

## 충북 신품종 오디 ‘청수’의 영양성분 및 생리활성 분석

이아름 · 박재호 · 노재관 · 김영호 · 허윤선 · 홍의연 · <sup>†</sup>엄현주  
충북농업기술원

### Nutritional Compositions and Physiological Activities of Chungbuk New Mulberry Cultivar ‘Cheongsu’

A Reum Lee, Jae-Ho Park, Jae-Gwan Noh, Youngho Kim, Yoon Sun Huh, Eui Yon Hong and <sup>†</sup>Hyun-Ju Eom  
*Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea*

#### Abstract

Mulberry (*oddi*) is one of the most popular functional foods with many physiological components. This study investigated and compared the nutritional compositions and physiological activities of four mulberry fruits from *Morus alba* L. including Cheongilppong, Iksuppong, Suwonppong and Cheongsuppong (a new cultivar from Chungcheongbuk-do). To analyze the nutrient contents, mulberry fruits were freeze-dried. The results showed that the proximate compositions of the four mulberry cultivars ranged from 9.61~14.11% for moisture, 8.28~11.90% for crude protein, 3.70~4.86% for crude ash, 4.28~5.54% for crude lipid and 7.46~10.78% for crude fiber. The above proximate contents of mulberry cultivars were not significantly different. However, Cheongsuppong had the highest content of reducing sugar, 74.7%. Cheongsuppong and Iksuppong showed higher contents of total polyphenol and anthocyanin than other mulberry cultivars, while all mulberry cultivars showed high antioxidant activities. Hypoglycemic effect had a slightly higher level in Suwonppong and Cheongsuppong than in the other samples. Taken together, the new cultivar “Cheongsu” *oddi* can be suggested as a potential source of functional food.

Key word: *oddi*, mulberry, nutritional composition, antioxidant activity, hypoglycemic effect

#### 서 론

오디(mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로서 5월부터 6월에 걸쳐 생산된다. 과실의 색이 검은색 또는 자홍색을 띠고 있으며, 채취하여 식용하거나 건조한 후 한약제로 사용하고 있다(Kim SK 1994).

오디는 당, 유기산뿐만 아니라 다량의 안토시아닌 색소를 함유하고 있어 생과 이외에도 마말레이드, 잼, 주스 및 술 등의 가공식품과 더불어 천연 염료제로서 이용되고 있다(Park 등 1997; Lee 등 1998; Kim 등 1999). 또한, 오디는 flavonoids, deoxynojirimycin, resveratrols, cinnamic acid 및 quercetin 유도체 등의 생리활성 물질을 함유하여 항산화(Kim 등 1998; Shin 등 2005), 항염증(Siemann & Creasy 1992), 항고혈압(Annapurma

등 2009), 항당뇨(Asano 등 1994; Kim 등 1996)의 생리활성을 보이며 의약품 및 기능성 식품의 소재로써 크게 각광을 받고 있다.

오디의 다양한 기능성이 알려지면서 수요가 점차 증가해 2009년도에는 재배면적은 350 ha, 생산량은 4,000톤이었고, 2012년은 생산면적은 1,878 ha, 생산량은 6,160톤에 이르렀으며 점점 증가하고 있다(Statistical Data of Sericultural Industry 2009).

이러한 오디의 기능성을 이용한 가공식품과 그 제조방법에 관한 국내 연구로는 오디초콜릿(Park & Joo 2011), 오디젤리(Kim 등 2007), 오디분말을 첨가한 요구르트(Sung & Choi 2014) 등이 보고되었고, 오디에 포함되어 있는 기능 성분들의 생리활성을 연구한 논문이 많이 보고되었으며(Asano 등 1994; Shin 등 2005), 품종에 따른 영양학적 및 생리활성을 비교분석한 기초적 연구가 일부 진행되었기는 하였으나, 충북 신품

<sup>†</sup> Corresponding author: Hyun-Ju Eom, Chungcheongbukdo Agricultural Research and Extension Services, Cheongju 28130, Korea. Tel: +82-43-220-5692, Fax: +82-43-220-5679, E-mail: hyunjueom@korea.kr

종인 청수는 아직 다른 품종과 비교하여 분석한 논문은 없다.

따라서 본 연구에서는 국내에서 생산된 오디를 이용하여 가공식품을 개발하고 그 이용성을 향상시킬 목적으로 우리나라에서 재배되고 있는 기존 오디품종(청일, 익수, 수원)과 충북의 신품종인 청수를 비교평가하기 위해, 4 품종의 일반 성분과 영양성분 및 생리활성 성분을 분석하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 실험에 사용한 오디(mulberry)는 국내산 품종으로 2014년 충청북도(청일, 청수)와 경상북도(익수, 수원)에서 재배된 것으로 사용하였다. 수확한 오디는 동결건조기(PVTFD-50R, Ilshin lab Co. Ltd., Busan, Korea)에서 건조한 후 가정용 믹서기(Hi-P Poland Sp.z.o.o., Wroclaw, Poland)로 분쇄하였다. 일반성분은 동결건조한 분말로 분석하였고, 총폴리페놀과 총안토시아닌 함량은 동결건조한 분말을 60% ethanol로 3시간 동안 진탕 추출하였고, 원심분리(8,000×g, 20 min)하여 감압여과(Adventec No.2, Adventec, Tokyo, Japan) 후 분석하였으며(항산화활성과 혈당강하능의 경우는 증류수 이용, 나머지 여과 과정은 동일), 아래 모든 분석법에 대하여 3 반복 측정하였다.

