

## 콩나물의 향기 성분 분석

김용호\*<sup>†</sup> · 이경애\*\* · 김희선\*\*

\*순천향대학교 의료생명공학과, \*\*순천향대학교 식품영양학과

### Volatile Flavor Components in Soybean Sprouts

Yong-Ho Kim\*<sup>†</sup>, Kyong-Ae Lee\*\*, and Hee-Seon Kim\*\*

\*Dept. of Medical Biotechnology, Soonchunhyang Univ., Asan-si, 336-745, Korea

\*\*Dept. of Food Science and Nutrition, Soonchunhyang Univ., Asan-si, 336-745, Korea

**ABSTRACT** The identification of volatile constituents in foods is important in creating flavor compounds to improve the flavor of foods. This study was conducted to identify the flavor compounds in soybean sprouts cultivated with 4 different types of soybean seeds. A total of 52 flavor compounds were identified and composed mainly of alcohols (16), aldehydes (17), ketones (10), acids (2), furans (2), and miscellaneous compounds (5). Sprouts cultivated with Dawonkong and Orialtae showed 46 flavor compounds whereas Pungsannamulkong and Nokchaekong was 49 and 50. In total flavor compounds contents, Orialtae was the highest (19.3 mg/kg RC) and followed by Pungsannamulkong (15.83 mg/kg RC), Dawonkong (13.2 mg/kg RC), and Nokchaekong (11.3 mg/kg RC) in that order. Two groups including alcohols and aldehydes were detected high amounts in which their ratio were analyzed 32% and 51% in total flavor contents, respectively. It may be responsible for flavor in soybean sprouts. In case each flavor compound content, 2-hydroxybenzaldehyde was detected the major compound and hexanol, 1-octen-3-ol, and hexanal that the main compounds in lipid oxidation of soybean products were identified the main volatile flavor compounds in soybean sprouts.

**Keywords** : soybean sprout, flavor compounds, alcohol, aldehyde, ketone

**식품**의 향기는 색, 맛, 조직감 등과 함께 품질의 중요한 특성이 되며, 천연식품의 경우 그 식품 특유의 향기를 가지고 있다. Hayase & Kato(1989)는 향기 성분은 식품의 단백질, 탄수화물, 지질 등이 가열처리에 의하여 서로 상호작용함

으로써 발생한다고 하였으며, 가열 조건에 따라 같은 식품이라도 서로 다른 향이 발생할 수 있다고 하였다. Schultz *et al.*(1977)과 Chang *et al.*(1977)이 식품의 향기 성분 분석에 관한 논문을 발표한 이래로 관련 연구 결과가 많이 보고되었으며, Kim(2001)은 향기성분의 연구방법에 관하여 증류법(simultaneous steam distillation and extraction : SDE), 용매추출법(solvent assisted flavor evaporation : SAFE) 및 Headspace법을 비교한 바 있는데, 가열온도, 시간, pH, 반응매체 등이 향기의 조성에 영향을 미친다고 하였다.

콩 관련 식품에 관해서도 몇몇 논문이 발표되었는데, MacLeod & Ames(1988)는 콩 및 콩 가공식품에서의 향기 조성에는 지방족 탄화수소류, 알콜류, 알데히드류, 케톤류, 테펜류, 벤젠류, 피라진류 등이 관여한다고 하였으며, Kim *et al.*(2000)은 콩 비린내 관여 효소인 lipoxxygenase가 결핍된 콩과 그 가공품의 휘발성 성분을 분석한 결과 콩의 전지분에서 8개 성분 및 탈지분에서 14개 성분을 확인하였으며, 콩나물에서도 17개 성분을 분석하였다. Jeong *et al.*(2008)은 된장찌개의 향기성분을 분석하기도 하였다. 그러나 콩나물의 향기에 관한 연구는 부족한 편인데 이는 콩나물이 우리나라 고유의 전통식품인 까닭에 국외의 관심이 부족한 때문으로 판단된다.

본 연구는 전통 식품인 콩나물의 고부가가치화를 위한 우량 나물콩 품종 육성의 자료를 제공하고자 특성이 다른 나물콩을 재료로 재배된 콩나물의 향기 성분을 분석하였기에 이를 보고하고자 한다.

