

뽕나무 품종별 오디(*Morus alba* L.)즙의 이화학적 품질 특성 및 기능성 성분 분석

이 유 진 · 최 상 원[†]

대구가톨릭대학교 식품영양학과

Physicochemical Characteristics and Analysis of Functional Constituents of Four Different Mulberry (*Morus alba* L.) Fruit Juices

Yu-Jin Lee and Sang-Won Choi[†]

Department of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

Abstract

Physicochemical characteristics and analysis of functional constituents of mulberry (*Morus alba* L.) fruit juices were investigated according to four different mulberry cultivars, including *iksuppong*, *daeseongppong*, *cheongilppong* and *kwasangppong*. Among the four mulberry cultivars examined, the small-sized *cheongilppong* had higher soluble solid content and lower titratable acidity, whereas the big-sized *daeseongppong* had higher titratable acidity and lower soluble solid content than other mulberry cultivars. *Cheongilppong* had higher contents of fructose and glucose, while *daeseongppong* had higher contents of citric and malic acids than the other mulberry cultivars. *Kwasangppong* had higher contents of two anthocyanins, cyanidin 3-glucoside and cyanidin 3-rutinoside, while *cheongilppong* had lower contents of two anthocyanins than the other mulberry cultivars. *Daeseongppong* had higher contents of resveratrols, flavonoids and moracin, whereas *cheongilppong* had higher levels of protocatechuic, chlorogenic and caffeic acids than the other mulberry fruits. Of the four mulberry cultivars, *daeseongppong* and *cheongilppong* had higher contents of GABA and DNJ, respectively, than the other mulberry cultivars. These results provide useful information to food technologists for the development and standardization of high quality mulberry juices as well as their processed foods.

Key words: Mulberry (*Morus alba* L.) juices, cultivars, physicochemical characteristics, functional constituents, quantitative analysis.

서 론

오디(mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로서 5월부터 6월에 걸쳐 과실의 색이 검은색 또는 자홍색을 나타낼 때 채취하여 식용하거나, 건조한 후 한약재로 사용하고 있다(Kim SK 1991). 한 방에서 오디는 ‘삼심자’로 불리며, 백발을 검게 하며 소갈(당뇨)을 덜어주고, 귀와 눈을 밝게 하며, 오장을 이롭게 하는 자양·강장제로써 뿐만 아니라 빈혈, 고혈압, 관절통 및 대머리 치료제로 널리 사용되고 있다(Hur J 1994, Lee SJ 1999).

오디는 유리당 및 유기산을 함유하고 있을 뿐 아니라, 항산화성 안토시아닌 색소, 항고혈압성 γ -aminobutyric acid(GABA) 및 flavonoids와 항당뇨성 mulberrofuran 유도체 및 1-deoxynojirimycin(DNJ), 그리고 항암, 항산화, 항염증 및 피부탄력 증

진물질로 알려진 resveratrol을 함유하고 있어, 최근 웰빙 건강식품으로써 크게 각광을 받고 있다(Asano *et al*, 2001, Kim *et al*, 2005, Isabelle *et al* 2008, Song *et al* 2009).

2002년도 국내 오디의 재배 면적은 약 50 ha이고, 생산량 100톤이었으나, 최근 오디가 웰빙 건강식품으로써 크게 인기를 끌면서 전북 부안을 비롯하여 전남 남원, 장성과 경남 함양, 그리고 경북 상주, 예천, 김천, 영덕 및 영천 등을 중심으로 해마다 그 재배 및 생산량이 크게 증가하여 2011년 국내 오디 생산농가 약 6,000호, 재배면적 약 1,800 ha에 생산량이 약 6,800톤이 이르고 있으며, 생산지역으로는 전북 약 4,700톤, 전남 약 1,100톤, 경북 약 380톤, 그 다음으로 경남 및 경기 순으로 차지하고 있다(Sung GB 2012).

지금까지 뽕나무 품종별 오디의 성장 및 화학적 성분(Park *et al* 1997, Lee *et al* 1998, Song *et al* 2009, Kim *et al* 2010), 오디의 기능성 성분 분석 및 효능 검증(Kim & Kwon 1996, Kim *et al* 1998, Zhishen *et al* 1999, Asano *et al*, 2001, Lee *et al* 2004, Kim *et al* 2005), 그리고 오디를 이용한 다양한

[†] Corresponding author : Sang-Won Choi, Tel: +82-53-850-3525, Fax: +82-53-850-3516, E-mail : swchoi@cu.ac.kr

가공식품 및 이화학적 품질 특성(Kim *et al* 2000, Kim *et al* 2004, Kim *et al* 2008)에 관한 많은 연구가 보고된 바가 있다. 그러나 오디의 이화학적 품질 특성, 화학적 성분 및 생리적 효능은 뽕나무 품종, 재배지역, 시비, 가공 및 저장조건에 따라 크게 차이(Isabelle *et al* 2008, Song *et al* 2009, Park *et al* 2013)가 있을 뿐 아니라, 오디를 이용한 여러 가공식품 및 발효식품의 개발이 활발히 진행되면서 보다 우수한 품질의 오디를 생산하기 위한 우량 뽕나무 품종 선발과 오디가공품의 표준화, 규격화 및 과학화를 위한 품질 관리 체계를 확립하는데, 뽕나무 품종별 오디의 이화학적 품질 특성 및 기능성 성분의 분석은 필수적이다.

따라서 본 연구는 현재 국내에서 주로 생산되고 있는 대표적인 4 가지 뽕나무 품종별(익수뽕, 대성뽕, 청일뽕, 과상뽕) 오디즙의 이화학적 품질 특성 및 기능성 성분을 분석하여 비교함으로써 오디즙의 규격화, 표준화 및 과학화를 위한 지표성분의 분석과 더불어 오디즙을 이용한 고품질의 가공식품 및 기능성 식품을 개발하기 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료 및 시약

본 연구에 사용한 뽕나무(*Morus alba* L.) 열매 오디는 2013년 6월경 경북 영천, 영덕, 상주 및 전북 부안에서 직접 재배 생산한 4 가지 뽕나무 품종(익수뽕, 대성뽕, 청일뽕, 과상 2호뽕) 오디를 각각 사용하였으며, 수확 후 곧바로 -40°C 냉동실에 넣어 동결한 후 실온에 꺼내어 유압 압착기로 착즙하여 오디즙을 제조하여 실험 재료로 사용하였다. 그리고 DNJ, 9-fluorenylmethyl chloroformate(FMOC-Cl) 및 표준 유리당 및 유기산 혼합시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA) 제품을 구입하여 사용하였으며, 그 외 실험에 사용된 모든 시약은 특급을, 용매는 Merck사(Darmstadt, Germany)나 특급 및 1급 시약을 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 오디즙의 제조

냉동오디(5 kg)를 하루 동안 실온에서 해동시킨 후 부직포에 넣고 밀봉한 다음, 유압 압착기(TM-200, Donghaeng Co., Gyeonggi, Korea)로 1분간 간헐적으로 3회 가압 압착시켜 얻은 착즙액을 냉장고에서 이를 방치한 후, 최종 원심분리하여(3,000 rpm, 10분) 오디즙(mulberry juice)을 제조하였다.