### 2. 이화학적 품질특성 측정

오디의 품종별 중량은 무작위로 10개씩 취하여 개별 중량의 평균으로 산출하였으며, 당도는 오디를 파쇄한 후 굴절당도계(Master-α, Atogo, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었으며, 색도 측정은 색차계(CM-3500D, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 시료 5 mL를 취하여 측정된 것의 3회 평균값으로 나타내어 Hunter's scale의 L값(lightness, 명도), a값(redness, 적색도), b값(yellowness, 황색도)을 비교하였다. 이때 백색판의 색도는 L=96.89, a=-0.07, b=-0.18이었다.

### 3. pH 및 총산

pH는 pH meter(Sartorius AG, Gottingen, Germany)를 이용하여 측정하였고, 총산은 시료 10 mL에 1% phenolphthalein 2~3 방울을 넣고 0.1 N NaOH로 미홍색(pH 8.2~8.3)이 될 때까지 적정하였다. 적정에 소비된 NaOH 소비량은 citric acid에 상당하는 유기산 계수를 이용하여 총산으로 환산하여 나타내었다.

### 4. 일반성분 분석

일반성분 함량은 AOAC방법(2005)에 따라 측정하였다. 수분 함량은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Micro-Kjeldahl 법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분의 함량은 550°C 직접회화법을 사용하였고, 조섬유는 Fibertec system M(Tecator Co.,

Hoganas, Sweden)을 이용하여 Henneberg-Stohmann 개량법으로 분석하였다. 탄수화물의 함량은 100에 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 및 조섬유의 함량을 뺀 값으로 정의하였다.

### 5. 환원당

환원당 측정은 Dinitrosalicylic acid(DNS)법(Luchsinger & Cmesky, 1962)을 변형하여 사용하였다. 50배 희석한 시료 200 μL와 DNS 용액 400 μL를 혼합하고, 이 시료를 원심분리(10,000 rpm, 1분)한 뒤, 5분간 끓는 물에 증탕한 후 증류수 1 mL를 첨가하였다. 다시 혼합 후 원심 분리하여 상등액을 분광광도계(Carry UV-Vis spectrophotometer, Agilent Technologies, Santa Clara CA, USA)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 표준물질로 하여 위의 방법과 동일하게 실험하여 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다.

### 6. 총폴리페놀 함량

총폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법(Amerine & Ough 1980)에 따라 시료 0.1 mL, 증류수 8.4 mL, 2 N Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co.) 0.5 mL, 20% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL를 혼합하여 1시간 반응시킨 후 725 nm에서 분광광도계를 통해 흡광도 값을 측정하였다. 페놀화합물 함량은 표준물질인 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로 양을 환산하였고, 추출물 중의 mg gallic acid equivalent(GAE, dry basis)로 나타내었다.

### 7. 총안토시아닌 함량

총안토시아닌 함량은 Chang 등(2013)의 방법을 변형하여 시료를 감압여과(advantec No.2, Tokyo, Japan)하고 희석한 다음 희석액 0.5 mL에 0.2 M sodium acetate buffer(pH 1.0) 4.5 mL를 넣고 파장 520 nm에서 분광광도계를 통해 흡광도를 측정하였다. 안토시아닌 함량은 표준물질로 cyanidin-3-glucoside를 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로 양을 환산하였다.

### 8. DPPH 라디칼 소거활성능

DPPH radical 소거활성은 항산화도 측정방법인 전자 공여능으로 측정하였으며 Blis 방법(1958)에 따랐다. 추출물 0.2 mL에 0.4 mM DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 용액 0.8 mL를 가한 후 10초간 진탕하고 실온에서 10분 방치 후 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능은 시료 첨가구의 흡광도와 대조구 흡광도의 백분율로 나타내었다.

### 9. α-Glucosidase 저해능 분석

오디의 혈당저해능을 알아보기와 α-glucosidase 저해활성

은 Tibbot & Skadsen(1996) 방법을 참고하여 측정하였다. 1.5 mM *p*-nitrophenol- $\alpha$ -D-glucopyranoside(*p*NPG, Sigma Co.) 50  $\mu$ L와 3.5 unit/mL  $\alpha$ -glucosidase 효소액 100  $\mu$ L를 혼합하고, 대조구에는 증류수 50  $\mu$ L와 처리구에는 여과한 시료 50  $\mu$ L를 넣어 발색시켰다. 이때 생성된 *p*-nitrophenol(*p*NP)는 405 nm에서 분광광도계로 흡광도를 측정하여 대조구에 대한 흡광도 감소 정도를 백분율로 표현하였다.

