

SPME법에 의한 산초나무와 초피나무 잎과 열매의 향기성분 분석

조민구*† · 김 휘** · 채영암***

*동부한농화학(주) 동부기술원 식물생명공학팀, **서울대학교 산림자원학과, ***서울대학교 식물생산과학부

Analysis of Volatile Compounds in Leaves and Fruits of *Zanthoxylum schinifolium* Siebold et Zucc. & *Zanthoxylum piperitum* DC. by Headspace SPME.

Min Gu Cho*†, Hui Kim**, Young Am Chae***

* Plant Biotechnology Team, Dongbu Advanced Research Institute, Dongbu Hannong Chemical Co., Ltd., Daejeon 305-708, Korea

** Department of Forest Resources, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea

*** School of Plant Science, Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744, Korea

ABSTRACT : Volatile components in the leaves and fruits of *Z. schinifolium* and *Z. piperitum* were analyzed by Headspace SPME(Solid phase Microextraction). Fifty two and 48 components in the leaves and fruits, respectively, were identified in *Z. schinifolium*. (E)-2-hexenal, α -pinene, (Z)-ocimene+limonene, estragole, germacrene-d were detected at common components in the leaves and estragole in the fruits of *Z. schinifolium*. Regardless of collection sites hexanal, (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, n-hexanol were appeared in the leaves while undecanone in the fruits. Thirty and 27 components in the leaves and fruits, respectively, were identified in *Z. piperitum*. α -pinene, β -phellandrene, 1,8-cineole, citronellal and myrcene, (Z)-ocimene+limonene, β -phellandrene were appeared as common components in the leaves and fruits collected from Baeck-yang-sa and Nae-jang-sa. (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, α -pinene, myrcene and β -phellandrene, citronellal, geranyl acetate were major components in the leaves and fruits from Tong-do-sa.

Key words : *Z. schinifolium*, *Z. piperitum*, Headspace SPME, Leaf, Fruit, Volatile composition

서 언

산초나무와 초피나무는 옛부터 선조들에 의해 천연 향신료로 이용되어 우리 정서에 친숙한 식미와 향기를 가지고 있다(Lee 1978, Yu 1970). Ko & Han (1996)은 산초나무와 초피나무의 과피와 종자를 분리, 건조, 분쇄한 후 headspace로 추출하였고, Jung (1987)은 초피나무의 과피와 수피를 건조, 분쇄후 수증기 증류법으로 추출 분석하였다. Kim et al. (1989)은 초피나무의 과피와 잎을 음건, 분쇄하여 질소를 주입하면서 증류추출 분석하였으며, Hiroshi et al. (1997)은 초피잎을 수증기 증류법으로 추

출하여 분석하였다. 휘발성 성분을 분석할 때에는 GC(Gas Chromatography)를 이용하는데, 이는 시료의 수분이 없어야 분석 가능하기 때문에 보통 시료를 건조시킨다. 그러므로 추출과정에서 열과 수분에 의해 변성되거나 건조로 인해 사라진 향기성분의 정확한 동정은 불가능하다. 하지만 SPME법은 시료를 건조할 필요없이 분석할 수 있으므로 전처리가 간편할 뿐만 아니라 산초나무와 초피나무와 같이 향기를 발산하는 조직이 표피에 선모의 형태로 분포되어 있어서 건조로 인해 향기성분의 심한 손실을 가질 수 있는 시료의 경우 생체로 분석할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 또한 앞의 실험에서는 열매와 과피

† Corresponding author(phone): 042-866-8152, E-mail : mggho@dongbuchem.com

Received 30 November 2002 / Accepted 19 February 2003

를 분리하거나 과피만을 분석하였기 때문에 향신료로 쓰이고 있는 열매의 향기성분에 대해서 정확히 알 수 없었을 뿐 아니라, 시료를 한 지역에서 채집하였기 때문에 향기성분의 유전적 환경적 요인에 따른 성분의 지역간 차이가 고려되지 않았다(Hay & Waterman, 1993). 그러므로 산초나무와 초피나무의 부위별 지역별 향기성분을 분석한다면 생체로 가공 이용되는 이들을 포함한 다른 향신료의 다양화와 차별화 상품을 만드는데 기여할 수 있으리라 생각된다. 본 연구에서는 생체 시료에서도 향기성분을 포집할 수 있는 Headspace SPME법을 이용하여 산초나무와 초피나무의 잎과 열매에서 향기성분을 분석, 비교하였다.