2) 이화학적 품질 특성 측정

품종별 오디 무게는 무작위로 10개씩 취하여 평균 중량으로 산출하였으며, 착즙한 오디즙의 pH는 pH meter(Seven Easy, Mettler-toledo, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 산도는 오디즙을 비커에 취하여 0.01 N NaOH로 pH 8.2가 될 때까지 적정한 후 소요된 0.01 N NaOH의 양으로부터 오디즙 100 mL 당 citric acid로 환산하여 나타내었다. 당도는 오디즙을 굴절당도계(N-1E, Atogo, Japan)로 측정하여 $^{\circ}\text{Brix}$ 로 나타내었으며, 색도는 오디즙을 20배 증류수로 희석한 다음, 색차계(CM3600D, Minolta, Japan)를 이용하여 측정된 후 Hunter's scale L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값으로 표시하였다. 이때 사용된 표준 백색판의 색도는 $L=98.02$, $a=0.14$, $b=0.21$ 이었다.

3) 유리당 및 유기산 분석

오디즙의 유리당은 Jeong *et al* 방법(2006)에 따라 HPLC를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 즉, 오디즙을 증류수로 5배 희석한 후 0.45 μm membrane filter(Millipore Co., Bedford, MA, USA)로 여과시킨 다음, Sep-pak C_{18} cartridge(Waters, Milford, MA, USA)로 색소를 제거한 후 다음 조건에 따라 HPLC(Waters e2690/5 HPLC system equipped with 2414 refractive index detector and autosampler)로 분석하였다. 칼럼: carbohydrate analysis column(4 μm , 3.9 \times 300 mm, Waters, Ireland), 용매: 75% aq. CH_3CN (isocratic elution for 20 min), 유속: 0.8 mL/min, column oven 온도: 30°C , 주입량: 20 μL , 검출기: refractive index(detector oven: 30°C).

유기산은 유리당 분석 전처리 방법으로 처리한 후 Jeong *et al* 방법(2006)에 따라 다음의 조건에서 HPLC로 분석하였다. 칼럼: Atlantis C_{18} column(5 μm , 4.6 \times 150 mm, Waters, Ireland), 용매: 20 mM NaH_2PO_4 (pH 2.7)(isocratic elution for 20 min), 유속: 0.5 mL/min, 주입량: 10 μL , 검출기: 자외선($\text{UV}_{210\text{nm}}$).

4) Anthocyanin 분석

오디의 두 가지 주된 안토시아닌[cyandin 3-glucoside(C3G) & cyandin 3-rutinoside(C3R)] 성분의 정량분석은 앞서 Lee *et al* 방법(2004)에 따라 다음과 같이 실시하였다. 오디즙을 증류수로 2배 희석한 후 0.45 μm membrane filter로 여과시킨 다음 HPLC로 색소의 함량을 측정하였으며, 이때 HPLC 분석조건은 다음과 같다. 칼럼: YMC-Pack Pro C_{18} column(5 μm , 4.6 \times 250 mm, YMC Inc., USA), 용매: 용매 A(0.05% TFA in H_2O) & 용매 B(100% MeOH)(linear gradient elution from A to B for 35 min), 유속: 1.0 mL/min, 주입량: 10 μL , 검출기: 가시광선($\text{UV}_{520\text{nm}}$). 한편, HPLC로 분리된 색소의 peak (Fig. 1)는 전보(Lee *et al* 2004)의 방법에 따라 이미

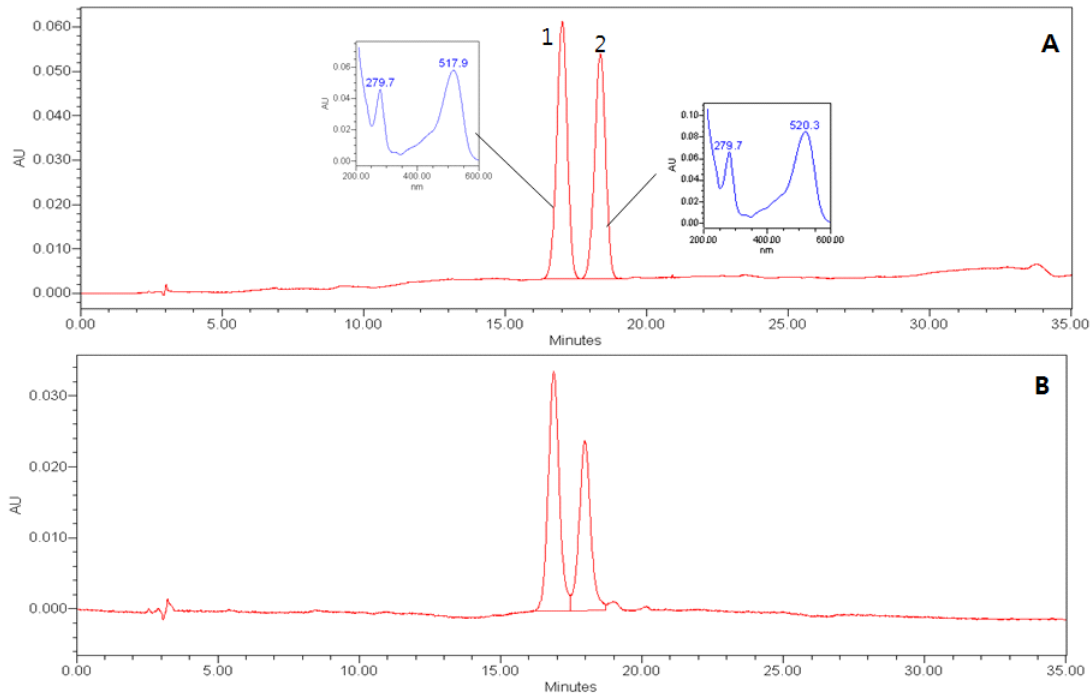


Fig. 1. HPLC profiles of two anthocyanin standards(A) and the juice(B) of mulberry fruit.

1 : cyanidin 3-glucoside, 2 : cyanidin 3-rutinoside.

확보해 놓은 표준물질 안토시아닌 색소의 retention time과 비교하여 확인하였으며, 품종별 색소의 함량을 측정하기 위해 각 표준물질의 회귀분석 그래프를 이용하여 검량곡선을 작성한 후 그로부터 C3G 및 C3R의 함량을 각각 계산하였다.

5) 폴리페놀 화합물의 분석

뽕나무 품종별 오디즙의 폴리페놀 화합물 namic acid, flavonoid, resveratrol 및 moracin)의 함량은 Kim *et al* 방법(2010)에 따라 다음과 같이 측정하였다. 오디즙을 증류수로 10배 희석한 후 냉장고에서 하룻밤 방치시킨 후 원심분리(5,000 rpm, 30분)하여 얻어진 상층액을 같은 용매로 정용한 다음, 0.45 μ m membrane filter로 여과시킨 후 HPLC로 폴리페놀 화합물의 함량을 측정하였으며, 이때 HPLC 분석 조건은 다음과 같다. 칼럼: YMC-Pack Pro C₁₈ column(5 μ m, 46 \times 250 mm, YMC Inc., USA), 용매 : 용매 A(0.05% H₃PO₄ in H₂O) & 용매 B(CH₃CN : H₂O : MeOH = 1 : 1 : 1.15, v/v/v) (linear gradient elution from A to B for 65 min), 유속 : 0.8 mL/min, 주입량 : 10 μ L, 검출기 : 자외선(UV_{290, 310, 350 nm}). 한편, HPLC로 분리된 각 폴리페놀 화합물의 peak (Fig. 2)는 진보(Kim *et al* 2010)에서 오디로부터 분리 및 정제한 표준물질 폴리페놀 화합물의 retention time과 비교하여 확인하였으며, 표준물질을 이용하여 작성한 검량곡선으로부터 품종별 오디즙의 각 폴리페놀 화합물의 함량을 계산하였다.