## 10. 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복하였고 Statistical Analysis System (v8.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 통계프로그램을 이용하여 통계분석하였으며, 결과의 유의성을 검정하기 위하여 분산분석(ANOVA)을 행한 후 시료 간 차의 유무를 Duncan's multiple range test로 비교 분석하였다( $P<0.05$ ).

## 결과 및 고찰

### 1. 이화학적 품질 분석

본 실험에서는 국내산 기존 3품종(청일, 익수, 수원)과 충북 신품종 1종(청수)의 습물 중량, 당도, 색도, pH 및 총산을 측정하였다. 4가지 품종의 오디의 무게는 익수가 3.38 g으로 가장 크고 그 다음이 수원 2.57 g, 청일과 청수는 1.13 g, 1.07 g으로 비슷하게 나타났다(Table 1). 당도는 청일 17.17 °Brix,

**Table 1. Comparison of weights, soluble solids contents, pH and total acidity contents of 4 mulberrys cultivars**

Cultivar	Weights (g)	Soluble solid (°Brix)	pH	Total acidity (%)
Cheongil	1.13±0.32 <sup>1)</sup>	17.17±0.06 <sup>a</sup>	5.67±0.01 <sup>a</sup>	0.70±0.05 <sup>b</sup>
Chengsu	1.07±0.33 <sup>c</sup>	15.93±0.06 <sup>b</sup>	5.02±0.02 <sup>b</sup>	1.07±0.03 <sup>a</sup>
Iksu	3.38±0.80 <sup>a</sup>	10.03±0.06 <sup>d</sup>	4.72±0.05 <sup>c</sup>	1.19±0.12 <sup>a</sup>
Suwon	2.57±0.07 <sup>b</sup>	13.47±0.46 <sup>c</sup>	5.66±0.03 <sup>a</sup>	1.06±0.06 <sup>a</sup>

All values represent mean±S.D.

<sup>1)</sup> Means with different letters (a-d) within a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 3. Chemical compositions of 4 mulberry cultivars**

(Unit: %)

Cultivar	Moisture	Crude ash	Crude lipid	Crude protein	Crude fiber	Crude carbohydrate
Cheongil	11.63±0.31 <sup>1)</sup>	3.70±0.12 <sup>c</sup>	4.28±0.78 <sup>a</sup>	8.28±1.03 <sup>b</sup>	10.74±0.27 <sup>a</sup>	61.36±0.06 <sup>a</sup>
Chengsu	9.96±0.19 <sup>c</sup>	3.87±0.09 <sup>c</sup>	4.99±0.6 <sup>a</sup>	8.59±0.92 <sup>b</sup>	9.79±2.03 <sup>a</sup>	62.78±2.09 <sup>a</sup>
Iksu	9.61±0.10 <sup>c</sup>	4.63±0.07 <sup>b</sup>	5.54±1.39 <sup>a</sup>	10.91±0.30 <sup>a</sup>	7.46±2.90 <sup>a</sup>	61.85±4.06 <sup>a</sup>
Suwon	14.11±0.06 <sup>a</sup>	4.86±0.19 <sup>a</sup>	4.31±0.14 <sup>a</sup>	11.90±0.28 <sup>a</sup>	10.78±1.59 <sup>a</sup>	54.03±1.15 <sup>b</sup>

All values represent mean±S.D.

<sup>1)</sup> Means with different letters (a-c) within a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

**Table 2. Comparison of physiochemical properties of 4 mulberrys cultivars**

Cultivar	L-value	a-value	b-value
Cheongil	1.99±0.08 <sup>1)</sup>	0.66±0.04 <sup>c</sup>	-0.83±0.02 <sup>a</sup>
Chengsu	2.76±0.08 <sup>a</sup>	1.36±0.04 <sup>b</sup>	-0.85±0.05 <sup>a</sup>
Iksu	2.02±0.09 <sup>b</sup>	0.51±0.04 <sup>d</sup>	-1.00±0.06 <sup>b</sup>
Suwon	2.74±0.10 <sup>a</sup>	1.44±0.04 <sup>a</sup>	-1.02±0.04 <sup>b</sup>

All values represent mean±S.D.

<sup>1)</sup> Means with different letters (a-d) within a column are significantly different ( $P<0.05$ ).

