

차조기(紫蘇葉) 채취시기별 유효성분 함량의 변화

안 홍[†]

대구보건대학 호텔조리음료계열

Available Components of *Chajogi* (*Perilla sikokiana* B.) at Different Harvest Periods

Hong Ahn[†]

Department of Hotel Culinary Arts & Wine · Coffee, Daegu Health College, Daegu 702-722, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the changes of available components in *Chajogi* (*Perilla sikokiana* B.) by different harvest periods. The *Chajogi* samples were divided into four groups by harvest period. The four groups were divided into I (harvesting sample at 14, July, 2005), II (harvesting sample at 25, July, 2005), III (harvesting sample at 15, Aug, 2005) and IV sample (harvesting sample at 2, Sept., 2005), and then analysed with regard to the content of proximate compositions, minerals, amino acids, perillaldehyde and anthocyanin. The contents of reducing sugar increased with increasing harvesting periods, while those of crude protein, crude lipid and total amino acids decreased for IV sample as compared to the other samples. The levels of heavy metals in all samples were not detected. The Zn, Fe and Mg contents of IV sample decreased sharply. The perillaldehyde contents were 0.36%, 0.42%, 0.45%, and 0.35% for I, II, III, and IV products, respectively. III sample as compared to the other samples was shown to have the highest anthocyanine content (1.21% in dry basis). In conclusion, the date of harvesting *Chajogi* affects the contents of available components.

Key words : *Chajogi* (*Perilla sikokiana* B.), perillaldehyde, anthocyanin

서 론

차조기(*Perilla sikokiana* Britton)는 꿀풀과(脣形科, Labiatae)에 속하는 1년생 초본으로 중국이 원산지이며, 잎을 9월 상순, 즉 백로전후에 지엽(枝葉)이 무성하고 화서(花序)가 나오기 시작할 때에 채취하여 건조한 것으로 잎의 양면이 모두 자갈색(紫褐色)이거나 녹색(綠褐色)이고 털이 많은데, 엽맥 위에 털이 더욱 많으며, 뒷면에는 가는 선모가 있다(1). 한방에서는 차조기의 잎을 자소엽(紫蘇葉)이라 불리며, 종자는 소자(蘇子)라 불리며, 주로 발한, 지혈, 해열, 진통, 진정 및 아토피 등의 피부질환에 치료에 사용되고 있다(2,3). 또한 차조기는 식품으로서도 다양한 기능성을 가지고 있는 방향성 식품재료이며, 이를 이용하여 식품에 좋은 향기를 내기 위하여 첨가하면 식욕을 돋우어 줄 수

있을 뿐만 아니라 식품의 좋지 못한 냄새를 제거한다(4,5). 차조기에는 전초에 약 0.5%의 정유성분이 함유되어 있는데, 정유성분의 약 55%는 perillaldehyde, 20~30% l-limonene 및 소량의 α -pinene 이외에도 arginine, cyanidin-3, 5- β -glucoside 등이 함유되어 있는 것으로 잘 알려져 있다(6). 그러나 차조기의 잎은 인체에서 다양한 기능성을 가진 적색 색소성분인 anthocyanin계열의 성분들이 다양하게 함유되어 있는 것으로도 잘 알려져 있으며, 차조기 잎에서 anthocyanin 색소를 분리하였으며, 잎과 줄기에서는 interferon 유도체, interferol 유도체 및 phosphoglycoprotein 등을 분리하였다(7). 차조기 잎의 효능에 관련된 연구결과는 다양하게 보고되어있다. 소엽의 chloroform 분획이 인체 피부흑색증세포의 항암효과(8), 소엽의 세포독성과 항암작용(9), 자소엽 추출물이 식중독 유발세균의 증식을 억제(10)며, 소엽추출물이 알레르기 천식의 치료에도 효과가 있음을 보고하였다(11). 차조기의 향기성분인 perillaldehyde와 색소성분인

