, Haenen GRMM, van den Berg H, Bast A. 1999. Applicability of an improved trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for evaluation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66: 511-517.