청수 15.93 °Brix, 익수 10.03 °Brix, 수원 13.47 °Brix로 청일이 가장 높고 익수에서 가장 낮게 나타났다. 이는 Kim 등(1999)의 연구결과 12.25~19.42 °Brix와 비슷하였다. pH와 총산을 측정해 본 결과, pH 4.72~5.67 정도와 총산 0.70~1.19 정도의 수치를 보였다. 일반적으로 오디의 pH는 4.08~4.80 정도로 보고되고 있는데 이보다 약간 높은 수준으로 나타났다(Kim 등 2010). 청일의 경우, 당도가 가장 높고 총산의 함량은 0.70%로 가장 낮아 높은 단맛과 낮은 신맛이 예상되고, 익수의 경우 가장 당도가 낮고 총산의 함량이 1.19%로 높았다. 청수의 경우, 단맛과 신맛이 둘 다 높아 오디주스 등의 가공에 적합하다고 판단된다. 색도 측정 결과는 Table 2에 나타내었고, L값이 1.99~2.76, a값이 0.51~1.44, b값이 -1.02에서 -0.83으로 유의적인 차이를 보였으며, 적색도인 a값이 시료간의 차이가 가장 컸다. 수원이 L값과 a값이 모두 가장 커 밝은 적색을 나타내고, 익수는 Kim 등(2010)의 논문과 같이 여러 품종들 중 낮은 L값과 a값을 가졌다.

### 2. 일반성분 분석

국내산 4품종 오디의 수분, 조회분, 조지방, 조단백질, 조섬유 성분 함량을 분석하였다(Table 3). 오디는 동결 건조 후 마쇄하여 분말형태로 사용하였으며, 일반성분 함량은 모두 % 단위로 나타내었다.

먼저 품종별 오디의 수분 함량은 9.61~14.11% 정도의 수준을 보였고, 그 중 수원이 14.11%로 가장 높았다. 일반적인

생 오디의 수분 함량은 78.5~85.0% 정도인 것에 비해(Kim 등 1999) 동결건조 후 60~70% 정도의 수분이 손실되었다. 조회분 함량은 3.70~4.86% 정도로 품종 별로 유의적인 차이를 보였고, 특히, 수원에 가장 많이 포함되어 있었다. 조지방 함량은 4.28~5.54%의 분포로 나타났고 시료들 간의 큰 차이 없이 비슷하게 측정되었다. 조단백질은 4 품종이 8.28~11.90% 수준을 보이며 익수와 수원이 다른 두 종보다 2~3% 더 높게 함유한다. 조섬유 7.46~10.78%의 값을 나타내며 품종에 따른 유의적 차이를 보이지 않았다. 총탄수화물은 수원이 54.03%로 가장 적었고, 나머지는 청일 61.36%, 청수 62.78%, 익수 63.85%로 비슷한 값을 보였다. 이전에 오디의 일반성분을 분석했던 Kim 등(2010)의 연구와 비교하였을 때, 본 실험에서는 동결 건조하는 과정에서 모든 성분이 농축되어 5~10배 정도 높은 수치를 나타내었다. 일반성분의 종합적 분석결과, 신품종 청수는 높은 당 함량과 낮은 조지방, 조탄수화물, 조섬유 함량을 보이는 것을 알 수 있는데, 이는 오디주스와 오디주 같은 가공식품에 이용이 적절하다고 판단된다(Kim 등 2010).

### 3. 환원당 함량

오디 품종별 환원당 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 오디 4 품종을 동결건조 후 환원당 분석한 결과는 모두 60% 이상으로 많은 당을 포함하고 있으며, 64.0~83.4%로 품종에 따라 유의적인 차이가 있었다. 청일 83.4%, 청수 73.4%, 익수 60.6%, 수원 64.0%로 청일 > 청수 > 익수 > 수원 순으로 낮게 나타났다. 이전에 Lee 등(1998)의 연구에서 오디의 유리당 함량을 분석한 결과를 보면 오디에는 glucose와 fructose 2종의 당이 검출되었으며 두 성분이 비슷한 수치로 존재하고 있다고 보고하였고, 이것으로 보아 오디의 단맛은 glucose와 fructose에 기인하는 것으로 생각된다.

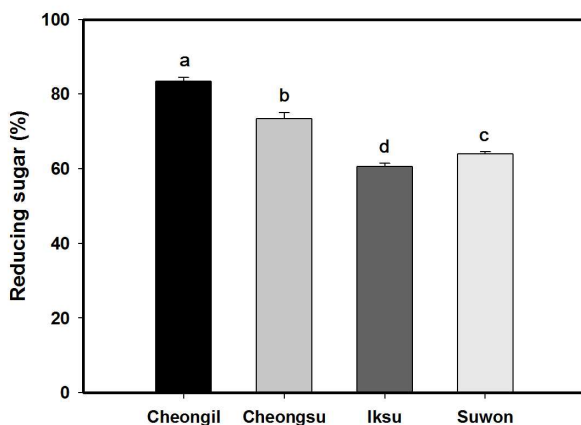


Fig. 1. Reducing sugar content of mulberry cultivars

앞에서 실험한 pH와 환원당의 결과를 종합해서 보았을 때 당도(°Brix)와 환원당의 함량은 일치하는 경향을 보였고, 환원당 함량과 pH가 서로 반비례적인 수치를 보는데, 청일은 환원당 함량이 높은 반면 낮은 산도를 보였고, 익수의 경우에는 낮은 환원당 함량과 비교적 높은 산도를 보였다.