6) GABA 함량 측정

뽕나무 품종별 오디즙의 GABA의 함량은 아미노산 분석기 (Biochrom 30, Biochrom, UK)를 이용하여 다음과 같이 측정하였다. 오디즙 10 mL를 감압 농축한 후 20 mL 70% 에탄올 수용액으로 용해시키고, 냉장고에서 하룻밤 방치한 후 침전하는 침전물을 원심분리(10,000 rpm, 10분)하여 제거한 다음, 상등액을 다시 농축한 후 10 mL 초순수로 용해시키고 최종 여과(PVDF syringe filter, USA)하여 아미노산분석기를 사용하여 GABA 함량을 측정하였다(Fig. 3).

7) DNJ 함량 측정

뽕나무 품종별 오디 DNJ의 함량은 Kim *et al* 방법(2003)을 약간 변형하여 DNJ를 FMOC-Cl로 유도화시킨 후 HPLC로 다음과 같이 측정하였다. 오디즙 5 mL를 감압 농축한 후 60% CH₃CN 수용액 10 mL로 용해시키고, 냉장고에서 하룻밤 방치한 다음, 침전물을 원심 분리(3,000 rpm, 10분)한 후 얻어진 상층액을 감압 농축하였다. 농축물을 다시 2.5 mL 초순수로 용해시킨 후 일부(100 μ L)를 취하여 FMOC-Cl로 DNJ 유도체화를 시킨 후 HPLC로 DNJ 함량을 측정하였으며(Fig. 4), 이때 HPLC 분석 조건은 다음과 같다. 칼럼 : YMC-Pack Pro C₁₈ column(5 μ m, 46 \times 250 mm, YMC Inc., USA), 용매 : 용매 A(H₂O) & 용매 D(100% MeOH)(linear gradient elution from A to D for 30 min), 유속 : 1.0 mL/min, 주입량 : 10

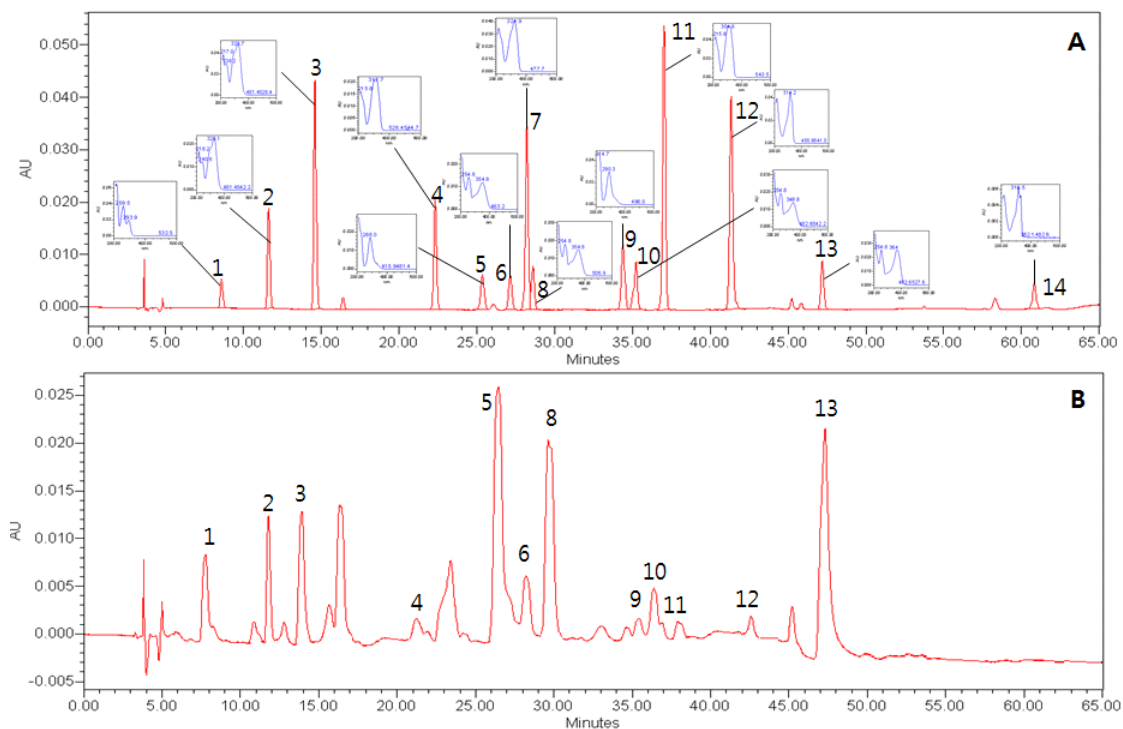


Fig. 2. HPLC profiles of fourteen polyphenolic standards(A) and the juice(B) of mulberry fruits.
 1 : protocatechuic acid, 2: chlorogenic acid, 3: caffeic acid, 4 : piceid, 5 : dihydroquercetin, 6 : rutin, 7 : rhaponticin.
 8 : isoquercitrin, 9 : dihydrokaempferol, 10 : quercitrin, 11: *trans*-resveratrol, 12: moracin, 13: quercetin, 14 : 4-prenylmoracin.

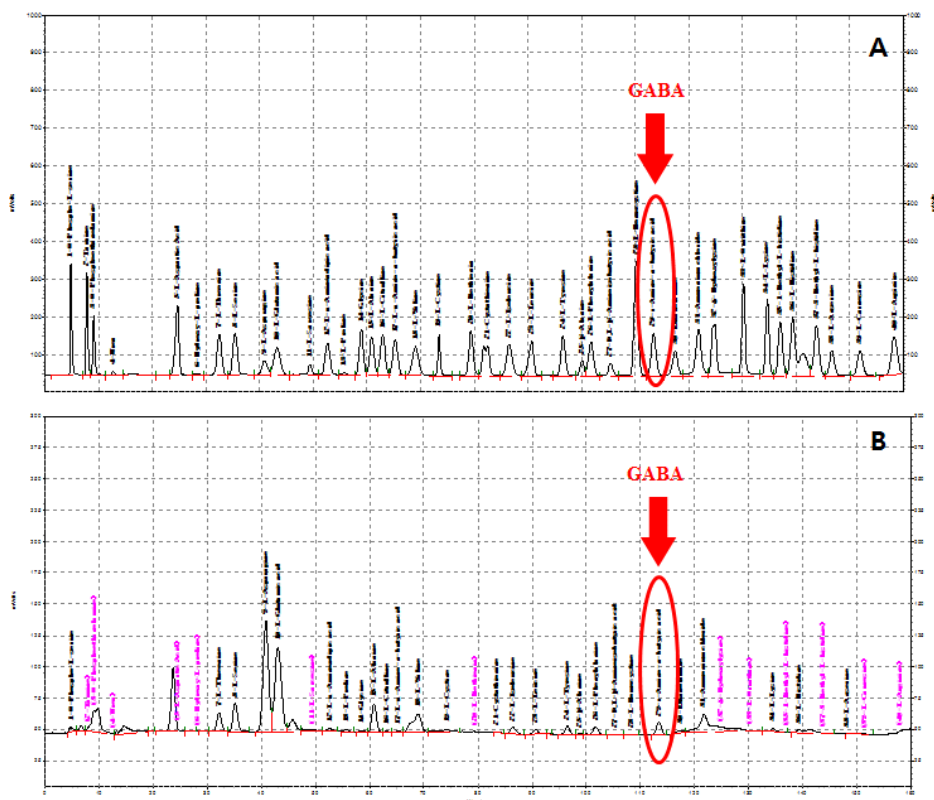


Fig. 3. HPLC profiles of GABA standards(A) and the juice(B) of mulberry fruit.

