

## 뽕나무 계통별 오디의 유리당 조성 및 함량

김현복\* · 김선림<sup>1)</sup> · 문재유<sup>2)</sup> · 장승중  
농업과학기술원 잠사곤충부, <sup>1)</sup>작물시험장, <sup>2)</sup>서울대학교 농업생명과학대학

## Quantification and Varietal Variation of Free Sugars in Mulberry Fruits

Hyun-Bok Kim\*, Sun-Lim Kim<sup>1)</sup>, Jae-Yu Moon<sup>2)</sup>, and Seung-Jong Chang

Department of Sericulture and Entomology, National Institute of Agriculture Science and Technology,  
Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

<sup>1)</sup>National Crop Experiment Station, Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea

<sup>2)</sup>College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Seoul 151-749, Korea

### ABSTRACT

The component and content of free sugar in mulberry fruits were evaluated. In all accessions, fructose and glucose were identified as the major free sugar. The ratio of two components appeared in the same level. But CV (coefficient of variation. %) of fructose and glucose were 23.6%, 23.4%, respectively. It might suggest that varietal variation exists in sugar contents. The mean of total free sugars were  $9.11 \pm 2.14\%$ . Among the tested 49 accessions, 'Geunanosang' showed the highest total free sugars in 14.67%, whereas 'Cheongsipyung' showed the lowest total free sugars in 5.57%. Also fruity characteristics as well as total free sugars to select the desirable mulberry varieties for the production of fruit were researched and analyzed. From that results, four suitable varieties such as 'Hwansipchosaeng', 'Junggojo', 'Kaeryangchosaengsijmunja', and 'Geunanosang' were selected.

**Key words :** Mulberry fruit, Free sugars, Fruity characteristics, Mulberry varieties

### 서 론

지금까지 뽕나무 육종은 내병·다수 및 양질 위주의 뽕 잎 생산에 목표를 두었으나, 잠업의 국제경쟁력 저하 및 양잠규모의 축소에 따라 잠업기반이 흔들리는 상황에서 '기능성 양잠'으로의 전략화에 부응하기 위해 오디의 과실화를 추진하고 있다. 이미 일본과 중국 등 잠업 선진국에서는 우량 오디 착과용 뽕 품종(계통)을 선발·육종하여 보고하고 있다. 우리나라에서는 수량, 과중, 당도 등 과실적 특성을 만족시키면서 생리활성물질인 C3G(Cyanidin-3-glucoside)까지 다량 함유한 고기능성 우량 오디 생산용 뽕품종(계통)을 선발 중에 있으며(김 등, 2002), 오디의 과실화 촉진을 위한 뽕나무 정지법 등 재배기술도 연구하고 있다.

뽕나무 오디가 과수로서 주목받기 전까지는 부산물로만 여겨졌으며, 과실의 크기가 작고 수확시의 어려움 및 저장·유통의 문제점 등으로 인하여 그 이용이 극히 제한적이었다. 따라서 관련 연구는 형태적 특징(박과 이, 1996;

박과 이, 1997; 이 등, 1998)을 중심으로 물리적·생리적 연구가 일부 이루어져 왔고, 오디의 항당뇨 효능(김 등, 1996), 뽕나무 오디 품종 중 항염증제로의 이용 가능성이 높은 품종의 선발(김 등, 1998), 오디 품종간 안토시아닌 색소의 취적출 대동맥의 수축·이완작용 구명(박 등, 1997) 등 생리활성기능에 대한 연구결과들이 차츰 보고되고 있다.

일반적으로 뽕나무 오디의 과실적 특성 분석에 있어 당도(Sugar degree) 분석을 실시하게 되는데, 굴절당도계(Digital Refractometer)를 이용하여 오디즙 또는 오디즙의 상등액에 대하여 측정된 값(단위 : Brix %)을 읽음으로써 품종간 또는 계통간 단맛의 정도를 가늠하는 척도로 사용해 왔다. 그러나 당도는 기상환경과 재배조건뿐 만 아니라, 채취시기 및 채취부위 등에 영향을 받기 때문에 일반인들이 느끼는 입맛과는 차이가 있음이 지적되어 왔다. 엄밀한 의미에서 당도는 가용성 고형물에 대한 굴절률을 나타낸 것이며 주로 sucrose, glucose, fructose, maltose 및 polysaccharides 등에 의해 결정되는 값(Kim *et al.*, 2002) 이므로 실제 과실류의 단맛과는 차이가 있음에도 불구하고

\*Corresponding author. E-mail: hyunbok@rda.go.kr

고 같은 의미로 혼동하여 사용해 왔기 때문이다.