재료 및 방법

1. 재료의 수집

산초나무는 경기도 검단산에서 2개체, 강원도 영월군 백덕산에서 2개체, 전남 순천 조계산 선암사에서 4개체, 경남 양산 통도사에서 10개체를 열매가 익어가는 9월 중·하순에 수집, 분석하였다. 초피나무는 전북 장성군 내장산 국립공원내 내장사에서 3개체, 백양사에서 1개체를 5월 중순경, 통도사에서 1개체를 9월 말경에 수집, 분석하였다. 기존의 보고와는 달리 5월에 초피나무 열매를 채집할 수 있었던 이유는 지역별 환경 변화에 따른 개체별 변이가 일어난 것으로 보여졌다. 수집된 산초와 초피나무는 서울대학교 부속 수목원 표본실에서 동정 및 표본 제작하였다.

2. 향기성분의 분석방법 및 기기조건

수집 동정된 산초, 초피나무의 잎과 열매부위를 냉장보관하였다가 개체별로 1-2g 취한 뒤 이를 22ml Headspace vial 병에 담아 silicone septa 및 알루미늄 캡으로 밀봉한 다음 5종류의 GC용 SPME fiber 중에서 선별과정을 거친 후 선별된 PDMS/DVB(Polydimethylsiloxane/Divinylbenzene) fiber를 이용하여 Headspace SPME(Solid Phase Microextraction)법으로 분석하였다(Xiaogen & Terry 1994; Cho et al. 2001). 분석기기는 GC는 FID가 부착된 HP6890을 이용하였으며, column은 HP-5MS(30m×0.25mm×0.25 μ m)를 이용하였고, oven의 온도프로그램은 70 $^{\circ}$ C에서 3분간 유지하고 분당 5 $^{\circ}$ C씩 180 $^{\circ}$ C까지 승온시킨 후 다시 분당 10 $^{\circ}$ C씩 250 $^{\circ}$ C까지 승온시킨 후 3분간 머물렀다. Injector와 detector 온도는 각각 250 $^{\circ}$ C, 270 $^{\circ}$ C이며, 운반기체는 He를 사용하였고, 유속은 1.0ml/min이었고, Split ration는 20:1이었다. 정유성분의 동정을 위해서 GC/MSD는 HP6890/HP5973을 이용하였으며, column은 DB-5MS(60m×0.25mm×0.25 μ m), oven의 온도프로

그램 및 Injector 온도, Split ratio는 GC와 동일하며, 유속은 0.8ml/min이었다. Ionization mode는 70eV Electron Impact 였으며, Ion source 및 Quadrapole 온도는 각각 230 $^{\circ}$ C, 106 $^{\circ}$ C였다. GC/MSD로 분리되어 검출된 각 정유 성분의 질량스펙트럼을 표준품 및 Wiley 275, NIST 75 Library와 DB-5 column의 Retention index를 이용해 동정하였다(Robert, 1995).

3. 데이터 분석

Headspace SPME법에 의해 분석한 결과 산초나무 잎에서 부위별로 지역별 차이를 보이는 성분을 찾기 위해 평균 1% 이상되는 성분을 선별하였다. 5% 유의수준에서 유효성이 인정되는 정유성분을 선별하고자 SAS(SAS Institute 1999)의 PROC GLM(General Linear Models)을 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 산초나무 잎과 열매의 향기성분

앞에서 총 52개, 열매에서 48개 향기 성분이 동정되었으며, 4지역에서 평균 1% 이상 되는 성분을 표 1에 나타내었다. 잎의 경우 4개 지역에 따라 차이가 있지만 주요 공통 성분은 (E)-2-hexenal, α -pinene, (Z)-ocimene+ limonene, estragole, germacrene-d이였으며, 열매는 estragole이였다. Hexanal, (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, n-hexanol 성분은 4지역 모두 잎에서만 검출되었다. Undecanone과 anethole 성분은 4지역 모두 열매에서만 나타났다. Ko & Han (1996)이 강원도 정선에서 9월에 채집한 과피와 종자를 Headspace한 결과 과피의 주요성분은 myrcene과 β -phellandrene 이였으며, 종자는 myrcene과 citronellal 이였다. 이것은 지역적으로 비슷한 표 1의 백덕산 지역과 비교해서 완전히 다른 결과를 보여주었는데, 그 이유는 Ko & Han (1996)의 cineole 성분은 표 1과 비교해 산초나무에서는 검출되지 않는 성분이며, citronellal 성분 역시 표 4에서 초피나무의 주요성분이므로 초피나무를 산초나무로 오동정(誤同定)한 것으로 보여진다.

