

## 뽕잎 품종별 기능성 성분 분석

채주영 · 이준영 · 황인승\* · 황보득\* · 최필환\* · 이완주\*\* · 김진원\*\* · 김선여\*\*\* · 최상원 · 이순재†

대구가톨릭대학교 식품영양학과, \*영천양잠농업협동조합  
\*\*농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부, \*\*\*경희대학교 동서의학대학원

### Analysis of Functional Components of Leaves of Different Mulberry Cultivars

Joo-Yeoung Chae, Jun-Young Lee, In-Sung Hoang\*, Duk Whangbo\*, Pil-Whan Choi\*,  
Won-Chu Lee\*\*, Jin-Won Kim\*\*, Sun-You Kim\*\*\*, Sang-Won Choi and Soon-Jae Rhee†

Dept. of Food Science and Nutrition, Catholic University of Daegu, Gyungsan 712-702, Korea  
\*Youngcheon Silkworm Culture Agricultural Co operative Association, Yeongcheon 770-090, Korea  
\*\*Dept. of Sericulture and Entomology, National Institute of Agricultural Science and Technology,  
Rural Development Administration, Suwon 441-100, Korea  
\*\*\*Graduate School of East-West Medical Science, Kyunghee University, Seoul 130-701, Korea

#### Abstract

Quantification of functional components, such as [1-deoxynojirimycin (DNJ),  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) and flavonoids] of four different cultivars (YK-209, Cheongil, Yongchon and Kaeryang) and parts (upper, middle and lower) of mulberry leaves harvested in different areas and periods was performed by HPLC to select the best quality of mulberry leaf suitable for manufacture of functional foods. Among four mulberry cultivars, YK-209 mulberry leaf had the highest DNJ, GABA and flavonoids levels. YK-209 mulberry leaf harvested in "Yeongcheon" area had greater DNJ, GABA and flavonoid contents than those harvested in "Sangju" area. Four major flavonoids of mulberry leaf were rutin, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside, astragalol, and their levels varied greatly with cultivars. YK-209 mulberry leaf had the highest flavonoids content among four cultivars. DNJ, GABA and flavonoid contents of young YK-209 mulberry leaf were relatively higher in the upper part than those in the middle and lower parts. Additionally, levels of DNJ, GABA and flavonoids were higher in mulberry leaves harvested in the earlier growing season (May) than in the late growing seasons (June and August). Particularly, among four flavonoids, rutin content had the highest in the mulberry leaf harvested in May, while isoquercitrin content did the highest in the mulberry leaf harvested in June and August. These results suggest that YK-209 mulberry leaf having high amount of functional components, such as DNJ, GABA and flavonoids, may be useful as potential source of beverages and tablets.

**Key words:** mulberry (*Morus* spp.) leaves, DNJ, GABA, flavonoids

#### 서 론

뽕나무(*Morus alba* L.)는 뽕나무과(Moraceae)의 낙엽교목 또는 관목으로서 가는 가지는 회갈색 또는 회백색이고 잔털이 있으나 점차 없어진다. 잎은 난상원형 또는 긴 난상타원형이며 3~5개로 갈라지고 가장자리에 둔한 톱니가 있으며 끝이 뾰족하고 표면은 거칠거나 평활하며 뒷면은 백위에 잔털이 있다(1). 현재 우리나라에서 재배되고 있는 뽕나무 품종은 산상계, 백상계, 노상계가 있으며 그 외에도 흑상계, 적상계 및 인도상계를 포함하여 130종의 다양한 품종이 재배되고 있다(1).

뽕나무 관련 잠상물질로는 상엽, 상백피, 잠뇨, 상심자, 상지 및 백강잠 등이 있으나 이들 중 상엽(뽕나무 잎)은 본초강

북 등의 동양의약서에 상백피, 상심자 등과 함께 소갈증(지금의 당뇨)을 예방·치료하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다(2,3). 아울러 뽕잎추출물은 해열작용, 거담작용 및 진해작용 등의 생리활성작용이 있어 한방에서는 상국음(桑菊飲)으로 처방되고 있다(2,3).

한편, 뽕잎에는 단백질, 아미노산, 비타민, 미네랄 및 다량의 식이성 섬유소 뿐 아니라 flavones, steroids 및 triterpenes와 같은 다양한 생리활성물질을 함유하고 있는 것으로 보고되고 있다(4,5). 또한, 뽕잎은 항당뇨(6-11), 항고지혈증(12,13) 및 항산화작용(14-16) 등 여러 가지 생리적·약리적 작용을 갖고 있어 최근 기능성 식품, 화장품 및 의약품의 신소재로서 크게 각광을 받고 있다.

뽕잎에 함유되어 있는 여러 가지 생리활성성분 중 혈당강

†Corresponding author. E-mail: sjrhee@cataegu.ac.kr  
Phone: 82-53-850-3523. Fax: 82-53-850-3504

항성분으로 알려진 1-deoxynojirimycin(DNJ)(11), 혈압강화 성분인  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) (17) 및 항산화성분의 flavonoid 화합물(15)은 뽕잎의 우수한 기능성을 나타내는 대표적인 지표물질로서 잘 알려져 있다. 그리고 이들 생리활성물질은 뽕나무의 품종별, 시기별, 지역별 및 생육조건에 따라 그 함량이 크게 차이가 있다(13,17,18). 최근 수원에서 재배되고 있는 여러 뽕잎의 기능성 성분에 관한 연구 보고는 있으나 뽕잎의 주산지인 경상북도에서 재배되고 있는 뽕잎의 기능성 성분에 관한 연구 보고는 없는 실정이다. 따라서 뽕잎을 이용한 고품질의 여러 가지 기능성식품의 제조에 앞서 그 원료로서 적합한 뽕잎을 선별하는 것이 매우 중요하다.