과실류에 있어 맛과 향을 결정하는 인자는 유리당이며, 정량법으로서는 GLC 및 HPLC법이 주로 이용되고 있으나 GLC를 이용한 방법은 당류를 휘발성 유도체로 변화시켜야 하므로 시간이 오래 걸리고 조작이 복잡한 반면에 HPLC를 이용한 유리당 분석은 그 조작이 간단하므로 현재 여러 식품 중의 유리당 분석에 이용되고 있다(이 등, 1984).

따라서 본 연구는 과실류의 단맛 결정인자인 유리당의 함량을 계통별로 분석하여 생식 및 가공식품의 원료로서 오디의 이용성을 높이고 오디의 과실화 촉진을 위한 기초자료를 제공함은 물론 오디 생산용 뽕나무 육종효율을 높이기 위하여 수행되었다.

### 재료 및 방법

#### 공시재료

본 시험에 공시한 오디는 2001년 6월에 농업과학기술원 잠사곤충부 유전자원 보존용 시험포장(수원시 권선구 서둔동 소재)에서 수확성기(收穫盛期, 오디가 완숙되기 시작하여 미숙오디가 10% 정도 남아 있을 때)에 채취한 즉시 초저온 냉동(-70°C)에 보관하였다가 동결 건조하여 계통별 유리당 함량분석을 위한 시료로 사용하였다.

#### 추출물 조제

냉동건조시킨 오디분말 1g을 계통별로 칭량하여 증류수 10ml을 가한 후 1시간 동안 초음파 추출하였다. 이 추출액을 15,000 rpm에서 15분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 0.45 µm Millipore filter 및 Sep-Pak NH<sub>2</sub>로 여과하여 색소 및 불순물을 제거하였다.

#### 기기분석

뽕나무 계통별 유리당 함량 분석은 Supelco LC-NH<sub>2</sub> column(250×4.6 mm)을 사용하여 HPLC로 분석하였다. 기기분석 조건은 표 1과 같다. 검출기는 Waters 410 RI detector를 사용하였으며, column의 온도는 35°C를 유지하였고, 이동상으로는 CH<sub>3</sub>CN:H<sub>2</sub>O = 75:25(v/v)을 사용하였다. HPLC 분석용 시료의 주입량은 20 µl가 되도록 하였으며, 표준당은 Sigma사의 것을 사용하였다.

#### 고당도 계통 및 오디생산용 우수계통 선발

HPLC를 이용하여 정량한 각 공시계통의 유리당 조성 및 함량을 비교하고, 유리당의 총합이 10% 이상인 계통을 1차 선발한 후, 선발된 계통에 대하여 과실적 특성인자인 수량성, 과중 및 당도함량을 종합적으로 고려하여 오디의

**Table 1.** Instrument and analysis conditions for free sugar in mulberry fruits

Classification	Sugar
Instruments	Waters 410 RI detector
Wave length	Universal
AUFS	-
Column	Supelco LC-NH <sub>2</sub> (250×4.6 mm)
Column Temp.	35°C
Mobile phase	CH <sub>3</sub> CN : H <sub>2</sub> O = 75:25 (v/v)
Flow rate	1.5 ml/min

과실화 촉진에 적합한 우수 계통을 선발하였다.