[†]Corresponding author. E-mail : hong@mail.thc.ac.kr,
Phone : 82-53-320-1484, Fax : 82-53-320-1490

anthocyanin 성분의 분석 및 특성에 관련되는 연구는 거의 전무한 실정에 있다. 하지만 anthocyanin 색소의 특성, 분석 및 안정성에 관한 연구로 자색고구마 및 자색감자에 함유되어 있는 anthocyanin 색소를 대량 추출, 농축방법 및 광안정성(12-14), 자색고구마 색소의 농축액과 매실음료 anthocyanin의 가열분해에 대한 속도론적 연구(15), 오미자 색소 추출물의 가열 변색에 대한 속도에 대하여 보고하였다(16). 따라서 본 연구에서는 차조기를 노지에서 채취하여 시기별 유효 성분을 측정하여 차조기를 이용한 제품 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

시료 및 채취시기

경북칠곡군 송광 매실원 농장에서 하계 재배한 것으로 1차 채취는 2005년 7월 14일, 2차 채취는 7월 25일, 3차 채취는 8월 15일, 4차 채취는 9월 2일에 밭에서 임의로 3 kg을 채취하여 실험에 사용하였다.

추출방법 및 분석 시료

차조기 잎을 물과 1:10으로 blanching하여 초음파 기기(Decon FS200, Decon Ultrasonics Ltd, England)로 30분간 추출한 분석시료는 -65℃에서 저온 동결고(Gudero, DF9017, Il-Sin Engineering Co., Seoul)에서 동결시킨 다음 동결건조기(Bondiro, FD-5518-01, Il-Shin Engineering Co., Seoul)로 5일 동안 건조하였으며, 건조시료는 분쇄기(Bamix, DeLuxe, Switzerland)로 파쇄한 후 20 mesh sieve를 통과시킨 다음 유리병에 담아 데시케이터에 보관하면서 분석시료로 사용하였다.

일반 성분

일반성분들은 A.O.A.C.법(17)에 준하여 실시하였는데, 수분함량은 상압 가열건조법으로, 조단백질 함량은 Kjeldahl 증류법, 조지방 함량은 Soxhlet법으로 측정하였다.

중금속 분석

중금속함량의 측정은 원자흡광광도계(Atomic Absorption Spectrometer ; Varian spectra AA-220FS, Australia)를 이용하여 Pb, Cd, Hg 등을 분석하였다. As는 VGA-76(Vapor Generation Accessory)를 사용하여 측정하였고, 환원제로 0.6% sodium borohydride : sodium hydroxide(7:3)를 사용하여 함량을 측정하였다.

무기질 분석

무기질 분석은 동결 건조된 분말시료 약 1 g을 취하여

65% (특급) HNO₃ 10 mL을 넣고 뚜껑을 열고 실온에서 3~5시간동안 방치한 뒤 100℃에서 산이 1 mL 정도 남을 때까지 가열하고 다시 질산 5 mL, HClO₄ 0.5~1 mL넣고 다시 2 mL 정도 남을 때까지 가열한 다음 초순수 50 mL로 희석하여 10 μL씩 주입하여 Na과 K은 원자흡광 분광광도계 (Spectra AA800, Varian Co., Australia)을 이용하여 분석하였고 Zn, Mn, Fe, Mg, P, Ca은 ICP emission spectrophotometer(38Plus, Jobin Yvon, Co., France)에 주입하여 분석하였다(18).

아미노산 분석

총 아미노산분석은 Yang(19)의 방법으로 동결 건조된 분말시료 1 g을 6 N HCl로 24시간 가수분해 시킨 후 감압건조기 (HB-501 VS, Korea)로 증발건고 시키고 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 녹여 100배로 희석한 후 amino acid analyzer (Biochrom 20, Pharmacia, Co., England)에 10 μL씩 주입하여 분석하였다.