본 연구는 뽕잎을 이용한 기능성식품의 제조의 일환으로 먼저 생리활성 성분이 가장 우수한 뽕잎 시료를 선별하고자 영천지역과 상주지역에서 4종의 뽕잎을 채취하여 품종별, 산지별, 부위별 및 생육시기별에 따른 DNJ, GABA 및 flavonoids 성분의 함량을 HPLC로 측정하여 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용한 뽕잎은 경상북도 영천양잠농업협동조합과 경상북도 농업기술원 상주잠사곤충사업장에서 재배하고 있는 뽕나무로부터 직접 채취하였다. 뽕잎은 2001년 5월, 6월, 8월중에 엽부위별로 채취한 다음 흐르는 물에 3번 정도 수세한 후 열풍건조기로 수분함량이 5~7% 될 때까지 건조하여 200 mesh 정도로 분말화한 것을 공시재료로 사용하였다. 상위엽으로는 줄기 상부에 착생한 완전전개 전의 길이가 5~10 cm 사이인 잎을 채취하였고 중위엽은 상위로부터 전체길이의 20% 위치, 그리고 하위엽은 상위로부터 전체길이의 70% 위치의 부분으로 하여 각각 채취하였다. 뽕잎채취에 사용한 품종은 영천지역의 YK-209와 청일뽕, 그리고 상주지역의 YK-209뽕, 용천뽕 및 개량뽕이었다.

### 시약 및 기기

본 실험에 사용된 1-deoxynojirimycin,  $\gamma$ -aminobutyric acid 및 rutin은 Sigma Chemical Co. (St. Louis, USA)로부터 구입하였으며, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside 및 astragalins의 표준품은 농촌진흥청 잠사곤충부로부터 제공받은 정제된 순품(99.8% 이상)을 사용하였다. 그리고 HPLC 분석용 유기용매(AcOH, MeOH, CH<sub>3</sub>CN 등)는 Merck Chemical Co. (Darmstadt, Germany)를 사용하였다. 사용된 기기는 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biotech Co., Biochrom 20, Sweden), 감압농축기(NE-1, EYELA, Japan) 등을 사용하였다. HPLC 분석기기는 Waters Associate의 분석용 liquid chromatography로서 510 HPLC pump, fluorescence 및 486 UV detector, 그리고 Millennium 32 software가 부착된 것을 사용하였다.

### 실험 방법

**1-Deoxynojirimycin(DNJ) 정량 분석** : 뽕잎내의 혈압강화성분인 DNJ 함량 측정은 Stead와 Richards(19)의 방법을 약간 변형하여 다음과 같이 실시하였다. 즉, 건조뽕잎 0.1 g에 물 10 mL을 가하여 1시간 동안 ultrasonicator(Bransonic, USA)에서 추출한 후 다시 30초 동안 vortexing 하였다. 다시 60°C에서 1시간동안 추출한 후 12,000 rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 상등액을 모았다. 위의 방법을 2회 반복 추출하여 얻어진 상등액을 모두 합한 후 물로 100 mL가 되도록 희석하였다. 1.5 mL eppendorf tube에 0.4 M borate buffer(pH 8.5) 10  $\mu$ L, 뽕잎 추출물 10  $\mu$ L, 5 mM FMO-CI(in CH<sub>3</sub>CN) 20  $\mu$ L 첨가한 후 20°C water circulator에서 20분간 반응시킨 후 20°C로 유지된 0.1 M glycine 10  $\mu$ L를 첨가하여 반응을 종료시켰다. 반응액에 0.1% acetic acid 950  $\mu$ L 첨가한 후 0.2  $\mu$ m syringe filter(Nalgene, nylon filter)에 통과시킨 후 미리 24°C를 유지하고 있는 HPLC의 autosampler를 이용하여 10  $\mu$ L씩 HPLC에 주입하여 분석하였다. 표준용액은 표준품 5 mg을 취하여 증류수 1 mL에 용해시켜 사용하였다. 이때, HPLC(Spectra System HPLC ThermoQuest, USA)의 분석조건은 다음과 같다. 사용한 칼럼은 phenomenex Luna C<sub>18</sub> column(4.6×250 mm), 측정온도는 30°C, 유속은 1.0 mL/min, 형광검출기는 여기파장 254 nm 및 방사파장 322 nm를 사용하였다. 그리고 이동상으로는 0.1% AcOH-CH<sub>3</sub>CN(50 : 50, v/v)을 사용해서 isocratic elution시켰다.