잎의 성분 중 지역에 따라 차이를 보이는 성분은 1% 유의수준에서 hexanal과 azulene 성분이였고, 5% 유의수준에서 α -terpinene, β -phellandrene, γ -terpinene, estragole 성분이였다(Table 2). 이 중 estragole을 제외한 모든 성분은 함량이 적으므로, 큰 영향은 없을 것으로 보인다. 그리고 Chae et al., (2001)이 9월 중 채집한 잎의 성분과 비교해 볼 때 조성분은 표 2의 성분에 모두 포함되었으나 함량이 다른 이유는 지역과 연도가 다르기 때문인 것으로 보인다.

Table 1. Comparison of average contents of volatile components at different collection sites and parts in *Z. schinifolium*

Components	Gum-dan-san		Baeck-duck-san		Sun-am-sa		Tong-do-sa	
	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit
hexanal	3.46±2.04	0.02±0.03	8.10±4.97	0.00	4.82±1.71	0.00	1.34±1.66	0.00
(Z)-3-hexenol	1.39±1.32		6.85±4.02		5.19±4.84		3.55±2.82	
(E)-2-hexenal	18.74±9.56		16.16±12.79		29.48±13.95		11.34±12.03	
n-hexanol	1.82±1.65		2.69±1.37		3.90±1.91		2.52±2.21	
α -pinene	7.48±3.44	0.12±0.06	12.65±0.28	0.14±0.20	8.56±6.47	0.14±0.10	3.41±4.61	0.01±0.02
myrcene	1.88±0.93	0.09±0.00	2.66±0.23	0.62±0.18	1.98±0.47	0.42±0.39	1.24±1.29	0.06±0.04
α -phellandrene	0.16±0.05	0.05±0.05	1.14±0.05	0.91±0.32	0.53±0.23	0.62±0.59	0.41±0.68	0.04±0.06
α -terpinene	0.00	0.00	0.78±1.10	0.00	1.09±1.02	0.03±0.06	0.00	0.00
(Z)-ocimene+limonene	2.51±0.10	1.06±0.08	10.76±0.13	4.52±0.14	5.53±3.25	3.08±2.45	5.88±5.71	0.55±0.42
β -phellandrene	3.82±1.87	0.07±0.05	1.09±0.62	0.24±0.06	2.25±1.18	0.19±0.18	0.84±1.02	0.01±0.02
(E)- β -ocimene	1.03±0.02	2.46±0.14	5.80±2.41	3.34±0.00	3.19±2.59	4.44±5.04	3.97±3.15	2.13±2.83
γ -terpinene	0.00	0.00	1.05±1.49	0.02±0.03	1.49±1.32	0.04±0.08	0.04±0.13	0.00
2-nonanone+terpinolene	0.00	0.14±0.03	0.90±1.27	1.16±1.42	0.85±0.82	1.58±2.28	2.56±1.92	0.45±0.50
linalool	1.10±1.15	0.21±0.22	1.93±2.19	0.23±0.25	2.98±2.42	0.13±0.07	1.32±1.20	0.07±0.15
estragole	48.96±20.34	87.41±1.56	3.72±0.76	72.66±9.51	12.17±5.17	73.20±13.00	36.99±23.09	85.27±7.91
azulene	0.27±0.38		1.71±1.32		0.00		0.00	
undecanone	0.00	0.50±0.70	0.00	0.17±0.24	0.00	2.40±4.11	0.28±0.32	1.15±1.88
anethole	0.26±0.18	0.64±0.00	0.00	0.99±0.19	0.00	1.10±0.39	0.17±0.21	0.98±0.29
β -elemene	0.22±0.10	0.25±0.05	5.16±4.14	2.61±1.17	1.10±1.52	1.29±1.35	4.03±2.71	1.59±0.93
β -caryophyllene	1.21±0.09	2.07±0.31	2.48±0.24	2.45±0.27	2.00±1.98	2.71±1.18	2.63±1.74	1.62±0.82
α -humulene	1.05±0.03	1.55±0.17	1.70±0.03	1.79±0.11	1.65±1.64	1.89±0.85	1.98±1.31	1.23±0.62
germacrene-d	3.31±0.42	2.10±0.03	7.14±4.93	3.91±3.98	6.11±8.87	3.98±2.47	10.06±10.43	3.03±2.50
bicyclogermacrene	0.26±0.05	0.27±0.02	1.14±0.76	0.82±0.79	0.61±0.94	0.50±0.18	1.46±1.32	0.52±0.41