Perillaldehyde 분석

Perillaldehyde함량은 차조기 잎의 추출은 Park 등(20) 방법에 의하여 추출하였으며 즉, 차조기 잎 100 g을 2 cm 정도로 자른 후, 물 500 mL를 첨가하여 100℃에서 2분간 blanching 한 후 30분 동안 초음파(Decon FS200, Decon Ultrasonics Ltd, England) 기기를 이용하여 추출(Whatman No.1), 여과하여 50℃에서 50 mL로 감압 농축하여 사용하였다. 분석은 GC(Star 3600CX, Varian, Australia) 사용하였고 그 조건으로 칼럼은 PEG 6000 17% Chromosorb W(AW - DMCS), 검출기 FID, 칼럼온도 180℃, 검출기 온도 208℃, 질소유량 20 mL/분으로 하였다.

Anthocyanin 추출 및 분석

차조기 잎에 함유되어 있는 anthocyanin의 함량을 조사하기 위하여 차조기 추출액을 Fig. 1과 같은 방법으로 정제하며, anthocyanin 함량을 조사하기 위하여 HPLC(Waters delta 600, waters, U.S.A.)를 이용하여 Table 1과 같은 조건으로 분석하였다.

Table 1. Conditions of HPLC chromatography for analysis of anthocyanin extracted from *Chajogi* (*Perilla sikokiana* B.)

Waters delta 600 HPLC system	
Detector	Waters 2996 PDA
Auto sampler	Thermo separation product AS 1000
Column	Symmetry C ¹⁸ 5 μm 3.9×150
Mobile phase	H ₂ O : Acetonitrile : Formic acid (75:20:5)
Flow rate	1.0 mL/min.
Detector wave length	530 nm

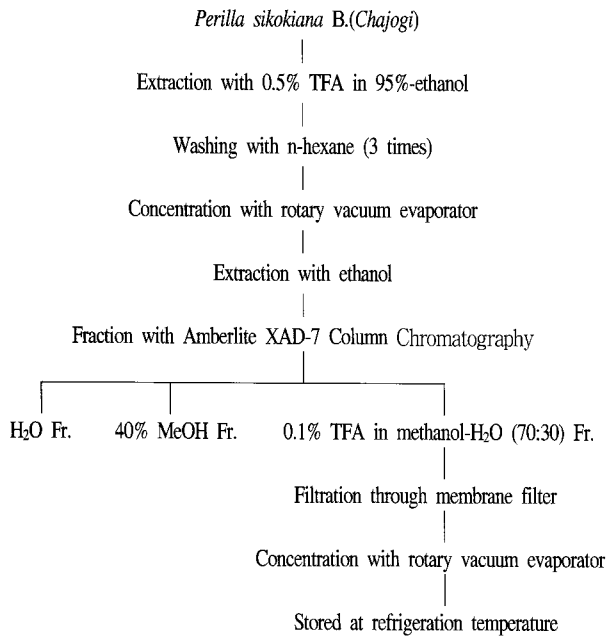


Fig. 1. Procedure for extraction and purification of Chajogi (*Perilla sikokiana* B.) anthocyanin.

결과 및 고찰

일반성분

차조기의 생육이 왕성하게 이루어지기 시작되는 7월부터 9월 초순까지 총 4회 걸쳐 수확 시기별로 차조기 잎과 어린 줄기를 채취하여 환원당, 조단백질 및 조지방의 함량을 조사한 결과는 Table 2와 같았다. 환원당의 함량은 생육이 진행됨에 따라 증가하였으며, III차 (8월 15일)까지는 미미하게 증가하였지만 IV차 (9월 2일) 이후에는 0.57%로서 급격하게 증가하는 경향을 나타내었다. 조단백질 및 조지방의 함량은 III차 수확시기 이후에는 급격하게 감소하였다. 특히 조단백질 및 조지방 함량은 I, II, III차 수확한 시료에서 비슷한 경향을 나타냈다. 수확 시기에 따라 환원당 함량의 증가는 당의 농도가 증가할수록 자색감자 anthocyanin 색소는 당의 첨가에 의해 안정성이 감소한다는

Table 2. Carbohydrate, crude protein and crude lipid content of Chajogi (*Perilla sikokiana* B.) at different harvest periods(% of dry basis)