**$\gamma$ -Aminobutyric acid(GABA) 정량 분석** : 뽕잎의 혈압강화물질인 GABA 함량 측정은 Bang 등(17)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 즉, 마쇄한 뽕잎 1 g에 4% sulfosalicylic acid 용액 20 mL을 가하여 30°C에서 1시간 동안 초음파 추출하였다. 추출한 시료는 4°C에서 60분 동안 방치한 후 원심분리(12,000 rpm, 5°C, 15 min)하여 단백질을 침전시켰다. 여기서 얻어진 상등액과 동량의 Uriprep(contain lithium ion)을 혼합하여 실온에서 5분간 방치한 후 침전되는 단백질을 다시 원심분리(13,000 rpm, 4°C, 5 min)하여 제거하였다. 원심분리하여 얻은 상등액을 syringe filter(0.45  $\mu$ m)로 여과하여 적당히 희석한 후 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biotech Co., Biochrom 20, Sweden)를 사용하여 GABA 함량을 측정하였다. 이때 기기분석 조건으로서 칼럼은 양이온교환칼럼(Li-form)을, retention time은 110분, loading volume은 40  $\mu$ L, mobile phase는 10 mM sodium phosphate (pH 2.5)와 20 mM sodium phosphate buffer(pH 7.5)을, UV/Vis detector는 570 nm에서, 그리고 유속은 0.3 mL/min로 사용하였다.

**Flavonoids 정량 분석** : 뽕잎의 항산화성분인 flavonoid 함량 측정은 Yun과 Lee(18)의 방법을 약간 변형하여 다음과 같이 실시하였다. 즉, 건조뽕잎 1 g에 80% 수용성메탄올 100 mL를 가하여 상온에서 magnetic stirrer로 12시간 동안 2회 반복 추출하여 여과한 후 rotary vacuum evaporator(N N se-

ries, Eyela, Japan)로 농축하여 메탄올추출물을 얻었다. 이것을 다시 20% 수용성메탄올 10 mL로 현탁시킨 후 여기에 CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>(50 mL)를 가하여 분획하여 탈지 및 탈색한 다음 다시 *n*-BuOH(50 mL)를 가하여 2회 반복하여 분획한 다음 얻어진 상층을 농축하여 부탄올 추출물을 얻었다. 다음, 이를 80% 수용성메탄올 4 mL로 다시 용해한 후 0.45 μm membrane filter(Gelman, USA)에 통과시켜 얻어진 시료 용액의 flavonoid의 성분을 HPLC로 분석하였다. 이때 HPLC 조건으로, column은 YMC-pack pro C<sub>18</sub> column(5 μm, 4.6×250 mm), flow rate은 1.0 mL/min, UV detector는 350 nm, 이동상으로는 2.5% AcOH : MeOH : CH<sub>3</sub>CN(70 : 10 : 20, v/v)의 혼합용매를 사용하여 isocratic elution시켰다. 위의 3가지 뽕잎의 기능성성분의 함량은 2회 반복 측정한 후 평균하여 나타내었다.

통계분석

모든 자료는 평균과 표준오차로 표시하며, 집단간의 유의차 검정을 위하여 Tukey's HSD test를 실시하였다(p<0.05).

결과 및 고찰

뽕잎의 품종별 기능성 성분 함량

품종을 달리한 뽕잎종의 항당뇨성분 DNJ와 항고혈압성 성분인 GABA 및 항산화성분인 flavonoid 함량을 측정된 결과는 Table 1과 Fig. 1, 2와 같다. 뽕잎의 혈당강하성분의 하나인 DNJ는(11) monocyclic piperidine 계열의 polyhydroxylated alkaloid 물질로서 뽕나무 뿌리에서 처음으로 분리되었으며(3), 당뇨병에서 혈당상승의 역할을 하는 α-glycosidase 저해제로써 잘 알려져 있다(20). 지금까지 여러 식물에 DNJ가 존재함이 밝혀지고 있으며(20), 특히 상엽 뿐만 아니라 상백피에서도 발견된 바 있다(7,11,21,22). 이러한 항당뇨성분인 DNJ의 함량을 YK-209, 청일뽕, 용천뽕 및 개량뽕 등 4가지 품종을 조사한 결과 YK-209 뽕잎이 192.8 mg%로 가장 높았으며, 그 다음으로 용천뽕(188.1 mg%), 청일뽕(169.9 mg%) 및 개량뽕(143.9 mg%) 순으로 나타났다.

뽕잎에 함유되어 있는 혈압상승 억제제인 GABA는 비단백질 구성 아미노산으로 화학구조상 ω-아미노산으로 분류되며, L glutamic acid의 α 탄소에 결합되어 있는 carboxyl기가 glutamic acid decarboxylase에 의해 탈탄산되어 생성

Table 1. Contents of 1-deoxyojirimycin (DNJ) and γ-aminobutyric acid (GABA) in leaf of different mulberry cultivars

Cultivar	DNJ	GABA
	(mg% dry base)	(mg% wet base)
YK-209	192.8 ± 0.30 <sup>1)(a2)</sup>	47.2 ± 0.08 <sup>a</sup>
Cheongil	169.9 ± 0.15 <sup>c</sup>	41.4 ± 0.05 <sup>b</sup>
Yongchon	188.1 ± 0.24 <sup>b</sup>	41.8 ± 0.05 <sup>b</sup>
Kaeryang	143.9 ± 0.15 <sup>d</sup>	42.7 ± 0.03 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Data represent means of triplicate analysis.

<sup>2)</sup>Means in each column with similar superscripts are not significantly different (p<0.05, Turkey test).