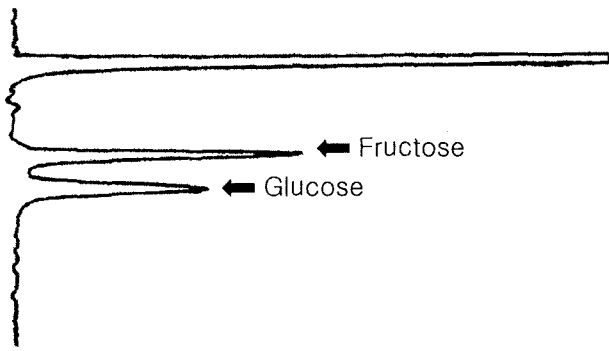
### 결과 및 고찰

#### 뽕나무 계통별 오디의 유리당 조성 및 함량 비교

유리당의 조성 패턴과 함량은 과실류의 단맛을 결정하는 인자로서 가용성 고형물의 함량보다 더욱 중요하며, 실제 일반인이 느끼는 단맛의 정도와 당도 함량과는 차이가 있음에도 불구하고 지금까지 작물이나 과실류의 육종에 있어 당함량은 굴절당도계를 이용한 가용성 고형물의 함량을 Brix %로서 표시하는 간이 측정 방법을 주로 사용하여 왔으며, 뽕나무 육종에 있어서도 오디의 과실적 특성을 고려할 때 이같은 방법을 사용하여 당도 함량을 표시해 왔기 때문에 품종간 또는 계통간 유리당의 함량을 분석하여 보고한 연구는 거의 전무한 실정이다.

다만 이 등(1998)은 대륙뽕, Cataneo 및 국상20호의 오디에 대한 유리당의 함량을 비교·분석한 결과 뽕나무 품종에 따라 크게 차이가 있으며, glucose와 fructose 두 성분의 함량은 비슷한 수준이라고 보고한 반면, sucrose와 maltose는 검출되지 않았다고 보고하였다. 한편, 고(1994)는 오디의 주요 당 성분은 glucose와 fructose로서 그 함량은 각각 2.89%와 2.75%이었으며, sucrose, maltose 및 lactose도 극소량이 검출되는 것으로 보고하였다. 그러나 김 등(2002)은 Supelco LC-NH<sub>2</sub> 순상 칼럼으로 오디의 유리당을 분석하여 본 결과 Fig. 1과 같이 단당류인 glucose, fructose만이 검출되었고, 이당류인 sucrose와 maltose는 검출되지 않음으로서 유리당의 구성 패턴은 이 등(1998)과 같은 결과임을 알 수 있었으나 청일뽕 오디를 사용한 시험결과이므로 유리당의 성분별 함량과 품종 또는 계통에 따른 차이가 있는지를 검토해야 할 것으로 보고한 바 있다.

이를 구체적으로 알아보기 위하여 뽕나무 계통별로 오디를 채취하여 유리당의 함량을 분석한 결과는 표 2와 같다. 공시한 49계통 모두 fructose와 glucose만이 검출되었으며, fructose와 glucose의 평균 함량은 각각 4.49±1.06%와 4.62±1.08%로서 두 성분의 조성 비율은 1:1이었다. 공시계통의 총 유리당의 평균 함량은 9.11±2.14%이었고,



**Fig. 1.** Free sugars in mulberry fruit (*M. alba* L.). Free sugars were analyzed by Supleco LC-NH<sub>2</sub> column (250×4.6 mm), using a acetonitrile : water (75:25, v/v).

공시계통 중 총 유리당 함량이 가장 높게 나타난 계통은 ‘근아노상’으로서 14.67%이었으며, ‘청시평’의 경우 5.57%로서 가장 낮은 함량을 나타냈다. 뽕나무 계통별 오디의 fructose 함량은 2.65~7.34% 수준이었으며, glucose 함량은 2.78~7.33% 수준으로 나타났다. 두 성분에 대한 각각의 변이계수(coefficient of variation) 값은 23.6%와 23.4%로서 높게 나타나 오디의 유리당 함량은 뽕나무 계통간 차이가 큰 것으로 판단되었다.

Anthocyanin 색소를 함유하지 않은 ‘관동내 B’와 ‘이란 N’은 백색 오디 계통으로서 유리당 함량은 각각 평균 값보다 낮은 6.35%, 7.48%였으나 굴절당도계를 이용하여 측정된 당도 함량은 14.8 Brix %, 16.3 Brix %로 높게 나타났다. ‘휘카스’의 유리당 함량과 당도 함량은 각각 7.11%, 9.9 Brix %였고, 이것의 배수체인 ‘휘카스 4x’는 각각 8.34%, 10.5 Brix %로 약간 높았다. 모상(*Morus tiliaefolia* Makino) 계통인 ‘고수 9’, ‘PC 11’ 및 ‘PC 5’의 경우 당도 함량은 각각 24.6 Brix %, 22.7 Brix %, 19.8 Brix %로 매우 높았으나 유리당 함량은 10.59%, 7.62%, 6.03%로 측정되어 가용성 고형물 중 유리당이 차지하는 비율이 상대적으로 매우 낮음을 알 수 있었다.