이와 같이 익수, 청일은 다른 품종보다 당도는 높은 반면, 산도는 낮아 오디주스 및 오디와인 가공 시 산의 첨가나 딸기, 레몬, 자몽 및 매실 등과 같이 산도가 높은 과실을 적절히 혼합하여 제조할 필요가 있으며, 청수의 경우 앞에서 설명했듯이 높은 당도, 환원당 및 산도를 가지고 있어 오디주스 등 다양한 가공식품에 적합하다고 판단된다.

### 4. 총폴리페놀 및 안토시아닌 함량

본 연구에서는 4가지 품종의 오디를 동결건조 한 분말을 60% ethanol로 추출한 다음 총폴리페놀과 안토시아닌 측정에 이용하였다. 폴리페놀 화합물은 flavonoids, anthocyanins, catechins, tannins 등을 총칭하며, 식물계에 널리 존재한다(Ueighoton & Leighton 2000; Dai 등 2010). 다수의 히드록실기(-OH)를 가지고 있어 여러 화합물과 쉽게 결합하는 특성 때문에 항산화 효과 및 항암, 항염 효과가 뛰어나 인체 건강에 대한 유용효과가 널리 인정되고 있다(Lu & Foo 2000; Cha 등 1999). 특히, 오디에는 anthocyanin 색소뿐 아니라 caffeic acid, rutin, quercetin 및 4-prenylmoracin과 같은 여러 폴리페놀 화합물이 존재하는 것으로 알려져 있다(Lee 등 1998; Lee 등 2004; Isabelle 등 2008).

오디의 품종별 총폴리페놀의 함량을 분석한 결과는 Fig. 2(A)와 같다. 총폴리페놀의 함량은 품종에 따라 유의적인 차이를 보였고, 청수와 수원은 2,239.17 mg%와 2,336.33 mg%로 그 함량이 가장 많은 반면, 익수는 1,457.17 mg%로 가장 적었고, 청일은 1,790.67 mg%로 나타나 청수가 다른 품종에 비해 높은 수준의 폴리페놀 화합물을 함유함을 알 수 있었다. 본 연구의 오디 품종별 총폴리페놀 함량 분석 결과는 Bae & Suh(2007)의 연구에서 뽕나무 품종에 따른 오디의 총폴리페놀 함량이 940~1,580 mg%(단위 본 논문과 통일함)인 결과보다는 다소 높은 수치였고, Kim 등(2010)의 결과 990~2250 mg%와는 비슷한 수준으로 나타났다.

오디의 품종별 총안토시아닌의 함량은 Fig. 2(B)에 나타났다. 4종의 오디의 안토시아닌 함량을 비교한 결과를 보면 익수가 134.49 mg%로 가장 높았고, 청수가 116.89 mg%로 두 번째로 높았다. 반면, 수원과 청일은 각각 59.16 mg%, 61.64 mg%로 익수에 비해 절반 이하의 낮은 함량을 보였다.

안토시아닌 색소는 식물에 포함되어 있는 적색색소의 일종이며, 노화 억제, 시력 개선 효과, 콜레스테롤 억제 효과, 항산화 및 항염증 효능 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 보고되고 있다(Kim 등 1996; Kim 등 1998; Kim 등 2001). 자색

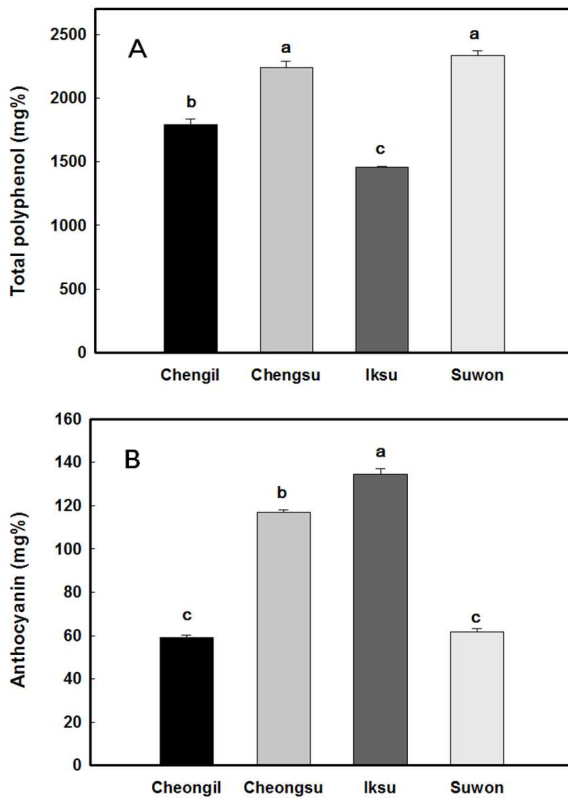


Fig. 2. Total polyphenol(A) and anthocyanin(B) content of mulberry cultivars

을 띠는 오디는 주로 anthocyanin 계통의 색소를 가지고 있으며 cyanidin-3-glucoside와 cyanidin-3-rutinoside가 주요 성분인 것으로 알려져 있다(Hong & Wrolstad 1990). 총안토시아닌 함량은 223.2~788.3 mg/100 g과 94.6~407.1 mg/100 g이라고 보고되었고(Kim 등 2010), Choi 등(2012)의 논문에서는 57.45~206.60 mg% 범위 수준인 것으로 보고되어 있다.