†: Mean ± S.D.(Standard deviation)

열매의 성분 중 지역에 따라 1% 유의수준에서 차이를 보이는 성분은 (Z)-ocimene+limonene이었다(Table 3). Estragole이 열매의 주성분으로 70% 이상을 차지하므로 (Z)-ocimene+limonene의 지역별 차이는 거의 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

2. 초피나무 잎과 열매의 향기성분

잎에서 총 30개, 열매에서 27개 향기 성분이 동정되었으며, 3지역에서 1% 이상 차지하는 성분을 표 4에 나타내었다. 조계산 백양사와 내장사 지역은 Kim & Yun (1996)의 내용과는 달리 5월에 열매가 맺힌 개체를 채집할 수 있었고, 통도사에서는 9월에 열매를 채집할 수 있었다. 하지만 백양사와 통도사에서 열매가 달린 개체를 단 1개체 밖에 수집할 수 없었기 때문에 각 지역을 명확히 나타낸다고는 볼 수 없으나, 지역별 차이를 아는 데는

문제가 없다고 본다. 잎의 주요성분은 지역적으로 같은 위도상에 위치해 있는 백양사와 내장사 지역의 성분이 α -pinene, β -phellandrene, 1,8-cineole, citronellal로 비슷했으며, 시기와 지역이 다른 통도사 지역은 (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, α -pinene, myrcene이었다. Hiroshi et al. (1997)이 일본의 시장에서 어린 잎을 구입하여 수증기 증류법으로 추출 분석한 결과 (Z)-3-hexenol, 2-undecanone, 2-tridecanone이 주성분이었는데, 이 중 (Z)-3-hexenol은 통도사 잎의 주성분 중 하나다. 이 외 두 성분은 전혀 볼 수 없는데, 그 이유는 같은 종이라도 재배지역이 다르기 때문인 것으로 보인다. 또한 Kim et al., (1989)이 경북 포항시에서 채집한 잎과 과피를 음건 분쇄후 질소가스 주입방식으로 추출한 결과 잎의 주성분은 citronellal, 1,8-cineole, citronellol이었는데, 이는 백양사 잎의 성분과 동일했다.

Table 2. Comparison of average contents of volatile components at different collection sites in *Z. schinifolium* leaves

Components	Sites			
	Gum-dan-san	Baeck-duck-san	Sun-am-sa	Tong-do-sa
hexanal**	3.46±2.04	8.10±4.97	4.82±1.71	1.34±1.66
(Z)-3-hexenol	1.39±1.32	6.85±4.02	5.19±4.84	3.55±2.82
(E)-2-hexenal	18.74±9.56	16.16±12.79	29.48±13.95	11.34±12.03
n-hexanol	1.82±1.65	2.69±1.37	3.90±1.91	2.52±2.21
α -pinene	7.48±3.44	12.65±0.28	8.56±6.47	3.41±4.61
myrcene	1.88±0.93	2.66±0.23	1.98±0.47	1.24±1.29
α -phellandrene	0.16±0.05	1.14±0.05	0.53±0.23	0.41±0.68
α -terpinene*	0.00	0.78±1.10	1.09±1.02	0.00
(Z)-ocimene+limonene	2.51±0.10	10.76±0.13	5.53±3.25	5.88±5.71
β -phellandrene*	3.82±1.87	1.09±0.62	2.25±1.18	0.84±1.02
(E)- β -ocimene	1.03±0.02	5.80±2.41	3.19±2.59	3.97±3.15
γ -terpinene*	0.00	1.05±1.49	1.49±1.32	0.04±0.13
2-nonanone+terpinolene	0.00	0.90±1.27	0.85±0.82	2.56±1.92
linalool	1.10±1.15	1.93±2.19	2.98±2.42	1.32±1.20
estragole*	48.96±20.34	3.72±0.76	12.17±5.17	36.99±23.09
azulene**	0.27±0.38	1.71±1.32	0.00	0.00
β -elemene	0.22±0.10	5.16±4.14	1.10±1.52	4.03±2.71
β -caryophyllene	1.21±0.09	2.48±0.24	2.00±1.98	2.63±1.74
α -humulene	1.05±0.03	1.70±0.03	1.65±1.64	1.98±1.31
germacrene-d	3.31±0.42	7.14±4.93	6.11±8.87	10.06±10.43
bicyclogermacrene	0.26±0.05	1.14±0.76	0.61±0.94	1.46±1.32