### 재료 및 방법

#### 원료콩 및 콩나물

콩나물 재배용 원료콩은 2008년에 재배된 풍산나물콩 등

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-41-530-1281  
(E-mail) yohokim@sch.ac.kr <Received August 10, 2009>

4 품종을 국립식량과학원에서 분양받아 사용하였다. 공시 재료의 특성을 보면 풍산나물콩은 현재 콩나물 재배시 원료콩으로 가장 많이 사용되는 것으로 황색 자엽을 가진 반면 녹채콩은 녹색 자엽을 지닌 품종이며, 다원콩은 검정색 종피에 황색 자엽이다. 오리알태는 재래종으로서 콩나물 특성이 우수하다하여 시중에서 널리 사용되고 있는 원료콩이다. 콩나물은 24°C 항온기에서 6일간 재배한 후 분석 시료로 사용하였다.

#### 연속증류추출법(SDE)에 의한 휘발성 향기성분의 추출

본 연구에 사용된 모든 표준시약은 미국 Sigma사에서 구입하였으며, 추출 및 chromatography에 사용한 유기용매는 wire spiral packed double distilling 장치로 재증류한 것을 사용하였다. 또한 물은 순수재증류장치(Millipore Milford, USA)에서 얻은 Milli Q water를 사용하였으며 유기용매의 탈수에 사용된 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>는 105°C dry oven에서 미리 4시간 동안 건조시켰다. 먼저 시료 200 g에 Milli Q water 1 L를 혼합하고 정량분석을 위해 내부표준물질로 n-butylbenzene 1 µL(851.4 µg, Aldrich, USA)를 첨가하여 Schultz 등(1977)의 방법에 따라 개량된 연속수증기증류추출장치(Likens & Nickerson type simultaneous steam distillation and extraction apparatus, SDE)에서 재증류한 n-pentane과 diethyl ether 혼합용매(1:1, v/v) 100 mL를 사용하여 상압 하에서 2시간 동안 향기성분을 추출하였다. 이 추출액에 무수 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 가하여 -4°C에서 하룻밤 방치시켜 탈수시켰으며, 유기용매층은 Vigreux column을 사용하여 약 0.5 mL까지 농축 후 GC/MS 분석시료로 사용하였다.

#### 휘발성 향기성분의 분석

휘발성 향기성분의 정량분석을 위해 GC/MS는 HP 5973 Mass selective detector(Agilent technologies Inc., USA)가 연결된 HP 6890 Series gas chromatograph를 사용하였다. 휘발성 향기성분의 분리를 위해 column은 DB-WAX(60 m × 0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness, J&W, USA)를 사용하였고, oven의 온도는 40°C에서 3분간 유지한 다음 2°C/min의 속도로 180°C까지 상승시켰으며, carrier gas의 유속은 1 mL/min(He)로 유지하였다. 분리된 화합물의 이온화는 electron impact ionization(EI) 방법으로 행하였으며 ionization voltage와 ion source의 온도는 각각 70 eV와 230°C로 설정하였고, 분석할 분자량의 범위는 40~350(m/z)로 설정하였다. GC injector의 온도는 250°C로 설정하였으며, 시료는 1 µL를 split ratio 1:10으로 주입하였다.

#### 휘발성 향기성분의 확인 및 정량

GC/MS에 의해 total ionization chromatogram(TIC)에 분리된 각 peak의 성분 분석은 mass spectrum library(WILEY 7 N, NBS 75 K)와 mass spectral data book의 spectrum과의 일치(Robert, 1995; Stehagen *et al.*, 1974), 문헌상의 retention index와의 일치(Davies, 1990; Sadtler Research Laboratories, 1986; Komthong *et al.*, 2006) 및 표준물질의 분석 data를 비교하여 확인하였다. 확인된 휘발성 향기성분의 정량은 내부표준물질로 첨가된 n-butyl benzene과 동정된 향기성분의 peak area를 이용하여 시료 1 kg에 함유된 휘발성 향기성분을 상대적으로 정량하였으며, 정량을 위해 사용한 내부 표준물질과 동정된 각 화합물의 검출기 내에서의 response factor 등은 고려하지 않았다.

#### 결과 및 고찰

특성이 다른 4가지 원료콩을 사용하여 콩나물을 재배한 후 분석한 향기 성분의 결과를 Table 1에 나타내었다. Fig. 1은 풍산나물콩으로 재배된 콩나물의 향기 성분 chromatogram이다.