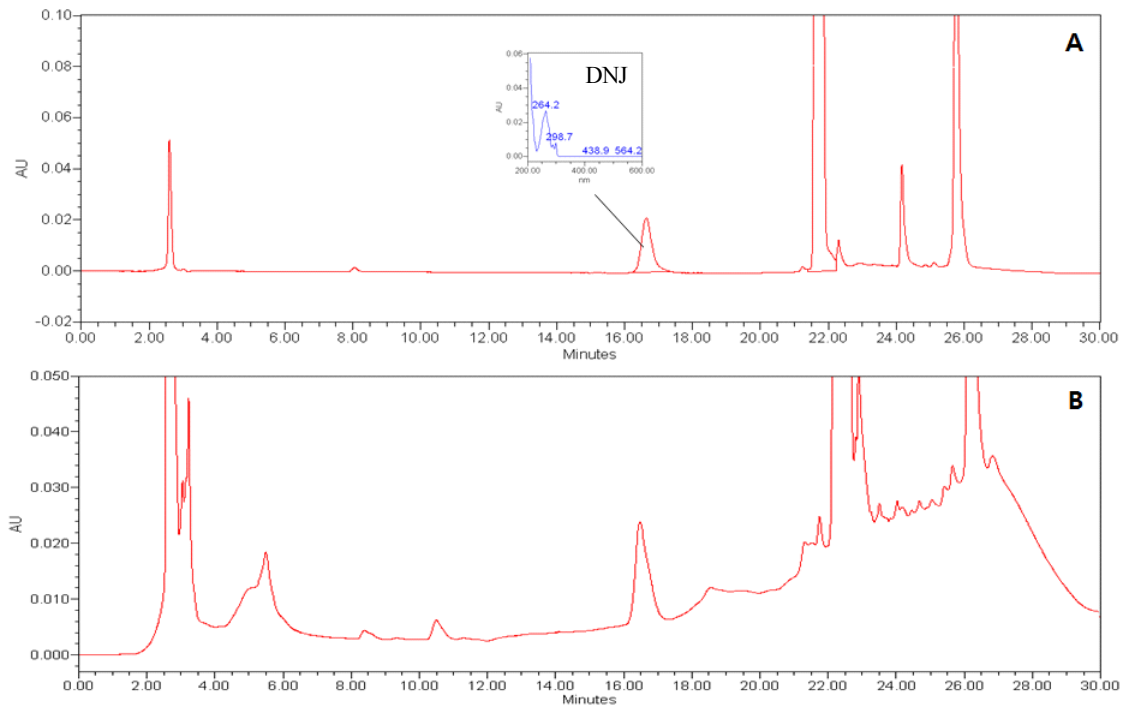


Fig. 4. HPLC profiles of DNJ standard(A) and the juice(B) of mulberry fruit.

μL, 검출기 : 자외선(UV_{254nm}).

8) 통계 처리

모든 실험 결과들은 3회 반복 측정하여 평균±표준편차로 나타내었으며, SAS package(release 8.01)를 이용하여 통계 처리하였다(SAS 1990). 각 시료 data의 유의성 검증은 일원 분산분석(ANOVA)을 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 다중 범위 검증(Duncan's multiple range test)을 실시하여 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 이화학적 품질 특성 비교

4가지 뽕나무 품종별 오디즙의 이화학적 품질 특성 조사한 결과는 Table 1과 같다. 먼저 과실의 중량을 보면 대성뽕 오디가 6.53 g으로 가장 무거웠으며, 그 다음으로 과상 2호(5.68 g) > 익수뽕(5.02 g) > 청일뽕(3.12 g) 순으로 나타났다. 다음, pH는 모두 5.0 부근으로 나타났으나, 청일뽕 오디즙(pH 5.10)이 다소 높게 나타났다. 산도는 대성뽕 오디즙이 0.35%로 가장 높았으며, 그 다음으로 익수뽕(0.29%) > 청일뽕(0.28%) > 과상2호(0.26%) 오디즙 순으로 낮게 나타났다. 당도는 청일뽕 오디즙이 12.0 °Brix으로 가장 높았으며, 그 다음으로

Table 1. Physicochemical characteristics of four different mulberry(*Morus alba* L.) fruits

Cultivar	Weight(g)	Physicochemical characteristics					
		pH	TA ¹⁾	SSC ²⁾	Color value ³⁾		
					L	a	b
Iksu	5.02±0.20 ^c	4.90±0.32 ^{ab}	0.29±0.10 ^b	10.5±0.5 ^b	77.94±0.13 ^b	15.35±0.01 ^a	4.52±0.02 ^c
Daeseong	6.53±0.48 ^a	4.86±0.29 ^b	0.35±0.12 ^a	7.5±0.5 ^c	79.91±0.30 ^a	14.64±0.01 ^c	4.60±0.01 ^b
Cheongil	3.12±0.12 ^d	5.10±0.20 ^a	0.28±0.11 ^b	12.0±0.5 ^a	73.82±0.27 ^c	14.08±0.04 ^d	12.99±0.03 ^a
Gwasang	5.68±0.36 ^b	5.06±0.21 ^a	0.26±0.10 ^c	10.0±0.5 ^b	68.73±0.05 ^d	14.87±0.02 ^b	4.38±0.03 ^d

Values are mean±S.D(n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p < 0.05$.

¹⁾ TA : titratable acidity (%) as citric acid.

²⁾ SSC : soluble solid content (°Brix)

³⁾ Color value represents colorimetry of 20 time diluted solution of squeezed mulberry juice.