다른 베리류의 폴리페놀 함량을 보면, 아로니아와 블루베리의 총폴리페놀 함량은 11,720 mg%과 4,226 mg%으로 오디보다 5~8배 정도 많은 수치였고(Chung HJ 2014), 복분자의 경우는 총폴리페놀 함량이 24.33 mg/100 g, 안토시아닌 함량이 0.06 mg/100 g 정도로 나타나 오디가 훨씬 높은 함량을 보였다(Jun 등 2014).

### 5. 항산화 활성

항산화 활성은 생체의 생리작용 혹은 산화 작용에 의하여 발생하는 hydroxyl radical 혹은 superoxide radical 등을 제거하는 능력으로 DPPH 라디칼 소거능으로 측정할 수 있으며, 이는 시료 내 항산화 활성을 지닌 페놀성 물질에 의해 free radical 물질인 DPPH가 소거되며 페놀성 물질의 함량이 높을수록 소거활성이 증가한다(Lee 등 2011; Rice-Evans & Miller 1997;

Kim 등, 2012).

4종류 오디의 항산화 활성을 비교하기 위하여 증류수 추출물을 이용하여 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 3과 같다. 농도 100 mg/mL에서 오디의 항산화 활성 측정 결과를 보면 전자공여능은 청일이 90.40%로 가장 뛰어났고, 수원이 88.70%의 수치로 두 번째로 높았다. 반면, 익수와 청수는 63.93%, 60.65%로 청일과 수원에 비해 낮게 측정되었다. 오디는 안토시아닌 색소 중에서 항산화력이 뛰어난 것으로 알려진 cyanidin-3-glucoside(C3G)와 cyanidin-3-glucoside-rutinoside을 많이 함유하고 있는데(Kim & Kim 2003), C3G는 노화 억제 효과가 있는 토코페롤보다 7배나 높은 노화 억제 효과를 보이며, 오디의 C3G 함량은 포도의 23배이다(Kim 등 2012). 청수는 총폴리페놀과 안토시아닌 함량이 다른 품종보다 높았던 반면, 항산화 활성에서는 낮은 값을 보여 항산화 활성을 가지는 성분 이외에 다른 폴리페놀 화합물을 포함하여 다른 기능성을 가질 것으로 예상되며 이는 향후 추가적인 연구가 필요하다.

Cha 등(2004)의 연구에서는 오디를 60% ethanol에 추출한 하였을 때, 약 81%의 소거활성을 보였고, ethylacetate 추출물과 물 추출물이 각각 85% 정도, 70% 정도의 소거활성을 보였다. Choi 등(2012)의 연구에서는 1 mg/mL의 농도에서 청일뽕, 블루베리, 딸기의 소거능은 54.47~56.31%로 시료 간 차이가 없었으며 대성뽕은 66~68% 수준으로 나타났고, Jeong 등(2008)의 연구에서 블루베리와 라즈베리는 농도 10 mg/mL에서 각각 92.60%와 91.32%의 소거활성을 보였다.

항산화 활성은 논문마다 그 차이를 보였는데, 본 연구에서 오디의 항산화 활성이 다소 낮게 측정된 것은 추출 방법에 의한 차이로 보여진다. Jun 등(2014)의 연구를 보면 오디 추출물의 항산화 활성을 측정하였을 때, 오디 추출용액에 따라 그 활성이 다르게 나타났으며, n-hexane < water < chloroform < n-butanol < ethyl acetate 순으로 항산화 활성이 증가하였다.

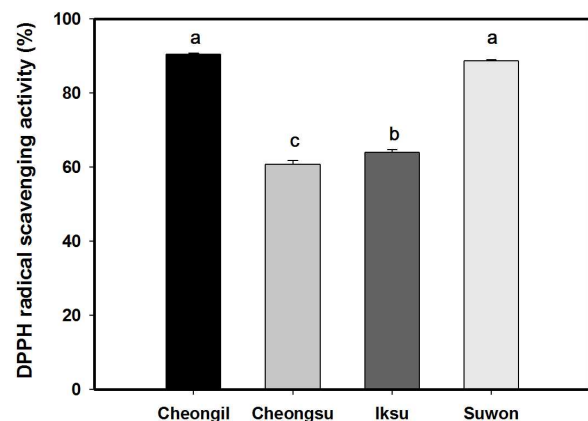


Fig. 3. Antioxidant activity of mulberry cultivars

## 6. 혈당강하능

오디의 혈당조절기능을 알아보기 위해 항 당뇨 효과의 지표로 이용되고 있는  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 측정하였다.  $\alpha$ -Glucosidase는 소장 상피세포의 Brush-Border membrane에 존재하는 효소로  $\alpha$ -amylase에 의해 분해된 당질을 최종적으로 단당류로 전환시키는 작용을 한다. 이러한 효소의 활성저해는 당질 가수분해와 흡수과정을 지연시킴으로써 식후 혈당의 농도 상승을 억제한다(Park 등 2013; Kim 등 2009).