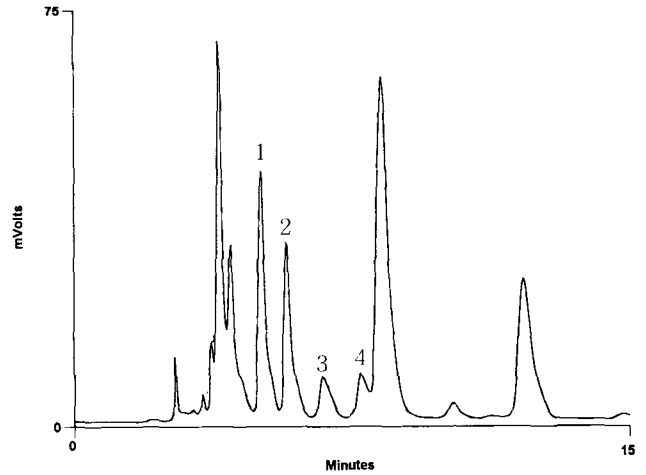


Fig. 1. HPLC chromatogram of four flavonoid in YK-209 mulberry leaf.

1, rutin; 2, isoquercitrin; 3, kaempferol-3-O-rutinoside; 4, astragalgin. HPLC conditions: column, YMC-pack pro C<sub>18</sub> column (5 μm, 4.6 mm×250 mm); mobile phase, 2.5% AcOH-MeOH-CH<sub>3</sub>CN (70 : 10 : 20, v/v); flow rate, 1.0 mL/min; detection, UV<sub>350</sub> nm.

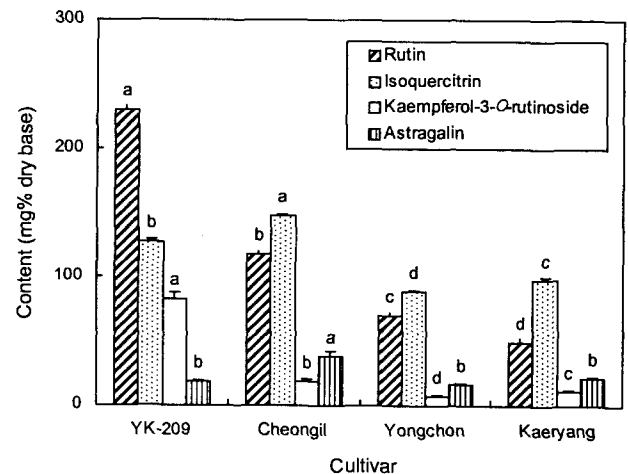


Fig. 2. Flavonoid content of dried mulberry leaf.

Data represent means of triplicate analysis. Means with similar letters are not significantly different (p<0.05, Turkey test).

된다(23). GABA는 인체내에서는 신경계나 혈액에 함유되어 있고, 뇌하수체 중에 존재하는 억제성 신경전달물질로써 중요한 역할을 담당한다. 또한 식욕과 포만감을 조절하여 체중을 감소시키며 세포의 분화와 발달, 그리고 식물체의 저항성 등에 직접 또는 간접적으로 관여하며 특히 체내에 축적되지 않고 분해되기 때문에 인체에 부작용이 전혀 없는 것으로 알려져 있다(24). 뽕잎의 품종별 GABA 함량을 측정된 결과 생체중량당 YK-209 뽕잎의 경우 47.2 mg%로 청일뽕 41.4 mg%, 용천뽕 41.8 mg% 및 개량뽕 42.7 mg%에 비해 그 함량이 높았으며, 특히 녹차잎에 비해 약 10배 정도 높았다(25). 이러한 GABA 함량은 최근 Yun과 Lee(26)의 보고에서 용천뽕잎과 개량뽕잎이 YK 209 뽕잎보다 그 함량이 높다는 결과와는 반대의 경향을 보였다.

Flavonoid는  $\gamma$ -pyrone기를 지니고 있는 폴리페놀화합물의 일종으로서 식물의 액포에 주로 배당체로 존재하는 식물성색소 화합물이다. Flavonoid는 항염증, 항혈전, 항고지혈증 및 항산화작용 등 여러 가지 생리적·약리적 작용(27,28)을 지니고 있으며, 아울러 flavonoid를 다량 함유하고 있는 과채류의 섭취는 암 및 심장병의 발병을 억제하는 효과가 있는 것으로 보고되고 있다(29,30). 본 연구에서는 뽕잎으로부터 4가지 다른 flavonoids(rutin, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside, 및 astragalinal)를 확인하였으며(Fig. 1), 이는 이전의 보고(15,18,31)에서 이미 확인한 바가 있다. 뽕잎 품종별로 flavonoid의 구성성분의 함량을 비교한 결과 YK-209에서는 rutin, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside, astragalinal 함량이 각각 230.3, 127.0, 82.6, 19.0 mg%으로 rutin 함량이 가장 높았으며, 다음으로 isoquercitrin>kaempferol-3-O-rutinoside>astragalinal 순으로 낮게 나타났다. 반면, 청일뽕잎은 117.6, 147.3, 18.9, 37.7 mg%과 용천뽕잎은 69.7, 88.6, 7.4, 16.3 mg%, 그리고 개량뽕잎은 49.9, 97.9, 10.9, 21.5 mg%으로 isoquercitrin 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로 rutin이 높았으나 kaempferol-3-O-rutinoside 및 astragalinal 함량은 다소 품종에 따라 차이를 보였다. YK-209 뽕잎의 flavonoid 함량이 가장 높았다. 특히 YK-209 뽕잎은 isoquercitrin 및 astragalinal 함량이 낮은 반면, 모세혈관 수축작용을 하는 rutin과 kaempferol-3-O-rutinoside 함량이 다른 품종에 비해 월등히 높으며 특히 뽕잎의 평균 rutin 함량이 건물중의 약 0.29% 차지하고 있어 메밀의 rutin 함량(0.04~0.12%)보다 매우 높아(32,33) 향후 뽕잎을 효과적으로 이용한 고부가가치의 기능성 식품의 개발이 요구되고 있다. 이와같이 용천뽕과 개량뽕을 교배하여 얻은 YK-209 뽕잎이 DNJ, GABA 및 flavonoids와 같은 기능성성분의 함량이 높음을 알 수 있었다. 이러한 연구결과는 최근 Yun과 Lee(26)의 보고에서 14종의 뽕나무 잎 품종 중 YK-209 뽕잎의 rutin 함량이 가장 높았다는 결과와 일치하였다.