익수뽕(10.5 °Brix) > 과상2호(10.0 °Brix) > 대성뽕(7.5 °Brix) 순으로 낮았다. 마지막으로 색도를 보면 밝기를 나타내는 L (lightness)값은 대성뽕 오디즙(79.91)이 가장 높았으며, 그 다음으로 익수뽕(77.94) > 청일뽕(73.82) > 과상 2호(68.73) 순으로 나타났다. 적색도를 나타내는 a(redness)값은 익수뽕(15.35) > 과상 2호(14.87) > 대성뽕(14.64) > 청일뽕(14.08) 순으로 낮았으며, 황색도인 b(yellowness)값은 청일뽕 오디즙(12.99)이 가장 높은 반면, 대성뽕(4.60), 익수뽕(4.52) 및 과상 2호(4.38)는 비슷하였다. 이와 같이 오디의 이화학적 품질 특성은 뽕나무 품종에 따라 다소 달랐으며, 4가지 뽕나무 중 대성뽕 오디의 크기가 가장 컸으나 당도가 낮고 산도가 높았으며, 색도의 밝기가 높아 생오디, 오디즙, 및 오디주스와 같이 1차 오디가공품의 원료로서는 부적합할 것으로 생각된다. 반면, 청일뽕 오디는 과실의 크기는 작지만 당도가 가장 높았고, 산도가 어느 정도 높았으며, 과즙이 풍부하여 생오디로써 뿐만 아니라 과즙을 착즙하여 생산하는 오디즙 및 오디주스의 원료로서 적절할 것으로 판단된다. 마지막으로 익수뽕 오디는 크기는 5.02 g, pH는 4.90, 산도는 0.29%, 당도는 10.5 °Brix, 색도의 L치 77.94로서 대체로 대성뽕과 청일뽕 오디의 중간적인 이화학적 품질 특성을 지니고 있었다. Kim *et al*(2010) 및 Sung *et al*(2012)은 뽕나무 품종별 오디의 이화학적 품질 특성은 품종, 재배, 토양, 기후, 가공 및 저장조건에 따라 상당한 차이가 있으며, 특히 같은 품종이라 하더라도 재배하는 지역과 위치 및 시비에 따라 차이가 있음을 보고한 바가 있다. 한편, 오디와 같은 베리류 과실에 속하는 블루베리(blueberry)와 복분자(raspberry)의 당도 및 산도와 비교하면, 오디는 블루베리보다 당도와 산도가 다소 낮음을 알 수 있었다(Kim *et al* 2004, Cho *et al* 2010). 그러나 최근 오디 크기는 중대형이며, 당도가 높고 생산량이 많은 대자뽕, 대봉뽕, 수홍뽕, 심홍뽕 등의 뽕나무 품종과 크기는 청일뽕 오디보다 크면서 당도가 높은 상촌 및 수향과 같은 우수한 뽕나무 품종이 개발되어 곧 농가에 보급될 예정이다(Sung *et al* 2012).

2. 유리당 및 유기산 함량

오디의 품질척도가 되는 유리당 및 유기산의 함량을 4가지 뽕나무 품종별로 조사한 결과는 Table 2와 같다. 청일뽕 오디즙의 과당 및 포도당 함량(w/v)이 각각 4.99% 및 5.86%로 가장 높았으며, 그 다음으로 과상 2호(3.33 & 4.25%) > 익수(2.89 & 3.49%) > 대성뽕(1.86 & 2.15%) 순으로, 대성뽕 오디의 과당 및 포도당 함량이 가장 낮았다. 이와 같이 오디의 주된 유리당 성분은 포도당과 과당으로 구성되어 있으며, 설탕은 함유되어 있지 않았으며, 뽕나무 품종 중 청일뽕 오디의 유리당 함량이 가장 높은 반면, 대성뽕 오디는 가장 낮은 전보(Kim *et al* 2008, Kim *et al* 2012)의 보고와 유사하였다.

한편, 유기산 함량을 품종별로 측정한 결과, Table 3에서 보는 바와 같이 대성뽕 오디즙의 함량(w/v)을 보면 구연산 308.66 mg%, 사과산 32.84 mg%, 호박산 56.12 mg%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 과상 2호가 각각 212.98, 37.77, 112.24 mg%를 차지하고 있었으며, 익수뽕은 각각 240.83, 12.68, 72.98 mg%를 보였고, 그리고 청일뽕은 193.47, 64.49 및 55.28 mg%로 각각 나타났다. 이와 같이 오디즙의 유기산

Table 2. Levels of free sugars of four different mulberry (*Morus alba* L.) juices

Cultivar	Free sugar(g/100 mL, mulberry juice)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Total
Iksu	2.89±0.10 ^c	3.49±0.22 ^c	ND ¹⁾	6.38±0.16 ^c
Daeseong	1.86±0.16 ^d	2.15±0.15 ^d	ND	4.01±0.15 ^d
Cheongil	4.99±0.22 ^a	5.86±0.31 ^a	ND	10.85±0.27 ^a
Gwasang	3.33±0.13 ^b	4.25±0.25 ^b	ND	7.58±0.20 ^b

Values are mean±S.D(n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ ND : not detected.

Table 3. Levels of organic acids of four different mulberry (*Morus alba* L.) juices

Cultivar	Organic acid(mg/100 mL, mulberry juice)				
	Citric acid	Malic acid	Succinic acid	Oxalic acid	Total
Iksu	240.83±9.10 ^b	12.68±3.95 ^c	72.98±2.30 ^b	ND ¹⁾	326.49±4.39 ^c
Daeseong	308.66±11.56 ^a	32.84±5.78 ^b	56.12±3.02 ^c	ND	397.62±5.85 ^a
Cheongil	193.47±7.56 ^c	64.49±4.01 ^a	55.28±1.32 ^c	ND	313.24±5.34 ^c
Gwasang	212.98±8.24 ^c	37.77±5.02 ^b	112.24±3.49 ^a	ND	362.99±4.51 ^b

Values are mean±S.D(n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ ND : not detected.

은 유리당과 유사하게 품종별 큰 차이를 보였으며, 오디의 주된 유기산은 구연산과 사과산으로 구성되어 있다는 전보(Kim *et al* 2008, Kim *et al* 2012)와 비교해서 품종에 따라 다소 차이가 있지만, 호박산이 사과산보다 다소 많이 함유되어 있음을 알 수 있었다. 그리고 과실의 당산비(당/산)는 과실주스의 중요한 품질 지표로서 보통 30~40치를 나타내는 것이 소비자의 기호에 적절하다고 알려져 있으며(Kim *et al*, 2004), 특히 유리당 성분 중 설탕을 함유한 과실이, 그리고 유기산은 구연산, 사과산 및 호박산을 골고루 함유한 과실이 좋은 기호성을 갖는 것으로 보고(Oh *et al* 2008)된 것을 미루어 볼 때 오디는 품종에 따라 다소 다르지만 당도 및 산도면에서 다른 베리류 과실인 복분자(당산비=15~20)나 블랙베리(당산비=5~10)보다 좋은 기호성을 갖고 있음을 알 수 있었다.

3. 안토시아닌 색소 함량

오디의 주된 기능성 지표 성분이며, 항산화 물질인 안토시아닌 색소의 함량을 품종별로 조사한 결과는 Table 4와 같다. 먼저 모든 품종에서 오디의 2가지 안토시아닌 색소(C3G & C3R)를 확인하였으며, 과상 2호 오디즙의 C3G 및 C3R 함량(w/v)이 각각 35.16 및 46.78 mg%로서 가장 높았으며, 그 다음으로 대성뽕(23.99 및 26.86 mg%) > 익수뽕(20.12 및 18.54 mg%) > 청일뽕(18.35 및 10.68 mg%) 순으로 낮았다. 이와 같이 오디의 anthocyanin 함량은 뽕나무 품종에 따라 다소 차이가 있었으며, 오디 크기가 큰 과상 2호 및 대성뽕 anthocyanin 함량이 높은 반면, 오디 크기가 가장 작은 청일뽕 오디의 색소 함량이 가장 낮았다. 이러한 뽕나무 품종별 오디의 안토시아닌 함량은 Lee *et al*(2004) 및 Kim *et al*(2010)의 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었으나, 대성뽕의 monomeric anthocyanin 및 anthocyanin 구성 성분의 함량이 다른 오디 품종보다 높다는 전보(Kim *et al* 2010)의 연구 결과와 다소 차이가 있었다. 이는 오디의 안토시아닌 색소의 함량 및 구성 성분 조성이 뽕나무 품종에 따라 다르며, 특히 기후 및 재배 조건에 따라 크게 차이가 날 수 있다는 보고(Park *et al* 1997)를 뒷받침해준다. 최근 오디의 안토시아닌 색소는 토코페놀보다 높은 항산화력을 지니고 있으며, 당뇨병, 시력 개선, 만성퇴행성질환 등에 효능을 지닌 생리활성물질로서 크게 주목을 받고 있으며(Tsuda *et al* 1996, Song *et al* 2009), 특히 오디의 안토시아닌 C3G 함량은 포도, 흑콩, 및 흑미 색소보다 아주 높은 것으로 알려져 있다(Park *et al* 1997).