4가지 품종별 오디 동결건조 분말을 이용한  $\alpha$ -glucosidase 저해활성을 검토한 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 4종 모두에서 활성을 보였으며, 그 중에서 수원이 23.46%로 가장 높았고, 다음이 청수 19.35%, 청일 17.38%, 익수 18.18% 순으로 나타났다.

오디의 혈당강하능에 대한 Son & Choi(2013)의 연구에서는 오디 와인의 항당뇨 활성에 주된 물질이 quercetin임을 밝혔으며, quercetin 유도체 중 아글리콘이 배당체보다 효소 저해활성이 강하고, dihydroquercetin도 quercetin보다는 효소저해 활성이 낮지만 항당뇨 성분으로 알려져 있다(Haraguchi 등 1997). Quercetin은 오디열매에 10.15 mg/100 g 정도 포함되어 있다고 보고되었다(Cha 등 2004).

이상의 결과로부터 충북에서 육종한 신품종 오디 ‘청수’는 높은 당도와 산도와 생리기능성 물질인 폴리페놀 화합물과 안토시아닌의 함량이 높았으며, 혈당강하 활성도 나타내는 것으로 보아 quercetin 및 그 유도체가 존재할 것으로 예상되며, 다양한 가공식품으로 개발할 가치가 있다고 판단된다.

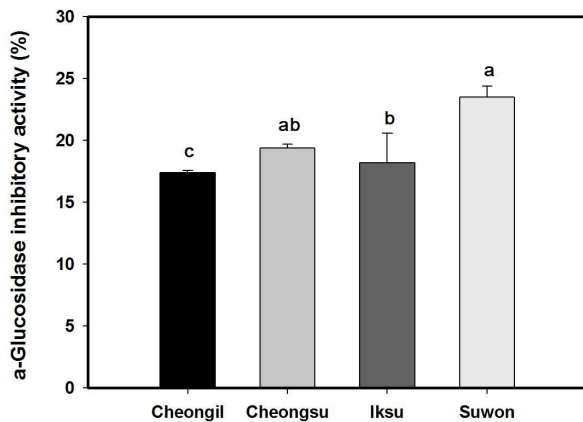


Fig. 4.  $\alpha$ -Glucosidase inhibitory activity of mulberry cultivars

## 감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 충북 신품종 오디를 이용한 고부가 가공식품 개발, 과제번호: PJ01108503)

의 지원에 의해 이루어진 것임.

## References

- Amerine MA, Ough CS. 1980. Methods for Analysis of Musts and Wine. Wiley & Sons, New York, USA. pp 176-180
- Annapurma A, Reddy CS, Akondi RB, Rao SR. 2009. Cardio-protective actions of two bioflavonoids, quercetin and rutin, in experimental myocardial infarction in both normal and streptozotocin-induced type I diabetic rats. *J Pharm Pharmacol* 61:1365-1374
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Asano N, Oseki K, Tomioka E, Kizu H, Matsui K. 1994. N-Containing sugars from *Morus alba* and their glycosidase inhibitory activities. *Carbohydr Res* 259:243-255
- Bae SH, Suh HJ. 2007. Antioxidant activities of five different mulberry cultivars in Korea. *LWT* 40:955-962
- Blios MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 81:1199-1200
- Cha JY, Kim HJ, Chung CH, Cho YS. 1999. Antioxidative activities and contents of polyphenolic compound of *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:1310-1315
- Cha WS, Shin HR, Park JH, Oh SL, Lee WY, Chun SS, Choo JW, Cho YJ. 2004. Antioxidant activity of phenol compounds from mulberry fruits. *Korean J Food Preserv* 11: 383-387
- Chang EH, Jeong SM, Park KS, Lim BS. 2013. Contents of phenolic compounds and trans-resveratrol in different part of Korean new grape cultivars. *Korean J Food Sci Technol* 45:708-713
- Chung HJ. 2014. Comparison of total polyphenols, total flavonoids, and biological activities of black chokeberry and blueberry cultivated in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:1349-1356
- Choi IS, Moon Y, Kwak EJ. 2012. Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 30: 301-307
- Dai J, Mumper RJ. 2010. Plant phenolics: Extraction, analysis, and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules* 15:7313-7352
- Haraguchi H, Ohmi I, Fukada A, Tamura Y, Mizutani K, Tanaka O, Choi WH. 1997. Inhibition of aldose reductase and sorbitol