**YK-209 뽕잎의 지역별 기능성 성분 함량**

YK-209 뽕잎을 지역별로 DNJ와 GABA 성분의 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 영천 및 상주지역의 YK-209 뽕잎의 DNJ 함량은 각각 192.8 mg%, 110.0 mg%로서 영천지역의 YK-209 뽕잎의 DNJ 함량이 상주지역의 뽕잎보다 높

**Table 2. Contents of 1-deoxynojirimycin (DNJ) and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in YK-209 mulberry leaf harvested in the different areas**

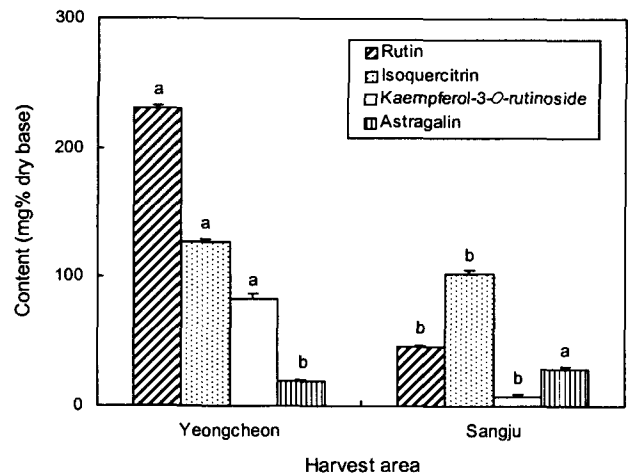
Area	DNJ	GABA
	(mg% dry base)	(mg% wet base)
Yeongcheon	192.8 ± 0.30 <sup>1)a2)</sup>	47.2 ± 0.08 <sup>a</sup>
Sangju	110.0 ± 0.14 <sup>b</sup>	37.6 ± 0.03 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup>Data represent means of triplicate analysis.  
<sup>2)</sup>Means in each column with similar superscripts are not significantly different (p<0.05, Turkey test).

았다. 다음 GABA 함량은 영천지역의 YK-209 뽕잎이 47.2 mg%, 상주지역의 YK-209 뽕잎이 37.6 mg%로 역시 영천지역의 YK-209 뽕잎의 GABA 함량이 높았다. 한편 YK-209 뽕잎의 flavonoid 화합물의 함량을 지역별로 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 4가지 flavonoid 화합물 중 영천지역의 뽕잎은 rutin 함량(230.3 mg%)이 가장 높았으며, 다음으로 isoquercitrin (127.0 mg%)>kaempferol-3-O-rutinoside(82.6 mg%)>astragalinal(19.0 mg%) 순으로 나타난 반면, 상주지역의 뽕잎은 isoquercitrin 함량(102.9 mg%)이 가장 높았으며, 다음으로 rutin(46.1 mg%)>astragalinal(28.3 mg%)>kaempferol-3-O-rutinoside(7.6 mg%) 순으로 감소하였다. 특히 영천지역의 YK-209 뽕잎은 항당뇨 성분인 DNJ와 항고혈압 성분인 GABA, 항산화 성분으로 잘 알려진 rutin과 kaempferol-3-O-rutinoside 함량이 상주지역의 뽕잎보다 월등히 높음을 알 수 있었다. 이와같이 DNJ, GABA 및 flavonoids 함량은 지역에 따라 다소 차이를 보였다.

**YK-209 뽕잎의 부위별 기능성 성분 함량**

부위별로 YK-209 뽕잎의 DNJ와 GABA 함량을 정량한 결과는 Table 3과 같다. 상위엽, 중위엽 및 하위엽별의 DNJ



**Fig. 3. Flavonoid content in YK-209 mulberry leaf harvested in the different areas.**

Data represent means of triplicate analysis. Means with similar letters are not significantly different (p<0.05, Turkey test).