4. 폴리페놀 화합물 함량

오디의 항암, 항당뇨, 항고혈압, 항염증, 항노화 및 항산화성 생리적 지표물질이며, 오디 생과 및 오디 가공품의 가공 및 저장 중 품질 변화의 주요 인자로서 중요한 폴리페놀 화합물

Table 4. Levels of two anthocyanins of four different mulberry(*Morus alba* L.) juices

Cultivar	Anthocyanin(mg/100 mL, mulberry juice)		
	Cyanidin 3-glucoside	Cyanidin 3-rutinoside	Total
Iksu	20.12±1.38 ^b	18.54±0.98 ^c	38.66±1.21 ^c
Daeseong	23.99±2.14 ^b	26.86±1.85 ^b	50.85±1.93 ^b
Cheongil	18.35±1.20 ^c	10.68±1.14 ^d	29.03±1.12 ^d
Gwasang	35.16±0.92 ^a	46.78±1.30 ^a	81.94±1.13 ^a

Values are mean±S.D(n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p < 0.05$.

(Lee *et al* 2004, Song *et al* 2009)의 함량을 품종별로 측정된 결과는 Table 5와 같다. 먼저 4가지 뽕나무 품종 중 대성뽕 오디즙은 오디의 주된 생리활성물질이며, 항고혈압, 항노화 및 항산화성 플라보노이드 성분인 dihydroquercetin(DQ) 34.96 ppm, dihydro-kaempferol(DK) 0.65 ppm, quercitrin(QC) 3.27 ppm으로 가장 높았으며, 아울러 항암, 항고혈압, 항염증 및 항산화성분으로 잘 알려진 resveratrol 유도체(piceid 2.35 ppm 및 resveratrol 0.25 ppm)와 다른 베리류 과실에서는 존재하지 않은 항당뇨 성분인 moracin(MC) 성분(Zhang *et al* 2009)이 0.34 ppm으로 가장 높게 함유하고 있었다. 반면, 과상 2호는 DK 0.77 ppm, *t*-RT 0.51 ppm 및 QT 24.07 ppm으로 가장 높았고, 익수뽕 오디즙은 플라보노이드 중 rutin 함량이 1.59 ppm로 가장 높았다. 마지막으로 청일뽕 오디즙은 항암 및 항산화 성분이며, 오디 가공 중 효소적 갈변의 주역을 담당하는 protocatechuic acid(PC) 7.29 ppm, chlorogenic acid(CG) 0.85 ppm 및 caffeic acid(CA) 1.64 ppm으로 가장 높게 함유하고 있었으나, 그 외 플라보노이드(DQ, DK, QT) 함량은 익수뽕보다 낮았다. 이와 같이 4가지 뽕나무 중 대성뽕 오디는 앞서 조사한 바와 같이 비록 당도가 낮아 기호성이 떨어지나, 항암, 항당뇨, 항고혈압, 항염증 및 항산화성 생리활성물질(flavonoid, resveratrol 및 moracin 유도체)을 많이 함유하고 있어 기능성 소재로서 사용할 수 있으며, 특히 피부 콜라겐 합성을 저해하는 collagenase 및 멜라닌 색소의 합성을 촉진하는 tyrosinase 저해제로서 작용하는 DQ 성분(Tarahovsky *et al* 2007, An *et al* 2008)이 지금까지 알려진 오디의 항고혈압성 주된 생리활성물질인 rutin보다 많이 함유하고 있어, 이를 이용한 새로운 가공식품 및 발효식품의 개발이 필요하다. 또한, 대성뽕 및 과상 2호 오디즙은 항암, 항고혈압 및 항염증 성분 뿐 아니라, 식물성 에스트로젠 성분으로 특히 최근 인간의 수명연장 효능이 있는 것으로 보고된 resveratrol 성분을 많이 함유하고 있어 포도 와인과 같이 기능성 오디 와인으로 개발

Table 5. Levels of polyphenolic compounds of four different mulberry(*Morus alba* L.) juices

Cultivar	Polyphenolic compound(ppm, mulberry juice)											
	PC ¹⁾	CL ²⁾	CA ³⁾	PD ⁴⁾	DQ ⁵⁾	DK ⁶⁾	RT ⁷⁾	IQ ⁸⁾	QC ⁹⁾	t-RT ¹⁰⁾	MC ¹¹⁾	QT ¹²⁾
Iksu	2.91±0.13 ^d	0.36±0.10 ^c	0.72±0.15 ^b	1.27±0.11 ^b	33.28±1.92 ^a	0.48±0.11 ^c	1.59±0.21 ^a	5.95±0.34 ^b	1.22±0.10 ^e	0.19±0.03 ^b	ND ¹³⁾	6.65±0.42 ^c
Daeseong	3.53±0.20 ^c	0.68±0.12 ^b	0.78±0.16 ^b	2.35±0.18 ^a	34.96±1.24 ^a	0.65±0.15 ^b	1.05±0.18 ^b	5.63±0.24 ^b	3.27±0.25 ^a	0.25±0.05 ^b	0.34±0.08 ^a	10.47±0.62 ^b
Cheongil	7.29±0.38 ^a	0.85±0.19 ^a	1.64±0.21 ^a	2.25±0.15 ^a	5.90±0.23 ^b	0.45±0.14 ^c	ND	8.08±0.42 ^a	1.65±0.23 ^b	0.20±0.04 ^b	0.14±0.02 ^b	3.41±0.20 ^d
Gwasang	5.74±0.29 ^b	0.36±0.03 ^c	1.57±0.18 ^a	0.31±0.05 ^c	5.87±0.15 ^b	0.77±0.23 ^a	0.15±0.04 ^c	2.95±0.14 ^c	0.52±0.12 ^d	0.51±0.04 ^a	0.07±0.02 ^c	24.07±0.84 ^a

Values are mean±S.D(n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ PC : protocatechuic acid, ²⁾ CL : chlorogenic acid, ³⁾ CA : caffeic acid, ⁴⁾ PD : piceid, ⁵⁾ DQ : dihydroquercetin.

⁶⁾ DK : dihydrokaempferol, ⁷⁾ RT : rutin, ⁸⁾ IQ : isoquercitrin, ⁹⁾ QC : quercitrin, ¹⁰⁾ t-RT : trans-resveratrol.

¹¹⁾ MC : moracin, ¹²⁾ QT: quercetin. ¹³⁾ ND : not detected.

