

Solid-Phase Microextraction에 의한 백련의 휘발성 향기 성분 분석

†최 향 숙

경인여자대학교 식품영양과

Volatile Flavor Composition of White-flowered Lotus by Solid-phase Microextraction

†Hyang-Sook Choi

Dept. of Food Nutrition, Kyungin Women's University, Incheon 21041, Korea.

Abstract

This study investigated the chemical composition of headspace gas from white-flowered lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner). Volatile flavor compositions of headspace from white-flowered lotus (floral leaf, stamen, flower stalk, stem) were investigated through the solid-phase microextraction method using polydimethylsiloxane-divinylbenzene fiber. The headspace was directly transferred to a gas chromatography-mass spectrometry. Sixty-three volatile flavor constituents were detected in the headspace of lotus floral leaves, and undecanoic acid (7.81%) was the most abundant component. Fifty-three volatile flavor constituents were detected in the headspace of lotus stamina, and isobutyridene phthalide (7.94%) was the most abundant component. Forty-four volatile flavor constituents were detected in the headspace of lotus flower stalks, and 3-butyl dihydrophthalide (11.23%) was the most abundant component. Fifty-nine volatile flavor constituents were detected in the headspace of lotus stems, and ligustilide (16.15%) was the most abundant component. The content of phthalides was higher in the headspace of flower stalks and stems, while alcohols and acids were the predominant compounds in lotus floral leaves.

Key words: white-flowered lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner), headspace composition, volatile flavor component, solid-phase microextraction

서 론

연(*Nelumbo nucifera* Gaertner)은 수련과의 연속(*Nelumbo*)으로 연못에서 자라는 다년초이다. 원산지는 열대, 온대의 동부 아시아이며, 중국, 러시아, 일본, 인도, 아프리카, 유럽에도 분포한다. 우리나라는 북부지방의 추운 곳을 제외한 전국 각지의 연못이나, 논, 늪지 등에서 자란다. 최근에는 새로운 품종들이 들어와 기존의 연과 같이 심어지고 있으나, 식물체의 크기와 꽃달림에서 약간의 차이가 있을 뿐 연과 거의 흡사하다. 연꽃의 땅속 뿌리줄기는 길며 황백색이고, 물속의 진흙속에서 옆으로 번으며, 마디가 있고, 마디에서 수염뿌리가 내린다. 마디에는 많은 구멍이 있다. 7~9월에 꽃이 피고, 물위에

솟은 꽃대 위에서 붉은색, 연한 붉은 색, 흰색 꽃이 1개씩 피며, 꽃잎은 보통 16~24개이며, 수술은 약 40개이다. 꽃 밥은 황색이며, 길이 15~20 mm이다. 열매는 마른 열매이며, 8~10월에 익는다. 주로 뿌리를 식용하며, 뿌리줄기에는 녹말, 단백질, 비타민 C가 함유되어 있다. 한방과 민간에서 씨와 뿌리줄기 말린 것, 잎 등을 지혈, 신장염, 진통, 해열, 폐렴, 이뇨, 신경쇠약, 요통 등의 약재로 널리 쓰인다. 부드러운 연잎은 차로 마시거나 죽의 재료로 이용한다(Lee TB 2003; Kim TJ 2009).

아시아에서 연꽃은 다양한 식재료로 이용된다. 어린 연 줄기는 베트남 등지에서는 샐러드 재료로 이용하며, 뿌리줄기는 스프를 포함한 다양한 음식 재료로 이용된다. 동 아시아에서는 연꽃을 음식의 장식을 위해 사용하기도 하며, 연잎은 음

† Corresponding author: Hyang-Sook Choi, Dept. of Food Nutrition, Kyungin Women's University, Incheon 21041, Korea. Tel: +82-32-540-0272, Fax: +82-2-540-0275, E-mail: hschoi@kiwu.ac.kr