콩나물에서 분석되어진 향기 성분은 총 52개였는데, Kim *et al.*(2000)은 3종의 콩나물에서 17개의 향기 성분을 분석한 바 있다. Kim(2001)은 열 추출시 카라멜 반응이나 마이알 반응에 의한 새로운 생성물이 나타날 가능성을 언급하며 SDE 추출시 헤테로 환상화합물인 furan, pyridines 등이 생성된다고 하였다. 본 연구에서도 furan류와 pyridines이 분석되었는데 이들이 추출법에 따라 새로이 생성된 화합물인지는 추후 검토가 필요하리라 생각된다. 그러나 그동안의 결과에서 증류법과 용매 추출법 향기 성분의 profile은 거의 유사한 것으로 보고된 바 있으므로 본 연구의 결과인 52개 성분은 콩나물의 향기 성분으로 단정하여도 무리가 없을 것으로 판단된다.

원료콩에 따라 향기 성분의 조성 정도는 달랐는데 원료콩에 따른 상대적 함량은 오리알태(19.2 mg/kg), 풍산나물콩(15.8 mg/kg), 다원콩(13.2 mg/kg), 녹채콩(11.3 mg/kg)의 순서로 나타났다. 그러나 분석된 향기 성분의 종류는 녹채콩이 50개, 풍산나물콩이 49개인 반면 다원콩과 오리알태는 46개에 불과하여(Table 2) 품종의 특성에 따라 콩나물의 향기 성분 조성이 달라짐을 판단할 수 있었다. 향기 성분은 알데하이드류가 17종으로 가장 많았으며, 알콜류가 16종, 케톤류가 10종이었다. Acid는 acetic acid와 hexanoic acid 2종이 분석되었으나 이들의 함량은 미미하였으며, 그밖에 furan 류 2종, lactone 1종 등 7종의 기타 성분을 확인할 수

Table 1. Flavor components in soy-sprouts cultured different cultivars

NO.	RI <sup>†</sup>	Compound name	MF <sup>‡</sup>	MW <sup>§</sup>	RC (mg/kg) <sup>¶</sup>			
					Orialtae	Pungsan namul kong	Nokchae kong	Dawon kong
1	958	Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	46	0.168	0.308	0.236	0.281
2	964	2-Ethyl furan	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	0.341	0.256	0.172	0.359
3	989	Pentanal	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86	0.134	0.077	0.040	0.082
4	1027	1-Penten-3-one	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	84	0.090	0.046	0.028	0.057
5	1050	Propanol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	60	0.033	0.031	0.021	0.041
6	1064	2,3-Pentanedione	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	100	0.024	0.055	0.014	0.039
7	1083	Hexanal	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.809	1.817	0.406	0.792
8	1119	Ethyl benzene	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	0.011	0.007	0.010	0.008
9	1129	(E)-2-Pentenal	C <sub>5</sub> H <sub>8</sub> O	84	0.227	0.128	0.088	0.128
10	1164	1-Penten-3-ol	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86	0.620	0.287	0.197	0.289
11	1180	2-Heptanone	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub> O	114	0.061	0.081	0.035	0.067
12	1186	Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	136	-	0.116	0.018	0.138
13	1187	Pyridine	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N	79	0.019	0.164	0.047	0.257
14	1209	2-Methyl butanol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	0.023	0.024	0.013	-
15	1210	3-Methyl butanol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	0.060	0.046	0.026	-
16	1214	(E)-2-Hexenal	C <sub>6</sub> H <sub>10</sub> O	98	1.038	0.915	0.842	1.063
17	1223	2-Pentyl furan	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0.964	1.843	0.755	1.312
18	1251	3-Octanone	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128	0.442	0.244	0.223	0.407
19	1255	Pentanol	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	88	0.197	0.235	0.094	0.196
20	1258	<i>ρ</i> -Cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	134	-	0.019	0.005	0.026
21	1295	1-Octen-3-one	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	0.125	0.116	0.114	0.199
22	1313	(E)-2-Penten-1-ol	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86	0.073	0.030	0.020	0.024
23	1317	(E)-2-Heptenal	C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> O	112	0.104	0.197	0.084	0.110
24	1321	2,3-Octanedione	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O <sub>2</sub>	142	-	0.054	0.013	0.026
25	1322	(Z)-2-Penten-1-ol	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	86	0.300	0.196	0.139	0.187
26	1357	Hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	102	1.358	2.082	0.965	2.177
27	1365	(E)-3-Hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.032	0.022	0.012	0.037
28	1383	(Z)-3-Hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.214	0.292	0.111	0.262
29	1392	3-Octanol	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub> O	130	0.164	0.021	0.034	0.038
30	1393	(E,E)-2,4-Hexadienal	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O	96	-	0.037	-	-
31	1401	(E)-3-Octen-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	0.031	0.018	0.010	0.011
32	1405	(E)-2-Hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.353	0.231	0.272	0.284
33	1415	(Z)-2-Hexen-1-ol	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O	100	0.105	-	0.007	-
34	1421	(E)-2-Octenal	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> O	126	0.175	0.311	0.110	0.163
35	1449	Acetic acid	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub>	60	0.013	-	0.013	-
36	1451	1-Octen-3-ol	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128	1.941	0.926	1.292	1.159
37	1459	(E,Z)-2,4-Heptadienal	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0.041	0.046	0.032	0.029
38	1485	(E,E)-2,4-Heptadienal	C <sub>7</sub> H <sub>10</sub> O	110	0.110	0.142	0.102	0.107