현재 농가에 보급된 뽕나무 품종 중 ‘청일뽕’은 엽질이 우수하여 뽕잎 생산용으로 가장 널리 보급된 품종으로 오디 고유의 색과 향을 유지할 뿐 만 아니라 수량 및 당도 함량(16.3 Brix %)도 높아 열매인 오디로서의 이용도 적극 권장하고 있는데, 유리당 함량은 6.60%로 매우 낮았다.

김 등(2002)에 의해 천연색소 C3G(cyanidin-3-glucose) 고함유 계통으로 선발된 ‘국광’, ‘절곡조생’, ‘태전조생’ 및 ‘사방소’ 계통의 유리당 함량은 7.14%, 8.86%, 7.89%, 8.93%의 함량을 나타냈다.

일반적으로 오디는 anthocyanin 색소가 과실내에 저장됨에 따라 적색에서 흑자색으로 익는 반면, ‘장소상’, ‘국상 13호’ 및 ‘목상’ 계통은 오디가 완전히 익어도 자색을

**Table 2.** Free sugars content in the fruits of mulberry varieties

No.	Accession	Fructose (% DW)	Glucose (% DW)	Total free sugar (% DW)
1	452	3.00	2.78	5.78
2	Amloesang	2.97	3.08	6.05
3	Cheongilppong	3.30	3.30	6.60
4	Cheongsipyung	2.65	2.92	5.57
5	Daegajokhongpisang	5.66	5.64	11.30
6	Daemansang	4.28	4.34	8.62
7	Eoguknosang	5.07	5.19	10.26
8	Ficus	3.39	3.72	7.11
9	Ficus 4x	4.04	4.30	8.34
10	Gasaeppong	5.67	5.99	11.66
11	Geunanosang	7.34	7.33	14.67
12	Gosu 9	5.02	5.57	10.59
13	Gukkwang	3.49	3.55	7.04
14	Gwandongnae B	3.11	3.24	6.35
15	Haenam 1	3.95	4.14	8.09
16	Hasusang	4.72	4.81	9.53
17	Hwachosipmunja	4.26	4.37	8.63
18	Hwansipchosaeng	5.82	5.87	11.69
19	Hwanyoupeomji	4.10	4.47	8.57
20	Iran N	3.79	3.69	7.48
21	Jaelaenosang	4.20	4.26	8.46
22	Jangsosang	3.70	3.83	7.53
23	Jasan	4.50	4.69	9.19
24	Jeolgokchosaeng	4.35	4.51	8.86
25	Junggojo	4.92	5.17	10.09
26	Kaeryangchosaengsipmunja	6.47	6.53	13.00
27	Kangsun	4.43	4.55	8.98
28	Kangwon 76/5/8	4.71	4.72	9.43
29	Kuksang 13	5.40	5.54	10.94
30	Moksang	4.86	4.90	9.76
31	Naesujeon 100/3	4.68	5.03	9.71
32	Naesujeon 103/A	5.60	5.88	11.48
33	Neunggeum	6.71	6.74	13.45
34	Odamsanjang	4.10	4.26	8.36
35	Palcheongsipyung	4.60	4.52	9.12
36	PC 11	3.79	3.83	7.62
37	PC 5	2.98	3.05	6.03
38	Pilipin 1	4.01	4.39	8.40
39	Sabangso	4.41	4.52	8.93
40	Sangbansipmunja (jeonnam)	5.56	5.77	11.33
41	Sangchonchosaeng	4.45	4.63	9.08
42	Seoban	3.44	3.44	6.88
43	Sinbaekgeum	5.24	5.22	10.46
44	Sinsang 1	6.40	6.56	12.96
45	Sobeun	5.96	6.23	12.19
46	Suwonnosang	3.41	3.46	6.87
47	Taejeonchosaeng	3.90	3.99	7.89
48	Wongo	3.87	3.90	7.77
49	Wonwoowimun	3.88	3.81	7.69
	Mean ± S.V	4.49 ± 1.06	4.62 ± 1.08	9.11 ± 2.14

나타내어 외관상 구별되는 특징이 있는데 이들 계통의 유리당 함량은 각각 7.53%, 10.94%, 9.76%였고 당도 함량은 11.6 Brix %, 16.8 Brix %, 13.2 Brix %였다.