식을 싸거나 튀김소재로 이용된다. 우리나라에서는 연근을 주로 밀반찬으로 사용하고 있으며, 연잎과 연꽃은 차로써 마시고 있는데, 주로 백련을 이용한다. 연꽃과 연밥(씨앗)은 주로 약용으로 쓰이고 있다. 연근은 염증을 없애고 빈혈, 위궤양, 당뇨에 효과가 있다고 전해지며, 지혈효과도 보고된 바 있다. 연꽃 역시 지혈작용 및 야뇨증에 효과가 있다고 한다(Ryuk CS 1989; Jung JC 2001; Lee TB 2006; Choi 등 2009). 연에 대한 연구는 대부분 연근 위주로 수행되었으며, 연근의 지질 조성(Park 등 2005), 아미노산, 지방산, 유리당 및 식이섬유 분석(Han & Koo 1993), 연 씨앗의 단백질 조성 분석(Shin 등 1999), 연잎의 향산화성 연구(Wu 등 2003), 백련과 홍련의 영양성분 연구(Tang 등 2007) 및 몇몇 기능성 연구가 있다(Ko 등 2006; Kim 등 2008). 최근 연꽃의 활용도가 증가하면서 차로 가공되고 있으나, 차로써 이용 시 중요시되는 향기에 대한 체계적인 연구는 수행되지 못하고 있다. 따라서 기호식품으로서 차 가공품의 생산과 소비자의 관심이 증가하고 있는 시점에서 차의 재료로 이용되는 백련의 향기성분을 분석하여 식품가공 산업에 유용한 자료 제시가 필요한 시점이다(Choi 등 2003).

식품으로부터 향기성분을 추출하기 위해서는 주로 수증기 증류, 용매 추출 등의 방법을 사용하고 있으나, 이러한 방법은 추출 중 가열로 인해 향기성분이 변할 수 있어, 본래의 향기분석에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 식물 본래의 향기성분을 가능한 그대로 분석하기 위해 solid-phase microextraction 방법을 사용하여 백련의 식용부위별(꽃잎, 꽃 수술, 꽃 대, 줄기) 향기성분을 분석하였다. 식물체의 향기성분은 재배지, 수확시기, 식용부위, 품종 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있는데(Heath HB 1986), 홍련에 대한 향기성분 연구는 이루어져 있는 반면, 백련에 대한 연구는 이루어지지 않은 실정 이므로, 본 연구를 통해 새로운 식품소재로서 백련의 대중화를 이루기 위한 유용한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 백련(*Nelumbo nucifera* Gaertner)은 전라남도 무안군에서 채취하였으며, 무안군 농업기술센터를 통해 식물학적 확인을 거친 후 사용하였다. 백련은 2013년 8월에 수확하였으며, 연 꽃잎, 꽃수술, 꽃대, 줄기로 나누어 통풍이 잘되는 그늘에서 10일간 자연 건조시킨 후 사용하였다. Gas chromatography(GC) 및 mass spectrometry(MS) 분석을 위해 표준물질을 사용하였으며, AccuStandard Inc.(CT, USA), Aldrich Chemical Co.(WI, USA), Bolak Co., Ltd.(Osan, Korea), French-Korean Aromatics(Youngin, Korea), PolyScience Co.(IL, USA),

Sigma Chemical Co.(MO, USA), Theta Co.(PA, USA), Wako Pure Chemical Industries(Osaka, Japan)의 제품을 사용하였다.

2. Solid-phase microextraction(SPME)에 의한 headspace 포집

본 연구에서는 향기성분 추출 시 시료 본래의 향기를 가능한 그대로 추출하기 위하여 SPME 방법에 의해 headspace를 포집하였다. SPME 방법으로 향기 추출을 하기 위해 65 μ m polydimethylsiloxane-divinylbenzene(PDMS-DVB) fiber(Supelco, Inc., Bellefonte, PA, USA)를 사용하였다. Headspace 포집에 적절한 시간을 설정하기 위해 30분에서 70분간 변화를 주며 예비 추출한 결과, 40분이 적절한 추출시간으로 조사되어 본 실험에서는 40분간 추출하였다. 각 부위별로 시료를 10 mL Supelco vial에 넣고 silicone septum과 aluminum cap으로 밀봉한 후 PDMS-DVB fiber로 코팅된 stainless steel needle을 삽입하여 Varian 8200 autosampler(Walnut Creek, CA, USA)에서 40분간 headspace gas를 포집하였다.