†: Mean ± S.D.(Standard deviation)

*: Probability < 0.05 **: Probability < 0.01

Table 3. Comparison of average contents of volatile components at different collection sites in *Z. schinifolium* fruits

Components	Sites			
	Gum-dan-san	Baeck-duck-san	Sun-am-sa	Tong-do-sa
(Z)-ocimene+limonene**	1.06±0.08	4.52±0.14	3.08±2.45	0.55±0.42
(E)- β -ocimene	2.46±0.14	3.34±0.00	4.44±5.04	2.13±2.83
2-nonanone+terpinolene	0.14±0.03	1.16±1.42	1.58±2.28	0.45±0.50
estragole	87.41±1.56	72.66±9.51	73.20±13.00	85.27±7.91
undecanone	0.50±0.70	0.17±0.24	2.40±4.11	1.15±1.88
anethole	0.64±0.00	0.99±0.19	1.10±0.39	0.98±0.29
β -elemene	0.25±0.05	2.61±1.17	1.29±1.35	1.59±0.93
β -caryophyllene	2.07±0.31	2.45±0.27	2.71±1.18	1.62±0.82
α -humulene	1.55±0.17	1.79±0.11	1.89±0.85	1.23±0.62
germacrene-d	2.10±0.03	3.91±3.98	3.98±2.47	3.03±2.50

†: Mean ± S.D.(Standard deviation) **: Probability < 0.01

Table 4. Contents of volatile components at different collection sites and parts in *Z. schinifolium*

Sites & Parts Components	Baek-yang-sa		Nae-jang-sa		Tong-do-sa	
	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit	Leaf	Fruit
hexanal	0.27	0.63	1.03±0.07	0.29±0.20	1.52	0.00
(Z)-3-hexenol	0.20	0.00	0.08±0.01	0.00	5.15	0.00
(E)-2-hexenal	1.73	0.21	3.95±0.61	0.08±0.09	7.96	0.00
n-hexanol	1.10	0.00	0.44±0.12	0.15±0.15	2.48	0.00
α -pinene	19.93	3.16	32.32±9.25	6.61±3.74	58.03	0.73
myrcene	3.20	6.09	7.73±1.49	10.70±3.03	6.07	2.05
(Z)-ocimene+limonene	4.12	11.49	6.54±0.86	16.53±4.26	0.88	3.40
β -phellandrene	11.66	32.48	17.11±2.11	42.24±6.26	4.69	10.85
1,8-cineole	12.26	4.36	9.01±3.06	0.00	1.73	0.21
terpinolene	0.21	1.94	0.38±0.03	1.79±0.30	0.03	0.42
linalool	0.97	9.53	0.70±0.09	1.14±0.61	0.00	0.50
citronellal	20.07	2.63	13.07±5.93	4.30±1.42	1.39	43.44
estragole	0.00	0.00	0.03±0.06	0.00	4.95	0.56
citronellol	8.50	0.00	0.81±0.51	0.00	0.25	4.98
dill ether	0.00	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00
linalyl acetate	0.81	7.63	0.12±0.12	0.37±0.32	0.00	0.51
piperitone	0.00	2.10	0.00	0.00	0.00	0.00
citronellyl acetate	3.25	5.28	0.62±0.45	1.94±0.65	0.05	4.83
α -terpinenyl acetate	1.18	1.72	0.27±0.47	0.16±0.14	0.00	0.25
geranyl acetate	0.00	1.24	0.05±0.08	7.44±7.73	0.04	20.45
β -caryophyllene	4.97	4.88	2.93±1.29	2.40±1.10	2.23	0.44

[†]: Mean \pm S.D.(Standard deviation)