**Table 3. Contents of 1-deoxynojirimycin (DNJ) and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in different parts of YK-209 mulberry leaves**

Part of mulberry leaf	DNJ	GABA
	(mg% dry base)	(mg% wet base)
Upper	230.1 ± 0.24 <sup>1)a2)</sup>	53.4 ± 0.06 <sup>a</sup>
Middle	208.1 ± 0.20 <sup>b</sup>	46.3 ± 0.04 <sup>b</sup>
Lower	140.2 ± 0.15 <sup>c</sup>	43.6 ± 0.04 <sup>c</sup>

<sup>1)</sup>Data represent means of triplicate analysis.  
<sup>2)</sup>Means in each column with similar superscripts are not significantly different (p<0.05, Turkey test).

함량이 각각 230.1, 208.1, 140.2 mg%로서 상위엽이 가장 높음을 알 수 있었다. GABA 함량은 상위엽, 중위엽 및 하위엽이 각각 53.4, 46.3, 43.6 mg%으로 위와 동일하게 상위엽이 가장 높은 GABA 함량을 나타내었다.

YK-209 뽕잎의 4가지 flavonoid 화합물의 함량을 부위별로 비교한 결과는 Fig. 4와 같다. Rutin, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside, 및 astragalín 함량은 상위엽, 중위엽 및 하위엽별로 각각 419.4, 201.4, 163.7, 36 mg%, 229.5, 146.0, 69.5, 16.4 mg% 및 41.9, 33.6, 14.6, 4.5 mg%으로 부위 중 상위엽의 flavonoid 함량이 가장 높음을 알 수 있었다. 이는 Yun과 Lee(26)의 연구에서 부위별에서는 노쇠한 하위엽보다 상위엽으로 갈수록 함량이 높았다는 결과와 일치하였다. 이와같이 YK-209 뽕잎중 상위엽이 DNJ, GABA 및 flavonoids 함량이 높았다.

YK-209 뽕잎의 생육시기별에 따른 기능성 성분 함량

생육시기에 따른 YK-209 뽕잎의 DNJ와 GABA 함량을 정량한 결과는 Table 4와 같다. 5월에 수확한 뽕잎의 DNJ 함량은 192.8 mg%로서 6월산의 138.9 mg%, 8월산의 104.0 mg%보다 그 함량이 높았다. 다음, GABA 함량은 각각 47.2,

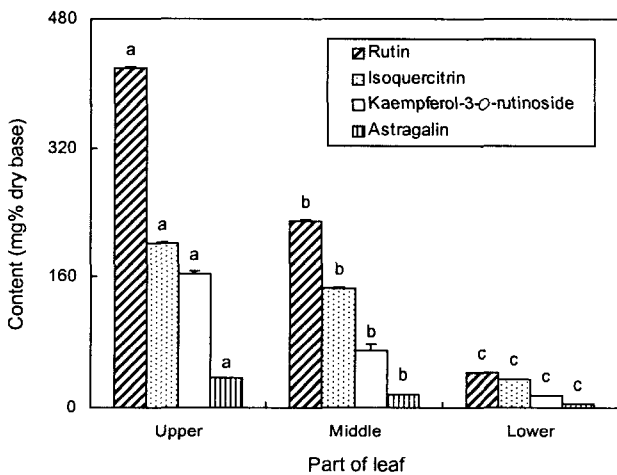


Fig. 4. Flavonoid content in different parts of YK-209 mulberry leaf.

Data represent means of triplicate analysis. Means with similar letters are not significantly different ( $p < 0.05$ , Turkey test).

Table 4. Harvest period variations in contents of 1-deoxy-*mycinojiri-mycin* (DNJ) and  $\gamma$ -aminobutyric acid (GABA) in YK-209 mulberry leaf

Harvest period variations	DNJ (mg% dry base)	GABA (mg% wet base)
May	192.8 ± 0.30 <sup>1)a2)</sup>	47.2 ± 0.08 <sup>a</sup>
June	138.9 ± 0.22 <sup>b</sup>	42.4 ± 0.03 <sup>b</sup>
August	104.0 ± 0.21 <sup>c</sup>	46.4 ± 0.04 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup>Data represent means of triplicate analysis.

<sup>2)</sup>Means in each column with similar superscripts are not significantly different ( $p < 0.05$ , Turkey test).

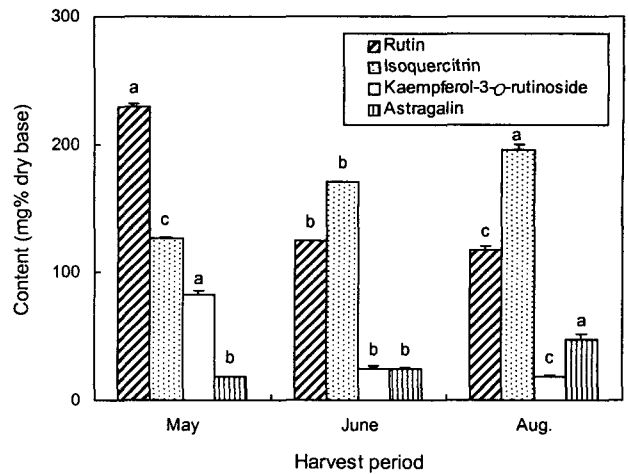


Fig. 5. Harvest period variations in flavonoid content of YK-209 mulberry leaf.

Data represent means of triplicate analysis. Means with similar letters are not significantly different ( $p < 0.05$ , Turkey test).