위와 같이 총 유리당 함량과 당도 함량 사이에는 일정한 상관관계가 나타나지 않았으며, 따라서 굴절당도계를 이용하여 오디의 당함량을 측정하는 방법은 앞으로 유리당의 함량은 물론 일반인의 식미까지 검사하여 종합적으로 검토해야 할 것으로 판단되었다.

한편, 우리나라에서 생산되는 대표적 과실인 감귤, 복숭아, 포도, 배 및 사과에 대한 유리당의 함량을 분석하여 보고한 이 등(1984)에 의하면, 감귤과 복숭아는 sucrose, fructose 및 glucose 순으로 유리당의 함량이 많은 반면 포도와 배의 경우는 fructose, glucose 및 sucrose 순으로 함량이 많고, 사과의 경우는 품종에 따라 glucose와 sucrose의 순서가 다르다고 하였다.

그러나 뽕나무 오디는 이들 과실과는 달리 sucrose를 함유하고 있지 않은 것으로 나타나 이 성분을 배제시켜야 하는 식품 제조에 있어 좋은 소재로서 활용할 수 있을 것으로 보인다.

#### 고당도 계통 및 오디생산용 우수계통 선발

일반적으로 당류의 감미도에 있어 sucrose가 100일 때, fructose 150, glucose 75, maltose 60이며, 이들의 합이 10% 이상인 경우 단맛이 좋은 것으로 판단되는데, 본 시험에 공시한 오디의 총 유리당의 합이 10% 이상인 뽕나무 15 계통을 선발하였다. 즉 '대기죽홍피상', '어국노상', '가새뽕', '근아노상', '고수 9', '환십조생', '중고조', '개량조생십문자', '국상 13호', '내수전 103/A', '능금', '상반십문자(전남)', '신백금', '신상 1호' 및 '소번' 계통이 포함되었다.

이들의 오디생산용 우량계통으로서의 가능성을 평가하기 위하여 과실적 특성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 선발된 15계통의 당도 함량은 13.5~24.6 Brix %로 모두 높은 반면, 단과중과 수량성은 계통에 따라 차이가 있었다.

'환십조생'은 단과중이 2.7 g으로 선발계통 중 가장 높았고 육안관찰에 의한 수량성도 매우 높았다. 그 다음으로 '개량조생십문자', '중고조' 및 '근아노상' 계통의 단과중이 각각 2.1 g, 1.9 g, 1.8 g으로 양호하였으며, 수량성도 높아 오디생산용 유망계통으로 이용할 수 있을 것으로 기대되었다. 반면, '상반십문자(전남)'와 '국상 13호' 계통은 단과중이 각각 2.3 g, 2.1 g으로 높았음에도 불구하고 수량성이 떨어져 오디생산용 선발계통에서 제외하였다. '가새뽕'과 '내수전 103/A' 계통의 수량성은 높았으나 오디의 크기가 매우 작아 과실로서의 이용 가능성은 매우 적은 것으로 판단되었다.

이상에서 뽕나무 오디는 기능성 식품소재 및 양잠농가의 소득을 증진시킬 수 있는 작목으로서 가능성이 시사되었지만 과실의 크기가 일반 과실에 비해 상대적으로 매우 작고 저장·유통기한이 짧아 이용기술에 대한 체계적인 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 앞으로 이들 문제점을 해결하는 것이 가장 시급하며 동시에 그 활용방안에 대해서 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 적 요

과실류의 단맛 결정인자인 유리당의 함량을 계통별로 분석하여 생식 및 가공식품의 원료로서 오디의 이용성을 높이고 오디의 과실화 촉진을 위한 기초자료를 제공함은 물론 오디 생산용 뽕나무 육종효율을 높이기 위하여 유전자원으로 보존 중인 뽕나무 계통에 대하여 결실 오디를