Element	Harvesting sample ¹⁾			
	I	II	III	IV
Reducing sugar	0.19±0.02 ²⁾	0.20±0.12	0.29±0.04	0.57±0.07
Crude protein	26.00±0.03	26.30±0.17	26.81±0.03	19.02±0.04
Crude lipid	20.01±0.02	21.21±0.07	23.22±0.06	19.51±0.05

¹⁾ I, harvesting sample at 14, July, 2005 ; II, harvesting sample at 25, July, 2005 ; III harvesting sample at 15, Aug, 2005 ; IV, harvesting sample at 2, Sept., 2005. ²⁾Quoted values are means of triplicate experiments.

Rhim과 Kim(14)의 결과와 비교해 볼 때 환원당의 함량이 anthocyanin 색소의 함량에 크게 기인함은 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 한편, 조단백과 조지방의 III차 수확시기 이후 함량의 감소는 특히, 조지방중에는 지질 뿐만 아니라 차조기의 향기를 내는 방향성 정유성분도 포함되어 있을 것으로 예상되므로 III차 시기이후에 수확하는 차조기는 그 품질이 급격하게 떨어질 것으로 판단된다.

중금속 및 무기 성분 함량

차조기 생육 시기별로 잎과 줄기에 함유된 As²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ 및 Hg²⁺ (4 ppm이하 : 한계농도) 함량의 변화를 조사한 결과(데이터에 나타나지 않음)는 실험에 사용된 생육시기별 차조기의 잎과 줄기는 화학비료와 농약을 전혀 사용하지 않은 친환경 재배법에 따라 생산된 것으로 모든 시험 구에서 As²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ 및 Hg²⁺ 등이 함유되지 않은 것으로 나타나 친환경 재배법에 따라 생산된 차조기 잎과 줄기부분은 품질과 안전성이 매우 높은 것으로 판단된다.

한편, 생육시기별로 차조기 잎과 줄기에 함유된 무기성분들의 함량 변화를 조사한 결과는 Table 3과 같았다. 차조기 채취시기별 무기질 분석 결과 Zn²⁺, Fe²⁺, Mg²⁺, 함량은 수확 시기가 지나감에 따라서 그 함량이 다소 낮아지는 경향을 나타냈고, Na⁺경우는 수확 시기별로 그 함량이 높아지고, Mn²⁺ 경우 II차 수확시기(7월 25일)까지는 높아지다가 III차 수확 시기 (8월 15일)부터는 낮아지는 경향을 나타냈다. 그러나 Ca, K 함량은 수확 시기에 따라 큰 차이가 나타나지 않았다. 이런 결과는 차조기 재배 시 일조량과 자체의 생리적인 작용에 기인하는 것으로 판단되며, 특히 anthocyanin 색소와 관련하여 볼 때 anthocyanin 색소는 각종 금속 이온과 반응하여 착화합물을 형성하는데(21), Rhim과 Kim(14)은 금속 이온의 존재는 anthocyanin 색소의

Table 3. Mineral content of Chajogi (*Perilla sikokiana* B.) at different harvest periods

Element	Harvesting sample ¹⁾			
	I	II	III	IV
Zn	5.01±0.15 ²⁾	31.29±0.22	45.31±1.41	39.12±2.12
Mn	219.00±2.83	277.00±2.12	225.21±2.19	139.00±3.13
Fe (mg/kg)	244.12±1.41	156.12±1.21	145.13±2.99	114.21±4.12
Mg	6,281.00±5.66	5,749.50±6.32	5,269.20±8.32	4,189.31±9.12
Na	349.13±2.24	418.13±2.92	397.27±1.37	08.36±1.181
Ca	1.61±0.01	1.56±0.01	1.58±0.01	1.65±0.04
K (%)	1.30±0.02	1.21±0.02	1.23±0.02	1.16±0.05
P	nd ³⁾	nd	nd	nd

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Quoted values are means of triplicate experiments.

³⁾nd : not detected.