42.4, 46.4 mg%로 후기인 5월이 6월과 후기인 8월보다 GABA 함량이 높음을 알 수 있었다.

뽕잎의 flavonoid 화합물의 함량을 생육시기별로 비교한 결과는 Fig. 5와 같다. 5월산 뽕잎의 rutin, isoquercitrin, kaempferol-3-O-rutinoside 및 astragalín 함량은 각각 230.3, 127.0, 82.6 및 19.0 mg%이었으며, 6월산은 124.5, 171.0, 24.6 및 25.1 mg%과 후기인 8월산의 함량은 117.8, 195.5, 18.2 및 47.8 mg%으로 후기인 5월산의 flavonoids 함량이 가장 높았다. 그리고 4가지 flavonoids 중 5월산은 rutin의 함량이 매우 높은 반면, 6월산과 8월산의 뽕잎은 isoquercitrin 함량이 5월산보다 높음을 알 수 있었다. 이는 Yun과 Lee(26)의 연구에서 후기인 8, 9월보다 후기인 5월의 flavonoid 함량이 높았다는 결과와 일치하였다.

이에 본 연구에서 영천과 상주에서 재배되고 있는 뽕잎중 4종의 성분조사를 관찰한 결과 YK-209 뽕잎은 항당뇨, 항고혈압 및 항산화 기능성 성분의 지표물질인 DNJ, GABA 및 flavonoid 함량이 다른 품종보다 높았으며, 영천지역에서 재배한 YK-209 뽕잎이 대체로 상주지역에 비해 함량이 보다 높은 경향이였다. 그리고 후기인 5월의 상위엽의 기능성 성분 함량이 높음을 확인할 수 있었다.

이러한 연구 결과로부터 항당뇨, 항고혈압 및 항산화성 활성을 나타내는 기능성물질을 많이 함유하고 있는 YK-209 뽕잎을 기능성 식품 신소재로서 활용가치가 크다고 생각되며, 향후 YK-209 뽕잎을 이용한 고부가가치의 기능성건강식품의 제조기술 개발이 요구되고 있다.

요 약

본 연구는 뽕잎을 이용한 고부가가치의 기능성식품의 제조에 적합한 뽕잎 품종을 선별하고자 품종별(YK-209, Cheong-

il, Yongchon and Kaeryang), 산지별(영천 및 상주), 부위별(상위, 중위 및 하위엽) 및 생육시기별(5월, 6월 및 8월)에 따른 뽕잎의 기능성 지표물질인 DNJ, GABA 및 flavonoid의 함량을 HPLC로 정량하였다. 4가지 뽕잎 중 YK-209 뽕잎의 기능성물질(DNJ, GABA 및 flavonoid) 함량이 가장 높았다. 그리고 YK-209 뽕잎으로부터 분리된 4가지 flavonoid 중 rutin 함량이 가장 높았으며, 그 다음으로 isoquercitrin>kaempferol-3-O-rutinoside>astragalinsun으로 나타났으나 그 외 3가지 뽕잎에서는 isoquercitrin의 함량이 가장 높았고 그 다음으로 rutin이 차지하였으나 품종별, 산지별, 부위별 및 성장시기별에 따라 flavonoid 구성성분의 함량이 다소 차이가 있었다. 영천지역에서 수확한 YK-209 뽕잎의 3가지 기능성물질의 함량이 상주에서 수확한 뽕잎보다 그 함량이 높았다. 한편, YK-209 뽕잎의 부위 중 상위엽이 중위 및 하위엽보다 3가지 기능성물질의 함량이 높았다. 끝으로 YK-209 뽕잎의 성장시기 중 5월에 수확한 것이 6월 및 8월에 수확한 뽕잎보다 기능성물질의 함량이 높았다. 이러한 연구결과를 미루어볼 때 3가지 기능성성분 함량이 높은 YK-209 뽕잎(용천뽕과 개량뽕을 교배하여 얻은 것)의 5월산 상위엽을 향후 뽕잎의 이용한 기능성식품의 제조용 원료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업 과제(20000065) 지원으로 수행된 연구결과의 일부로서 이에 감사드립니다.