열매 성분은 백양사와 내장사에서 myrcene, (Z)-ocimene+limonene, β -phellandrene로 나타나 서로 비슷하였으나, 백양사에서 1,8-cineole, linalool, linalyl acetate 성분이 내장사보다 높게 나타났고, 내장사에서 geranyl acetate 성분이 백양사보다 높았다. 통도사에서 β -phellandrene, citronellal, geranyl acetate 가 주성분이었다. Ko & Han (1996)이 경북 영천에서 10월에 채집한 초피나무 과피의 주성분은 myrcene, linalool, isopulegol이었고, 종자는 myrcene, β -phellandrene 이었다. 이 중 isopulegol을 제외한 모든 성분이 표 4의 열매의 주성분과 같았다. Jung (1987)은 전북 광양군에서 9월에 채집한 과피의 성분이 cineole+limonene과 terpineol 이라고 하였는데, 표 4에 terpineol 성분은 없었다. 그러므로 Ko & Han (1996)의 isopulegol과 Jung (1987)의 terpineol은 모두 초피나무 열매에서 지역간 차이를 보이는 성분으로 생각된다.

적 요

산초나무는 잎에서 총 52개, 열매에서 48개 향기 성분이 동정되었으며, 4개 지역에서 잎의 주요 공통 성분은 (E)-2-hexenal, α -pinene, (Z)-ocimene+limonene, estragole, germacrene-d 이었으며, 열매에서는 estragole이었다. Hexanal, (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, n-hexanol 성분은 잎에서만 검출되었고, undecanone 성분은 열매에서만 나타났다. 지역간 큰 차이를 보인 잎의 정유성분은 hexanal, azulene이었고, 열매에서는 (Z)-ocimene+limonene이었다.

초피나무 잎에서 총 30개, 열매에서 27개 향기 성분이 동정되었으며, 잎의 주요 공통 성분은 백양사와 내장사 지역의 성분이 α -pinene, β -phellandrene, 1,8-cineole, citronellal이었고, 통도사 지역은 (Z)-3-hexenol, (E)-2-hexenal, α -pinene, myrcene이 주요성분 이었다. 백양사

와 내장사에서 채취한 열매의 공통 성분은 myrcene, (Z)-ocimene+limonene, β -phellandrene이었고, 통도사에서 는 β -phellandrene, citronellal, geranyl acetate이 주성분이였다.

LITERATURE CITED

- Chae, YA., Cho MG, Song JS (2001) Identification of chemotypes in traditional aromatic plant resources *Z. schinifolium* Siebold et Zucc. and *Z. piperitum* DC. Korean J. Breed. 33(2): 126-132.
- Cho MG, Chae YA, Song JS (2001) Volatile components analysis using SPME in traditional aromatic plant resources, *Zanthoxylum schinifolium* Siebold et Zucc. and *Z. piperitum* DC. Korean J. Medicinal Crop Sci. 9(3): 192-197.
- Hay RK, Waterman PG (1993) Volatile oil crops. Longman Scientific & Technical, U. K. p. 63-92.
- Hiroshi K, Akira K, Kikue K, Akio K (1997) Aroma compounds in the leaves of Japanese pepper (*Z. piperitum* DC.) and their formation from glycosides. Biosci, Biotech, Biochem., 61(3): 491-494.
- Jung HS (1987) Studies on the *Zanthoxylum piperitum* DC. 1. Pungent principles and essential oil composition. J. Korean Soc. Food Nutr. 16(2): 123-127.
- Kim CH, Yun SU (1996) Coloured resources woody plants. Academy publishing company. p. 337.
- Kim JH, Lee KS, Oh WT, Kim KR (1989) Flavor components of the fruit peel and leaf oil from *Zanthoxylum piperitum* DC. Korean J. Food Sci. Technol. 21(4): 562-568.
- Ko YS, Han HJ (1996) Chemical constituents of Korean Chopi (*Zanthoxylum piperitum*) and Sancho (*Zanthoxylum schinifolium*), Korean J. Food Sci. Technol. 28(1):19-27.
- Lee SU (1978) History of foods in life before Korea dynasty. Hyangmoonsa, Seoul, p. 523.
- Robert PA (1995) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured publishing Corp. Illinois, USA. p. 17-43.
- Xiaogen Y, Terry P (1994) Solid-phase microextraction for flavor analysis. J. Agric. Food Chem. 42: 1925-1930.
- Yu TJ (1970) Food processing and preservation. Moonwoondang. Seoul. p. 215.