Table 3. Fruity characteristics of mulberry varieties

Accession	Weight of single fruit (g)	Yield (Observation)	Soluble solids (Brix %)	Total free sugar (% DW)
Daegajokhongpisang	1.0	Low	17.1	11.30
Eoguknosang	1.9	Medium	13.5	10.26
Gasaeppong	0.8	High	16.3	11.66
Geunanosang	1.8	High	17.1	14.67
Gosu 9	1.2	Low	24.6	10.59
Hwansipchosaeng	2.7	High	17.2	11.69
Junggojo	1.9	High	17.1	10.09
Kaeryangchosaengsipmunja	2.1	High	18.9	13.00
Kuksang 13	2.1	Low	16.8	10.94
Naesujeon 103/A	0.9	High	19.6	11.48
Neunggeum	1.2	High	17.8	13.45
Sangbansipmunja(jeonnam)	2.3	Medium	19.7	11.33
Sinbaekgeum	1.4	High	17.9	10.46
Sinsang 1	1.4	High	16.1	12.96
Sobeun	1.0	High	19.9	12.19

채취하여 유리당의 조성과 함량을 비교·분석하였다. 동시에 유리당의 함량이 높은 계통을 선발하여 수량, 과중, 당도 등 과실적 특성을 고려하여 오디생산용 계통으로서의 가능성을 검토하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공시계통 모두 fructose와 glucose만이 검출되었으며, fructose와 glucose의 평균 함량은 각각  $4.49 \pm 1.06\%$ 와  $4.62 \pm 1.08\%$ 로서 두 성분의 조성 비율은 1:1이었다. 그러나 두 성분에 대한 각각의 변이계수(coefficient of variation) 값은 23.6%와 23.4%로서 높게 나타나 오디의 유리당 함량은 뽕나무 계통간 차이가 큰 것으로 판단되었다.

2. 공시계통의 총 유리당의 평균 함량은  $9.11 \pm 2.14\%$ 이었고, 공시계통 중 총 유리당 함량이 가장 높게 나타난 계통은 '근아노상'으로서 14.67%이었으며, '청시평'의 경우 5.57%로서 가장 낮은 함량을 나타냈다.

3. '근아노상' 등 유리당의 함이 10% 이상인 계통을 1차 선발한 후 단과중, 수량 및 당도 함량에 대한 과실적 특성을 종합적으로 비교한 결과 '환심조생', '개량조생십문자', '중고조' 및 '근아노상' 계통은 이들 특성을 모두 만족시켜 오디생산용 유망계통으로 이용가능성이 있는 것으로 판단되었다.

## 인용문헌

- 김현복·김선림·문재유(2002) 오디 Anthocyanin 색소 정량 및 품종 변이. 韓育誌 34(3): 207~211.
- 金善林·朴勝義·車善佑·徐鍾許·鄭泰旭(1994) 熟期에 따른 찰옥수수 및 超糖옥수수의 主要 品質特性 變化. 韓作誌 39(1): 73~78.
- 金善礪·朴光駿·李杭周(1998) 뽕나무 오디추출물의 抗炎症·抗酸化 作用에 대한 生理活性 檢索. 藥作誌 6(3): 204~209.
- 김태완·권영배·이장현·양일석·염종경·이희삼·문재유(1996) 오디의 항당뇨 효능에 관한 연구. 韓蝨學誌 38(2): 100~107.
- 고광출(1994) 뽕나무과실의 과수화와 이용기술연구(I) 뽕나무 과수화 기초연구 농업특정연구개발사업보고서. 농촌진흥청.
- 李應昊·具在根·李鍾壽·河旼桓(1984) 고속액체크로마토그래피에 의한 市販 數種果實類의 遊離糖定量. 한국농화학회지 27(3): 158~162.
- 이희완·신동화·이완주(1998) 몇 가지 뽕품종에 따른 오디의 형태 및 화학적 성분의 특성. 韓蝨學誌 40(1): 1~7.
- 朴光駿·李龍基(1996) 뽕나무의 倍數性에 따른 오디의 形態 및 品質 特性 差異. 農業論文集 38(1): 307~317.
- 박광준·이용기(1997) 한반도에서 자생하는 뽕나무 3종이 자연교잡된 때의 稔性과 오디의 과실특성. 韓蝨學誌 39(2): 106~113.
- 박세원·정이숙·고광출(1997) 오디 품종간 안토시아닌 정량분석 및 생리활성 검색. 韓園誌 38(6): 722~724.