할 가치가 크다고 생각된다(Dudley *et al* 2008, Zou *et al* 2009). 또한 청일뽕 오디는 flavonoid 및 resveratrol 성분의 함량은 낮지만, 항암 및 항산화성 시남산유도체(CG & CA)를 많이 함유하고 있으며, 익수뽕 오디는 시남산 및 레스베라트롤의 함량은 다른 품종에 비해 낮지만, 플라보노이드 함량은 대성뽕 못지 않게 많이 함유하고 있음을 알 수 있었다. 이와 같이 오디즙의 폴리페놀 화합물의 조성 및 함량은 뽕나무 품종에 따라 차이가 있음을 알 수 있었고, 비록 품종에 따라 다르지만 특히 DQ 및 MC와 같은 기능성 폴리페놀 화합물이 오디즙에 많이 함유되어 있다는 사실을 미루어 보아, 이들 기능성물질을 오디즙의 품질 척도 지표성분으로 사용할 수 있지 않나 생각된다.

5. GABA 및 DNJ 함량

뽕나무 품종별로 항치매, 항고혈압 및 항당뇨성 생리활성 물질인 GABA 함량을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 뽕나무 품종 중 대성뽕 오디즙의 GABA 함량이 9.87 mg%으로 가장 높았으며, 그 다음으로 과상2호(8.79 mg%) > 익수뽕(8.04 mg%) > 청일뽕(6.62 mg%) 순으로 낮았다. GABA는 여러 인체조직에서 생성되는 신경활성형 비단백태 아미노산 일종으로서 뇌조직 혈류의 흐름을 촉진시키는 신경안정제로서 뿐만 아니라, 이노 및 혈압을 억제하는 항고혈압성 생리활성물질로서 잘 알려져 있다(Watanabe *et al* 2002). Kim *et al*(1999) 및 Kim *et al*(2010)은 오디의 GABA 함량은 품종 및 재배지역에 따라 함량 차이가 있음을 보고한 바가 있다.

한편, 항당뇨 성분인 DNJ 함량을 뽕나무 품종별로 조사한 결과는 Table 6과 같다. 뽕나무 품종 중 청일뽕 오디즙의 DNJ 함량이 16.14 mg%으로 가장 높았으며, 그 다음으로 대성뽕(7.35 mg%) > 과상2호(3.35 mg%) > 익수뽕(2.79 mg%) 순으로 낮았다. DNJ는 포도당 유사 알칼로이드 화합물로서 소장 에서 당의 최종 소화 과정을 촉매하는 효소인 α -glucosidase

강력 저해제로서 혈당을 감소시키는 항당뇨 효능이 있어, 미국에서는 혈당 강하제로 FDA 허가를 받아 시판되고 있다(Kimura *et al* 2004). 국내에서도 DNJ를 다량 함유한 누에분말이 항당뇨 효능이 있는 것으로 밝혀지면서 2009년 식약청으로부터 건강기능식품으로 인정되어 시판되고 있다(KFDA, 2012). 따라서 비록 오디의 DNJ 함량이 누에, 상업 및 상백피보다 낮지만(Asano *et al* 2001), 오디의 항당뇨 작용에 일부 관여함을 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 오디즙의 이화학적 품질 특성 및 기능성 성분의 함량 및 조성은 뽕나무 품종에 따라 다소 차이가 있으며, 당도가 좋은 청일뽕은 오디즙 및 오디주스용 품종으로 개발하고, 기능성 물질이 많이 함유된 대성뽕은 기능성 소재 및 식품용으로 개발하는 것이 필요하며, 아울러 안토시아닌 및 플라보노이드와 같은 폴리페놀 화합물과 GABA 및 DNJ 등의 오디의 기능성 지표 성분 분석은 향후

Table 6. Levels of γ -aminobutyric acid(GABA) and 1-deoxynojirimycin(DNJ) of four different mulberry(*Morus alba* L.) juices

Cultivar	Content (mg/100 mL, mulberry juice)	
	GABA ¹⁾	DNJ ²⁾
Iksu	8.04±0.56 ^b	2.79±0.24 ^c
Daeseong	9.87±0.82 ^a	7.35±0.55 ^b
Cheongil	6.62±0.43 ^c	16.14±0.88 ^a
Gwasang	8.79±0.73 ^b	3.35±0.25 ^c

Values are mean±S.D. (n=3).

Means with the different superscript letter in column are significantly different at $p<0.05$.

¹⁾ γ -Aminobutyric acid

²⁾ 1-Deoxynojirimycin.

오디즙의 표준화, 규격화 및 과학화를 위한 품질 관리 체계 확립에 도움이 될 것으로 생각된다.

요약 및 결론

국내에서 생산되는 대표적인 4가지 뽕나무(*Morus alba* L.) 품종별 오디즙의 이화학적 품질 특성 및 기능성 성분의 함량을 측정된 결과는 다음과 같다. 과실의 중량은 대성뽕이 가장 컸으나 당도는 가장 낮았던 반면, 청일뽕은 과실은 작으나 당도가 높고 산도가 적절하였으며, 익수뽕은 당도 및 산도가 대성뽕 및 청일뽕의 중간적인 특성을 갖고 있었다. 다음, 품종별 오디즙의 유리당 함량은 청일뽕이 가장 높았으며 (과당: 4.99%, 포도당: 5.86%), 유기산 함량은 대성뽕이 가장 높았다(구연산 : 308.66 mg%, 사과산 : 32.84 mg%, 호박산 : 56.12 mg%). 한편, 오디즙의 두 가지 안토시아닌 색소 함량은 과상 2호가 C3G(35.16 mg%), C3R(46.78 mg%)로 가장 높았으며, 그 다음으로 대성뽕(23.99 & 26.86 mg%) > 익수뽕(20.12 & 18.54 mg%) > 청일뽕(18.35 & 10.68 mg%) 순으로 낮았다. 오디즙의 폴리페놀 화합물의 함량을 품종별로 보면, 대성뽕이 resveratrols(PD : 2.35 ppm, *t*-RT : 0.25 ppm), flavonoids(DQ : 34.96 ppm, DK : 0.65 ppm, QC : 3.27 ppm, QT : 10.47 ppm) 및 moracin(0.34 ppm) 함량이 가장 높았으며, 반면 과상 2호는 DK(0.77 ppm), *t*-RT(0.51 ppm) 및 QT(24.07 ppm) 함량이, 익수뽕은 RT(1.59 ppm)가, 그리고 청일뽕은 CA(1.64 mg/L) 및 IQ(8.08 mg/L) 함량이 높았다. 마지막으로 뽕나무 품종별 오디즙의 GABA 함량은 대성뽕 오디즙이 9.87 mg%로 가장 높았으며, 그 다음으로 과상 2호(8.79 mg%) > 익수뽕(8.04 mg%) > 청일뽕(6.62 mg%) 순으로 낮았다. 다음, DNJ 함량은 청일뽕 오디즙이 16.14 mg%로 가장 높았으며, 그 다음으로 대성뽕(7.35 mg%) > 과상 2호(3.35 mg%) > 익수뽕(2.79 mg%) 순으로 낮았다.