### 문헌

1. Ui Song Medicinal Plant Experiment Station of Agricultural Research Center in Gyeongbuk, Korea. 2000. *Illustrated Book of Medicinal Plants*. Dongamunhwasa, Seoul. p 120.
2. Publishing Committee of Sangyakhak, Korea. 2000. *Sangyakhak*. Dongmyongsa, Seoul. p 257.
3. Asano N, Nash RJ, Molyneux RJ, Fleet GWJ. 2000. Sugar-mimic glycosidase inhibitors: natural occurrence, biological activity and prospects for therapeutic application. *Tetrahedron: Asymmetry* 11: 1645-1680.
4. Kondo Y. 1957. Trace constituents of mulberry leaves. *Nippon Sanshigaku Zasshi* 26: 349-352.
5. Katai K. 1942. Trace components in mulberry leaves. *J Chem Soc Jpn* 18: 379-383.
6. Basnet P, Kadota S, Terashima S, Simazu S, Namba T. 1993. Two new 2-arylbenzofuran derivatives from hypoglycemic activity-bearing fractions of *Morus insignis*. *Chem Pharm Bull* 41: 1238-1243.
7. Asano N, Oseki K, Tomioka E, Kizu H, Matsui K. 1994. N-containing sugars from *Morus alba* and their glycosidase inhibitory activities. *Carbohydrate Research* 259: 243-255.
8. Kimura M, Chen F, Nakashima N, Kimura I, Asano N, Koya S. 1995. Antihyperglycemic effect of N-containing sugars derived from mulberry leaves in streptozotocin-induced diabetic mice. *J Traditional Medicine* 12: 214-219.
9. Lee JS, Choi MH, Chung SH. 1995. Blood glucose-lowering effects of *Mori folium*. *Yakhak Hoeji* 39: 367-372.
10. Kim MS, Choue RW, Chung SH, Koo SJ. 1998. Blood glucose lowering effects of mulberry leaves and silkworm extracts on mice fed with high-carbohydrate diet. *Kor J Nutr* 31: 117-121.
11. Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Ku HO, Lee HS, Lee KR. 1999. Hypoglycemic effect of mulberry leaves with anaerobic treatment in alloxan-induced diabetic mice. *Kor J Pharmacogn* 30: 123-129.
12. Kim SY, Lee WC. 1996. The effects of mulberry on inhibition of HMG-Co A reductase activity. *RDA J Agric Sci* 38: 133-139.
13. Kim SY, Lee WC, Kim HB, Kim AJ, Kim SK. 1998. Antihyperlipidemic effects of methanol extracts from mulberry leaves in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 27: 1217-1222.
14. Yen GC, Wu SC, Duh PD. 1996. Extraction and identification of antioxidant components from the leaves of mulberry (*Morus alba* L.). *J Agric Food Chem* 44: 1687-1690.
15. Kim SY, Gao JJ, Lee WC, Ryu KS, Lee KR, Kim YC. 1999. Antioxidative flavonoids from the leaves of *Morus alba*. *Arch Pharm Res* 22: 81-85.
16. Doi K, Kojima T, Fujimoto Y. 2000. Mulberry leaf extract inhibits the oxidative modification of rabbit and human low density lipoprotein. *Biol Pharm Bull* 23: 1066-1071.
17. Bang HS, Lee WC, Shon HR, Choi YC, Kim HB. 1998. Varietal comparison of  $\gamma$ -aminobutyric acid content in mulberry root bark. *Kor J Seric Sci* 40: 13-16.
18. Yun SJ, Lee WC. 1995. Studies on the utilization of pharmacologically active constituents in mulberry: 1. Varietal and seasonal variations of flavonol glycoside content in leaves. *RDA J Agric Sci* 37: 201-205.
19. Stead DA, Richards RM. 1996. Sensitive fluorimetric determination of gentamicin sulfate in biological matrices using solid-phase extraction, pre-column derivatization with 9-fluorenylmethyl chloroformate and reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr B Biomed Appl* 26:675(2): 295-302.
20. Niwa T, Inouye T, Koaze TY, Niida T. 1970. "Nojirimycin" as a potent inhibitor of glucosidase. *Agr Biol Chem* 34: 966-971.
21. Asano N, Tomioka E, Kizu H, Matsui K. 1994. Sugars with nitrogen in the ring isolated from the leaves of *Morus bombycis*. *Carbohydr Res* 253: 235-245.
22. Asano N, Oseki K, Kizu H, Matsui K. 1994. Nitrogen-in-the ring pyranoses and furanoses: structural basis of inhibition of mammalian glycosidase. *J Med Chem* 37: 3701-3706.
23. Narayan VS, Nair PM. 1986. The 4-aminobutyrate shunt in *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 25: 997-1001.
24. Narayan VS, Nair PM. 1990. Metabolism, enzymology and possible roles of 4-aminobutyrate in higher plants. *Phytochemistry* 29: 367-375.
25. Machii H. 1986. On  $\gamma$ -aminobutyrate acid contained in mulberry leaves. *J Seric Sci Jpn* 59: 381-382.
26. Yun SJ, Lee WC. 1995. Studies on the utilization of pharmacologically active constituents in mulberry. 2.  $\gamma$ -aminobutyric acid in leaves and effects of an anaerobic condition on its content. *RDA J Agric Sci* 37: 207-213.
27. Havsteen B. 1983. Flavonoids, a class of natural products of high pharmacological potency. *Biochem Pharmacol* 32: 1141-1149.
28. Harborne JB, Williams CA. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry* 55: 481-504.
29. Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and

- 9 fruits commonly consumed in the Netherland. *J Agric Food Chem* 40: 2379-2383.
30. Hertog MGL, Feskens EJ, Hollman PC, Katan MB, Kromhout D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 342: 1007-1011.
31. Onogi A, Osawa K, Yasuda H, Sakai A, Morita H, Itokawa H. 1993. Flavonol glycosides from the leaves of *Morus alba* L. *Shoyakugaku Zasshi* 47: 423-425.
32. Markham KR. 1989. Flavones, flavonols and their glycosides. *Methods in Plant Biochemistry* 1: 197-235.
33. Yun SJ, Lee WC, Park KJ, Lim SH. 1995. Studies on the utilization of pharmacologically active constituents in mulberry. 3. Preparation of leaves containing high level of rutin and  $\gamma$ -aminobutyric acid and their use as tea material. *RDA J Agric Sci* 37: 215-219.

(2002년 8월 22일 접수; 2003년 1월 7일 채택)