안정화를 시켰다고 보고하였다. 이로 미루어 보아 본 연구에서 나타난 바와 같이 수확 시기별 금속 이온의 함량 변화는 차조기의 anthocyanin 색소함량에 영향을 미칠 수 있다.

아미노산 함량

수확시기별로 차조기 잎과 줄기에 함유된 아미노산 함량의 변화를 조사한 결과는 Table 4와 같았다. 유리 아미노산 및 단백질을 구성하는 아미노산의 전체 함량은 III차 수확시기까지는 증가하다가 그 이후에는 급격하게 감소되는 경향이 있었다. 그리고 aspartic acid 등 전체 17종의 아미노산이 함유되어있고, 그중에서 threonine 등 7종의 필수아미노산의 함량이 471.38 mg/kg으로 전체 아미노산 함량 1,170.80 mg/kg의 40.26%를 차지하여 차조기 잎의 단백질은 매우 품질이 좋은 단백질로 판단된다. 아미노산별 함량으로 aspartic acid, glutamic acid, proline 및 leucine의 함량이 다른 아미노산들에 비하여 높은 경향을 나타내었으며, histidine, methionine 및 cysteine의 함량이 상대적으로 낮은 경향이 있었다. 이런 결과는 수확 시기별 차조기내 아미노산 함량은 무기질 함량, 조단백 및 조지방의 함량과 비슷한 경향이 나타난 것은 차조기의 생육 시 이들이 서로 자체적인 물질대사의 상호 작용에 기인하였다고 판단된다.

Table 4. Amino acid content of at different harvest periods (mg/kg of dry basis)

Amino acid	Harvesting sample ¹⁾			
	I	II	III	IV
Aspartic acid	114.3±0.08 ²⁾	125.2±0.13	123.2±0.39	104.1±0.37
Threonine*	58.3±0.03	59.3±0.01	63.1±0.10	50.2±0.03
Serine	49.6±0.06	59.1±0.13	58.1±0.17	48.6±0.06
Glutamic acid	138.2±1.30	139.2±0.37	150.2±0.73	112.3±0.21
Proline	104.8±0.37	114.8±0.04	120.1±0.14	94.2±1.30
Glycine	71.8±0.52	81.2±0.14	86.1±0.07	70.1±0.14
Alanine	73.0±0.50	73.0±0.17	86.3±0.04	61.1±0.07
Cysteine	6.2±0.06	7.2±0.05	8.1±0.02	5.2±0.03
Valine*	77.1±0.03	81.3±0.25	86.1±0.13	70.1±0.08
Methionine*	17.9±0.28	16.2±0.06	19.2±0.11	15.2±0.71
Isoleucine*	61.1±0.25	59.2±0.01	73.1±0.17	59.2±0.07
Leucine*	114.5±1.30	121.3±0.33	131.1±0.37	110.2±0.73
Tyrosine	44.4±0.21	49.2±0.31	50.1±0.22	40.1±0.03
Phenyl alanine*	76.1±0.31	79.2±0.41	86.1±0.73	76.2±0.13
Histidine	27.6±0.25	29.6±0.45	32.1±0.02	26.3±0.11
Lysine*	66.4±0.31	69.4±0.44	76.2±0.05	65.1±0.06
Arginine	69.5±0.33	72.2±0.21	79.1±0.06	65.3±0.37
Total amino acids	1,170.8±0.33	1,236.82±1.30	1,328.6±0.03	1,073.7±0.50

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Quoted values are means of triplicate experiments.

³⁾Asterisks denote essential amino acid.

Perillaldehyde 함량

차조기 잎에 함유되어 있는 perillaldehyde는 방향성 주성분으로 anthocyanin계 색소성분과 함께 차조기의 유효성분으로 알려져 있다. 생육 시기별로 차조기 잎과 줄기에 함유된 perillaldehyde 함량의 변화를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 생육초기에 비하여 생육이 진행됨에 따라 그 함량이 증가하여 III차 수확기(8월 15일)에 수확한 시료는 0.45%로 가장 많았다. 그 이후 IV차(9월 2일)에 수확한 시료에서는 0.35%로서 그 함량이 급격히 감소하였다. 이런 결과는 차조기의 추출 방법 보다는 재배 시 생육의 환경 조건과 차조기 자체 내 perillaldehyde성분의 형성이 다른 물질과의 생화학적 작용에 더 많이 기인 한다고 판단된다.