Table 1. Continued

NO.	RI <sup>†</sup>	Compound name	MF <sup>‡</sup>	MW <sup>§</sup>	RC (mg/kg) <sup>¶</sup>			
					Orialtae	Pungsan namul kong	Nokchae kong	Dawon kong
39	1508	Benzaldehyde	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O	106	0.029	0.026	0.024	0.037
40	1514	( <i>E,Z</i> )-3,5-Octadien-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0.013	0.022	0.015	0.018
41	1526	( <i>E</i> )-2-Nonenal	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O	140	0.070	0.092	0.086	0.082
42	1564	( <i>E,E</i> )-3,5-Octadien-2-one	C <sub>8</sub> H <sub>12</sub> O	124	0.010	0.013	0.012	0.015
43	1632	( <i>E</i> )-2-Decenal	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	-	0.247	0.093	0.124
44	1660	2-Hydroxybenzaldehyde	C <sub>7</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	122	7.439	1.837	3.315	1.680
45	1689	( <i>E,E</i> )-2,4-Nonadienal	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	0.101	0.136	0.084	0.090
46	1738	( <i>E</i> )-2-Undecenal	C <sub>11</sub> H <sub>20</sub> O	168	-	0.091	-	0.027
47	1754	( <i>E,Z</i> )-2,4-Decadienal	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152	0.119	0.271	0.118	0.090
48	1797	( <i>E,E</i> )-2,4-Decadienal	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152	0.624	1.452	0.644	0.539
49	1838	Hexanoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	116	0.141	0.107	0.117	0.080
50	1869	Benzyl alcohol	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O	108	0.083	0.041	0.064	0.041
51	1927	$\beta$ -Ionone	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192	0.027	0.043	0.026	0.023
52	2021	$\gamma$ -Nonalactone	C <sub>9</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	156	0.193	-	0.062	-
Total					19.249	15.798	11.260	13.201

<sup>†</sup>Retention index, <sup>‡</sup>Molecular formula, <sup>§</sup>Molecular weight,

<sup>¶</sup>Relative concentration to internal standard (n-butyl benzene); It was not considered response factor of each compound.

Table 2. Flavor components characterized in soy-sprouts

	Orialtae		Pungsan-namul-kong		Nokchae-kong		Dawon-kong	
	No.	RC (mg/kg)	No.	RC (mg/kg)	No.	RC (mg/kg)	No.	RC (mg/kg)
Alcohols	16	5.724	15	4.772	16	3.503	13	5.016
Aldehydes	14	11.020	17	7.822	15	6.068	16	5.143
Ketones	9	0.823	10	0.692	10	0.490	10	0.862
Acids	2	0.154	1	0.107	2	0.130	1	0.080
Others	5	1.528	6	2.405	7	1.069	6	2.100
Total	46	19.249	49	15.798	50	11.260	46	13.201

있었다. 전체 향기 성분의 함량 비율에서는 알데하이드류가 50.5%, 알콜류가 32.0%를 차지하여 콩나물의 향기 대부분은 이들 2 종류가 차지함을 알 수 있었다. 그러나 적은 양에서도 독특한 향기 성분을 나타내며 냄새의 역치가 큰 성분이 존재하므로 이에 관해서는 좀더 면밀한 연구가 있어야 할 것이다. 일반적으로 휘발성 화합물은 지질의 산화 및 분해, 당과 아미노산의 가열에 의한 반응 등으로 생성되는데, 특히 aldehyde류는 산화효소에 의해 지방산이 분해됨에 따라 발생(Quach *et al.*, 1999)된다고 하였다.