- accumulation by astilbin and taxifolin dihydroflavonols in *Esgelhardtia chrysolepis*. *Biosci Biotech Biochem* 61:651-654
- Hong V, Wrolstad RE. 1990. Use of HPLC separation/photodiode array detection for characterization of anthocyanin. *J Agric Food Chem* 38:708-715
- Hwang JT, Kang HC, Kim TS, Park WJ. 1999. Lipid component and properties of grape seed oils. *Koren J Food Nutr* 12: 150-155
- Isabelle M, Lee BL, Ong CN, Liu A, 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 CH, Choi SG, Heo HJ. 2008. Analysis of nutritional composition and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. *J Korean Soc Food Nutr* 37:1375-1381
- Jun HI, Kim YA, Kim YS. 2014. Antioxidant activities of *Rubus coreanus* Miquel and *Morus alba* L. fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:381-388
- Kim AJ, Yuh CS, Bang IS, Park HY, Lee GS. 2007. An Investigation the preparation and physicochemical properties of oddi jelly using mulberry fruit powder. *Korean J Food Nutr* 20: 27-33
- Kim EJ, Choi JY, Yu MR, Kim MY, Lee SH, Lee BH. 2012. Total polyphenols, total flavonoid contents, and antioxidant activity of Korean natural and medicinal plants. *Korean J Food Sci Technol* 44:337-342
- 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 seen different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1467-1475
- Kim HB, Bang HS, Lee HW, Seuk YS, Sung GB. 1999. Chemical characteristics of mulberry syncarp. *Korean J Seri Sci* 41: 123-128
- 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. *Kor J Seri Sci* 43:104-108
- Kim HB, Kim SL. 2003. Identification of C3G (cyanidin-3-glucoside) from mulberry fruits and quantification with different varieties. *Korean J Seric Sci* 45:90-95.
- Kim HB, Kim JB, Seok YS, Seo SD, Kim SL, Sung GB. 2012. The effect of citric acid and enzyme inactivation treatment on C3G stability and antioxidant capacity of mulberry fruit jam. *J Seric Entomol Sci* 50:82-86
- Kim SK. Bonchihak. 1991. Beneficial Medicine Medicine, Mulberry Fruit, Younglimsa, Seoul, Korea Chapter 17, pp. 598
- Kim SS, Ha JH, Jeong MH, Ahn JH, Yoon WB, Park SJ, Seong DH, Lee HY. 2009. Comparison of biological activities of fermented *Codonopsis lanceolata* and fresh *Codonopsis lanceolata*. *Korean J Med Crop Sci* 17:280-285
- 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 TW, Kwon YB, Lee JH, Youm JK, Lee HS, Moon JY. 1996. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. *Korean Soc Sericultural Sci* 38:100-107.
- 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 JH, Park AR, Choi DW, Kim JD, Kim JC, Ahn JH, Lee HY, Choe M, Choi KP, Shin IC, Park HJ. 2011. Analysis of chemical compositions and electron-donating ability of 4 Korean wild *sannamuls*. *Korean J Medicinal Crop* 19:111-116
- Lu Y, Foo LY. 2000. Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chem* 68:81-85
- Luchsinger WW, Crmesky RA. 1962. Reducing power by the dinitrosalicylic acid method. *Anal Biochem* 4:346-347
- Park EJ, Ahn JJ, Kang SA, Kim HY, Kwon JH. 2013. Physicochemical quality and hypoglycemic effect of *omija* sauce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1079-1085
- 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
- Park SY, Joo NM. 2011. Processing optimization and antioxidant activity of chocolate added with mulberry. *Korean J Food Sci Tehcnol* 43:303-314
- Shin YW, Lee SK, Kwon YJ, Rhee SJ, Choi SW. 2005. Radical scavenging activity of phenolic compounds from mulberry (*Morus* spp.) cake. *J Food Sci Nutr* 10:326-332
- Siemann EH, Creasy LL. 1992. Concentration of the phytoalexin

- resveratrol in wine. *Am J Enol Viticult* 43:49-52
- Son WR, Choi SW. 2013. Biological activity and analysis of  $\alpha$ -glucosidase inhibitor from mulberry (*Morus alba* L.) wine. *Korean J Food Preserv* 20:877-885
- Statistical Data of Sericultural Industry. 2009. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, Korea
- Sung JM, Choi HY. 2014. Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:690-697
- Tibbot BK, Skadsen RW. 1996. Molecular cloning and characterization of a gibberellin-inducible, putative  $\alpha$ -glucosidase gene from barley. *Plant Mol Biol* 30:229-241
- Urquiaga L, Leighton F. 2000. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol Res* 33:55-64

---

Received 18 August, 2015  
Revised 29 December, 2015  
Accepted 2 February, 2016