Table 5. Perillaldehyde content of Chajogi (*Perilla sikokiana* B.) at different harvest periods

Harvesting sample ¹⁾			
I	II	III	IV
0.36±0.022)	0.42±0.01	0.45±0.01	0.35±0.03

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Quoted values are means of triplicate experiments.

Anthocyanin 함량

차조기의 생육이 진행됨에 따라 잎에 생성되어 축적되는 색소성분인 anthocyanin 함량의 변화를 조사한 결과는 Table 6과 같았다. 차조기 잎 및 줄기에 함유된 적색의 색소성분인 anthocyanin 함량은 II차와 III차시기에 수확한 시료에서는 1.15~1.21%의 범위로 비교적 많은 편이었고, I차와 IV차시기에 시료에서는 0.53~0.87%로서 비교적 그 함량이 낮은 경향을 나타내었다.

한편 anthocyanin 색소의 안정성에 관한 연구로써 Lee 등(22)은 Mn²⁺ 등의 금속이온은 자색 고무마의 anthocyanin 색소의 안정화에 기여하지 못하고, 일광은 색소의 안정성을 저하 시킨다고 하였다. 본 연구의 anthocyanin 함량이 II차와 III차시기에 수확한 시료에서 높은 경향을 나타낸 것은 시료의 특성, 환경 조건, 다른 성분들과의 상호작용 등의 영향으로 재배 시 풍부한 일광과 환경 조건이 anthocyanin 함량에 큰 영향을 미쳤다고 판단된다. 따라서 차조기 추출액의 항산화성은 anthocyanin계의 성분들 때문으로 알려져 있으므로 차조기 추출액의 산업화 이용을 위한 차조기 원재료의 수확 시기는 II차와 III차시기 즉, 7월 하순에서 8월 중순이 적기인 것으로 판단된다.

Table 6. Total anthocyanin content of at different harvest periods

Harvesting sample ¹⁾			
I	II	III	IV
0.53±0.02 ²⁾	1.15±0.02	1.21±0.03	0.87±0.04

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Quoted values are means of triplicate experiments.

요 약

본 연구는 각종 기능성을 함유하고 있는 차조기의 소비 증대와 부가가치 증대를 위하여 채취 시기별 차조기의 성분 변화를 조사하였다. 수확 시기는 2005년 7월 14일에서 2005년 9월 2일 까지 총 4회(I, II, III, IV)로 나누어 일관성분, 중금속, 무기질, 아미노산, perillaldehyde, anthocyanin 성분을 분석하였다. 환원당의 함량은 수확시기에 따라 계속 증가하였으나 조단백질, 조지질, 총 아미노산 함량은 III차(8월 15일) 채취시기 이후 급격히 감소하였다. 중금속(As, Pb, Cd, Hg)은 모든 처리구에서 감지되지 않았다. 무기질은 Zn, Fe, Mg는 III차 수확시기 이후 감소하였으나, Ca, K, P 함량은 수확시기에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. Perillaldehyde는 I차 0.36% II차 0.42%, III차 0.45%, IV차 0.35%를 각각 나타냈다. Anthocyanin은 함량은 I차 0.53%, II차 1.15%, III차 1.21%, IV차 0.87%를 나타냈다.