원료콩에 따른 향기 성분 종류의 변이는 다원콩의 경우

알콜류가 13개 분석되어져 다른 콩에 비해 적었으며, 알데하이드류에서는 오리알태가 14개로 상대적인 수가 적었다. 한편, 다원콩이 다른 콩과는 달리 원료콩별 향기 함량의 비율에서 차이를 보였다. 즉 다원콩은 알콜류와 알데하이드류의 조성비가 38% : 39%로 비슷한 것에 비해 다른 원료콩에서는 알데하이드류가 알콜류 보다는 1.5배 이상 높은 함량을 나타내었으며, 케톤류의 함량비도 다원콩은 다른 콩에 비해 훨씬 높게 나타났다. 따라서 검정콩인 다원콩의 특성과 향기 조성과의 관련 여부는 더 많은 유전자원을 대상으로 검토되어야 할 것이다.

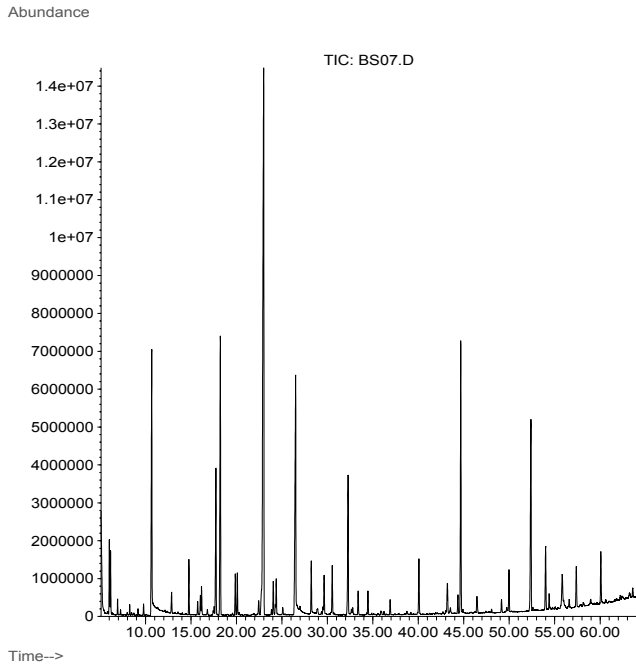


Fig. 1. Total ion chromatograms of flavor components in soy-sprout cultivated with Pungsannamul-kong.

향기 성분중에서 함량이 가장 크게 확인된 것은 2-hydroxybenzaldehyde이었으며 특히 오리알태에서 함량이 높았다. Hydroxybenzaldehyde는 phenol 성 화합물이며 농약, 의약품 제조의 원료로 사용되고 있는 바, 오리알태가 콩나물 관련업체에서 선호도가 높은 것이 내병성 때문인 것으로 알려져 있으므로 오리알태의 특성과 2-hydroxybenzaldehyde의 함량과는 연관이 있을 것으로 사료되나 좀 더 검토가 요구된다. 2-Hydroxybenzaldehyde 다음으로는 hexanol, 1-octen-3-ol, 2-pentyl furan, hexanal 순으로 상대적 함량이 높았으며, 이들 성분의 원료콩별 비율은 일정한 경향이 없었으나 풍산나물콩이 다른 콩에 비해 대체로 높은 함량 비율을 나타내었다. Arai *et al.*(1970)과 Matoba *et al.*(1985)등은 lipoxygenase가 linoleic acid로부터 n-hexanal, hexanol, 1-octen-3-ol, n-pentanol을 생성하는 주요 효소임을 발표한 바 있는데, 공시재료로 쓰인 원료콩들이 모두 lipoxygenase를 함유하고 있으며 함유 지방산 중 linoleic acid 함량이 50% 이상을 차지하고 있음을 볼 때 콩나물의 향기 성분은 대체로 지질의 산화에 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 그러나 함량이 적더라도 냄새 역가가 큰 향기 성분이 있을 수 있으므로 개별 성분의 특성에 관한 연구가 필요할 것으로 사료된다. 한편, Kim *et al.*(1994)은 lipoxygenase가 결핍된 콩은 비린 맛이 나타나지 않아 두부 및 두유 적성이 일반콩보다 우수하다고 발표한 바 있으므로 lipoxygenase가 결핍된 콩

으로 콩나물을 재배하면 뜻내에 관여하는 향기 성분으로 알려진 hexanal, hexanol, 1-octen-3-ol의 함량이 줄어들 것으로 추정된다. 그러나 이들 성분의 감소가 콩나물 특유의 향기 생성에 미칠 영향에 대해서는 좀 더 정밀한 연구가 필요할 것이다.