이러한 결과를 종합해 볼 때 4가지 뽕나무 품종 중 청일뽕, 과상 2호 및 익수뽕 오디즙은 당도가 높고 색소 함량이 많아 오디생과나 오디즙 및 오디주스 제조 원료로 적합하며, 반면 대성뽕은 비록 오디즙의 당도가 낮고 산도가 높아 기호성이 낮지만 항암, 항고혈압, 항염증, 항당뇨 및 항산화성 resveratrol, flavonoid 및 moracin 화합물을 많이 함유하고 있어 기능성 소재로 적합하다고 생각된다. 본 연구는 오디즙을 이용한 고품질의 가공식품 및 기능성 식품을 제조하기에 앞서 뽕나무 품종별 오디의 이화학적 특성을 이해하고, 나아가 오디즙의 규격화, 표준화 및 과학화를 위한 지표 성분의 분석에 기초 자료로서 활용할 가치가 크다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 지역연구산업육성사업(RIS)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문헌

- An SM, Kim HJ, Kim JE, Boo YC (2008) Flavonoids, taxifolin and luteolin attenuate cellular melanogenesis despite increasing tyrosinase protein levels. *Phytother Res* 22: 1200-1207.
- Asano N, Yamashita T, Yasuda K, Ikeda K, Kizu H, Kameda Y, Kato A, Nash RJ, Lee HS, Ryu KS (2001) Polyhydroxylated alkaloids isolated from mulberry trees (*Morus alba* L.) and silkworms (*Bombyx mori* L.). *J Agric Food Chem* 49: 4208-4213.
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW (2010) Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 319-323.
- Dudley JI, Lekli I, Mukherjee S, Das M, Bertelli AA, Das DK (2008) Does white wine quality for French paradox comparison of the cardioprotective effects of red and white wines and their constituents: resveratrol, tyrosol, and hydroxytyrosol. *J Agric Food Chem* 56: 9362-9373.
- Hur J (1994) Dongeubogam Dongeuhak Institute. Ryogang Pub. Co., Seoul. pp 2803-2805.
- Isabelle M, Lee BL, Ong CN, Liu X, Huang D (2008) Peroxyl radical scavenging capacity, polyphenolics and lipophilic antioxidant profiles of mulberry fruits cultivated in southern China. *J Agric Food Chem* 56: 9410-9416.
- Jeong PH, Kim YS, Shin DH (2006) Changes of physicochemical characteristics of *Schizandra chinensis* during postharvest ripening at various temperature. *Korean J Food Sci Technol* 38: 469-474.
- Kim EO, Lee YJ, Lee HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW (2010) Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberry fruits from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1467-1475.
- Kim HB (2000) Sensory characteristics of mulberry fruit jam and wine. *Korean J Seric Sci* 42: 73-77.
- Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB (1999) Chemical characteristics of mulberry syncarp. *Korean J Seric Sci* 41: 123-128.
- Kim HB, Kim JB, Kim SL (2005) Varietal analysis and quantification of resveratrol in mulberry fruits. *Korean J Seric*

- Sci* 47: 51-55.
- Kim IS, Lee JY, Moon SO, Rhee SJ, Yun KS, Choi SW (2004) Preparation of mulberry juice using minimally processing technology. *J Korean Food Sci Technol* 36: 321-328.
- Kim JW, Kim SU, Lee HS, Kim IS, Ahn MY, Ryu KS (2003) Determination of 1-deoxynojirimycin in *Morus alba* L. leaves by derivatization with 9-fluorenyl-methyl chloroformate followed by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr A* 1002: 1611-1617.
- Kim SK (1991) Beneficial medicine, mulberry fruit. Younglimsa, Seoul. pp 598-599.
- Kim SY, Park KJ, Lee WC (1998) Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. *Korean J Med Crop Sci* 6: 204-209.
- Kim TY, Kwon YB (1996) A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean J Seric Sci* 38: 100-107.
- Kim YS, Jeong DY, Shin DH (2008) Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry (*Morus alba*) wine. *Korean J Food Sci Technol* 40: 63-69.
- Kimura T, Nakagawa K, Saito Y, Yamagishi K, Suzuki M, Yamaki K, Shinmoto H, Miyazawa T (2004) Determination of 1-deoxynojirimycin in mulberry leaves using hydrophilic interaction chromatography with evaporative light scattering detection. *J Agric Food Chem* 52: 1415-1418.
- Korean Food and Drug Administration (2012) Functional Ingredients and Products Approved for Health Claims Individually. Seoul, p 10.
- Lee HW, Shin DH, Lee WC (1998) Morphological and chemical characteristics of mulberry (*Morus*) fruit with varieties. *Korean J Seric Sci* 40: 1-7.
- Lee JY, Moon SO, Kwon YJ, Lee SJ, Choi SW (2004) Identification and quantification of anthocyanins and flavonoids in mulberry (*Morus* sp.) cultivars. *Food Sci Biotechnol* 13: 176-184.
- Lee SJ (1999) Korean Folk Medicine. Seoul Nat'l Univ Press, Seoul. pp 90-92.
- Lim MJ, Bae YI, Jeong CH, Cho BR, Choi JS (2007) Phytochemical components of mulberry leaf tea by different roasting processes. *J Agric Life Sci* 41: 17-24.
- Oh HH, Hwang KT, Kim MY, Lee HW, Kim SZ (2008) Chemical characteristics of raspberry and blackberry fruits produced in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 738-743.
- Park JH, Hong SI, Jeong MC, Kim DM (2013) Quality characteristics and changes in mulberry (*Morus alba* L.) depending on their maturity during distribution. *Korean J Food Preserv* 20: 304-316.
- Park SW, Jung YS, Ko KC (1997) Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. *J Korean Soc Hort Sci* 38: 722-724.
- Song W, Wang HJ, Bucheli P, Zhang PF, Wei DZ, Lu YH (2009) Phytochemical profiles of different mulberry (*Morus* sp.) species from China. *J Agric Food Chem* 57: 9133-9140.
- Sung GB, Kim HB, Kang PD, Kim KY, Ji SD (2012) Characteristics of mulberry cultivar "Sangberry" (*Morus alba* L.) for fruit production. *J Seric Entomol Sci* 50: 171-177.
- Tarahovsky YS, Selezneva II, Vasilieva NA, Egorochkin MA, Kim YA (2007) Acceleration of fibril formation and thermal stabilization of collagen fibrils in the presence of taxifolin (dihydroquercetin). *Bull Exp Biol Med* 144: 791-794.
- Tsuda T, Shiga K, Ohshima K, Kawakishi S, Osawa T (1996) Inhibition of lipid peroxidation and the active oxygen radical scavenging effect of anthocyanin pigments isolated from *Phaseolus vulgaris* L. *Biochem Pharmacol* 20: 933-956.
- Watanabe M, Maemura K, Kanbara K, Tamayama T, Hayasaki H (2002) GABA and GABA receptors in the central nervous system and other organs. *Inter Rev Cytol* 213: 1-47.
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W (1999) The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem* 64: 555-559.
- Zou S, Carey JR, Liedo P, Ingram DK, Müller HG, Wang JL, Yao F, Yu B, Zhou A (2009) The prolongevity effect of resveratrol depends on dietary composition and calorie intake in a tephritid fruit fly. *Exp Gerontol* 44: 472-476.
- Zhang M, Chen M, Zhang HQ, Sun S, Xia B, Wu FH (2009) *In vivo* hypoglycemic effects of phenolics from the root bark of *Morus alba*. *Fitoterapia* 80: 475-477.

접 수: 2013년 10월 24일
 최종수정: 2013년 11월 25일
 채 택: 2013년 12월 28일