참고문헌

- Jang, S.M., Noh, S.H. and Park, S.D. (1999) Botany of herbal resource, Hakmun Publishing Co., p.473-476
- Yook, C.S. (1989) Colored Medicinal Plants of Korea, Academy Publishing Co., p.474
- Noh, S.H., Kim, S.H., Lee, K.h., Ahn, D.K., Lee, Y.J., Kang, B.S., Ko, W.C., Song, H.J. and Joo, Y.S. (1991) Medicinal Plants, Young Lim Publishing Co., p.125-126
- Lee, M.S. and Jung, M.S. (2003) Analysis of volatile compounds in *perilla frutescens* var. *acuta* by solid phase microextraction. Korean J. Food Culture, 18, 69-74
- Jung, M.S. and Lee, M.S. (2000) Analysis of volatile flavor component from *perilla frutescens* var. *acuta* and sensory evaluation as natural spice. Korea. J. Soc. Food Sci. Technol., 16, 221-224
- Lee, E.S. and Seo, B.I. (2002) Antimicrobial effects of *perilla frutescens* extract against mycobacterium tuberculosis, J. Applied Oriental Medicine, 2, 25-31 .
- Chai, Y.B., Kim, W.J., Ji, O.P., Ahn, M.J. and Noh, Y.J. (1988) Korean useful plant resources. Superintendence chemistry, Seoul, Korea, p.255
- Swo, D.H. and Han, D.S. (1998) Antitumor effects of the chloroform soluble fraction of *perilla frutescens* against human skin melanoma cells, Won-kwang dental medical science, 8, 55-65
- Han, D.S., Jung, B.H., Ryu, H.K., Kim, Y.O. and Baek, S.H. (1994) Studies on the cytotoxicity and antitumor activity of *perilla frutescens*. Kor. J. Pharmacogn., 25, 249-257
- Kim, S.A., Seo, J.E. and Bea, J.H. (1994) Effect of *perilla frutescens* extract on the growth of food-borne pathogens. J East Asian Soc. Dietary Life, 14, 472-478
- Kang, Y.S., Lee, S.C., Shin, H.D., Shin, M.K., Kim, J.H. and Song, H.S. (2004) Studies on the allergy asthma effect of folium perillae, Kor. J. Herbology, 19, 25-34
- Rhim, J.W., Lee, J.W., Jo, J.S. and Yeo, K.M. (2001) Pilot plant scale extraction and concentration of purple-fleshed sweet potato anthocyanin pigment, Korean J. Food Sci. Technol., 33, 808-811
- Rhim, J.W. and Lee, J.W. (2002) Photostability of anthocyanin extracted from purple-fleshed sweet potato. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 346-349
- Rhim, J.W. and Kim, S.J. (1999) Characterictices and stability of anthocyanin pigment extracted from purple-flashed potato. Korean J. Food Sci. Technol., 31, 348-355
- Rhim, J.W. and Lee, J.W. (2002) Degradation kinetics of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato pigment concentrates and a Japanese plum juice based beverage. Korean J. Food Sci. Technol., 34, 238-243
- Jo, S.B., Kim, H.J., Yoon, J.I. and Chun, H.S. (2003) Kinetic study on the color deterioration of crude anthcyanin extract from Schizandra fruit. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 23-27
- A.O.A.C. (1996) *Official Methods of Analysis* 15th ed. association of official, analytical chemists, Washington, D.C., p.210-219
- Woo, S.J. and Ryoo, S.S. (1986) Preparation method for atomic absorption spectrophotometry of food samples - Comparison of dry, wet and aqua-regia methods. Korean J. Food Sci. Technol., 15, 225-228
- Yang, C.B. (1981) Changes of nitrogen compounds and nutritions during soybean sprouts growth. Korean J. Agricultural Chemistry, 24, 94-100
- Park, W.Y., Chang, D.S. and Cho, H.R. (1992) Screening of antimicrobial activity for medicinal herb extracts. J. Korean Soc. Food Nutr., 21, 91-96
- Kim, H.S. and Ahn, S.Y. (1978) Studies on the formation of anthocyanin metal complex (in korean). J. Korean Agricul. Chem. Soc., 21, 22-30
- Lee, L.S., Rhim, J.W., Kim, S.J. and Chung, B.C. (1996) Study on the stability of anthocyanin pigment extracted from purple sweet potato (in korean). Korean J. Food Sci. Technol., 28, 352-359