### 적 요

특성이 다른 나물콩 4종을 재료로 콩나물을 재배한 후 SDE 법으로 콩나물의 향기 성분을 분석한 결과는 다음과 같았다.

1. 총 52개의 향기 성분이 분석되었으며, 품종별로 46~50개의 성분을 확인하였다.
2. 향기성분은 알콜류 16종, 알데하이드류 17종, 케톤류 10종, furan 류 2종, acid류 2종 및 기타 5종이 분석되었으며, 오리알태는 알데하이드류, 다원콩은 알콜류의 성분 수가 타 품종보다 적게 나타났다.
3. 품종별 향기성분의 상대적 함량은 오리알태가 가장 높았으나 동정된 성분의 갯수는 풍산나물콩과 녹채콩이 많았다.
4. 다원콩은 알콜류와 알데하이드류가 비슷한 함량 조성을 보였으나 기타 품종들은 알데하이드류가 알콜류보다 높은 함량을 나타내었다.
5. 4 품종 모두 2-hydroxybenzaldehyde, hexanol, 1-octen-3-ol 등이 상대적으로 함량이 높았다.

### 사 사

본 연구는 농촌진흥청 현장협력개발사업(과제번호: 200803 A01080067)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 인용문헌

Arai, S., M. Noguchi, M. Kaje, H. Kato, and M. Fujimaki. 1970. n-Hexanal and some volatile alcohols their distribution in raw soybean tissues and formation in crude soy protein concentrate by lipoxygenase. *Agri. Biol. Chem.* 34(9) : 1420-1423.

Chang, S. S., F. M. Vallese, L. S. Hwang, O. A. L. Hsieh, and B. S. Min. 1977. Apparatus for the isolation of trace volatile constituents from foods. *J. Agric. Food Chem.* 25(3) : 450-455.

Davies, N. W. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J. Chromatogr.* 503 : 1-24.

Hayase, F. and H. Kato. 1989. Chemical analysis of the com-

- pounds produced by amino-carbonyl reaction in foods and biological systems. *J. Oil Chem.* 38 : 865-869.
- Hildebrand, D. F., F. R. Hamilton, J. H. Loughrin, K. Ali, and R. A. Andersen. 1990. Lipoxygenase 3 reduces hexanal production from soybean homogenates. *J. Agric. Food Chem.* 38 : 1934-1936.
- Jeong, E. J., W. J. Cho, and Y. J. Cha. 2008. Volatile flavor compounds in Omandungi-doenjang soups and stew by cooking. *J. Life Sci.* 18 : 1570-1577.
- Kim, J. K. 2001. Flavors of processed food on heating. *Food industry & nutrition.* 6(2) : 20-26.
- Kim, S. H., Y. B. Lee, and I. K. Hwang. 2000. Studies on volatile compounds in lipoxygenase deficient-soybean and its products. *Korean J. Food & Nutr.* 13(2) : 118-124.
- Kim, Y. H., S. D. Kim, E. H. Hong, and S. H. Kim. 1994. Processing characteristics of soybean genotypes lacking lipoxygenase. *Korean J. Crop Sci.* 39(2) : 171-174.
- Komthong, P., S. Hayakawa, T. Katoh, N. Igura, and M. Shimoda. 2006. Determination of potent odorants in apple by headspace gas dilution analysis. *Lebensmitt-Wissensch Technol.* 39 : 472-478.
- MacLeod, G and J. Ames. 1988. Soy flavor and its improvement. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 27 : 218-400.
- Matoba, T., H. Hidaka, H. Narita, K. Kitamura, N. Kaizuma, and M. Kito. 1985. Lipoxygenase-2 isozyme is responsible for generation of n-hexanal in soybean homogenate. *J. Agric. Food Chem.* 33 : 852-855.
- Quach, M. L., X. D. Chen, and R. J. Stevenson. 1999. Headspace sampling of wheyprotein concentrate solutions using solid-phase micro-extraction. *Food Research International.* 31 : 371-379.
- Robert, P.A. 1995. Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. Allured Publishing Corporation. IL. USA.
- Sadtler Research Laboratories. 1986. The Sadtler standard gas chromatography retention index library. Sadtler, Philadelphia, PA, USA.
- Schultz, T. H., R. A. Flath, T. R. Mon, S. B. Egging, and R. Teranishi. 1977. Isolation of volatile components from a model system. *J. Agric. Food Chem.* 25(3) : 446-449.
- Stenhagen E, S. Abrahamsom, and F.W. McLafferty. 1974. The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data. John Wiley and Sons. NY. USA.