3. Gas chromatography(GC)

PDMS-DVB fiber로 휘발성 향기성분을 포집한 후에 GC(Agilent 6890N, CA, USA)의 주입구에서 2분간 휘발성 화합물을 탈착시켰다. 본 실험에는 DB-Wax fused-silica capillary column(60 m \times 0.25 mm i. d., film thickness 0.25 μ m, J & W Scientific, Folsom, CA, USA)과 flame ionization detector가 장착된 GC를 사용하였다.

컬럼온도는 70 $^{\circ}$ C에서 2분간 유지한 후 230 $^{\circ}$ C까지 분당 2 $^{\circ}$ C씩 승온하였고, 230 $^{\circ}$ C에서 20분 유지하였다. 주입구 및 검출기의 온도는 250 $^{\circ}$ C로 하였다. Headspace gas를 GC에 주입 후 splitless mode를 적용하였다. 모든 휘발성 화합물의 retention indices(RI)를 계산하기 위해 동일한 GC 조건하에서 *n*-alkanes(C₇-C₂₉)을 사용하였다.

4. GC-mass spectrometry(GC-MS)

휘발성 화합물 분석을 위해 GC에 연결된 Varian Saturn 2000R MS를 사용하였다. SPME fiber는 Varian 8200 Autosampler(Walnut Creek, CA, USA)를 이용하여 GC-MS system에 적용하였다. Headspace gas를 40분 추출 후, DB-Wax fused silica capillary column(60 m \times 0.25 mm i. D., film thickness 0.25 μ m, J & W Scientific, Folsom, CA, USA)을 장착한 Varian Saturn 2000R 3800 GC(Walnut Creek, CA, USA)의 주입구에서 2분간 휘발성 화합물을 탈착시켰다. Carrier gas는 분당 1.1 mL 속력으로 적용시켰다. 컬럼온도는 70 $^{\circ}$ C에서 2분간 유지한 후 230 $^{\circ}$ C까지 분당 2 $^{\circ}$ C씩 승온하였고, 230 $^{\circ}$ C에서 20분 유지하였다. 주입구 및 검출기의 온도는 250 $^{\circ}$ C로 하였다. 주입구의 split ratio

는 30 : 1로 하였다.

5. 향기성분 동정

휘발성 향기성분의 확인을 위해 우선 *n*-alkanes(C₇-C₂₉)을 이용한 RI를 구하였고, Varian Saturn 2000R mass spectrometer에 연결된 Wiley library and NIST Mass Spectral Search Program(ChemSW, Inc., NIST 98 Version Database)의 data system에 있는 reference compounds의 mass spectra와 비교 확인하였다. 또한 표준물질과의 co-injection을 통한 물질 동정을 병행하였다.

결과 및 고찰

1. 연꽃(꽃잎 및 꽃 수술)의 headspace 향기성분

연꽃 부위의 휘발성 향기성분 분석을 위하여 headspace gas를 포집한 후 GC 및 GC-MS를 사용하여 성분을 분석하였다. 확인된 성분은 관능기에 따라 탄화수소류, 알데히드류, 알코올류, 케톤류, 에스테르류, 프탈라이드류, 산류로 나누어 Table 1에 제시하였다.

연꽃잎의 headspace에서는 총 63종의 향기성분이 확인되었고, 총 headspace의 휘발성 향기성분 중 71.64%를 차지하였다. 가장 많이 함유된 성분은 undecanoic acid(7.81%)이었고, 그 다음은 farnesol(6.26%), ethyl acetate(4.97%), isobutylidene phthalide(3.90%), 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde(3.66%) 순

Table 1. Volatile flavor composition of white-flowered lotus by solid-phase microextraction

No.	Component	Retention index (DB-wax)	Relative peak area percent			
			Floral leaf	Stamen	Flower stalk	Stem
(Hydrocarbons)						
Aliphatic hydrocabons						
1	Decane	999	0.28	-	0.17	0.08
2	Undecane	1,094	0.92	-	0.56	0.19
3	Tetradecane	1,392	0.46	-	-	-
Subtotal			1.66		0.73	0.27
(Monoterpene hydrocarbons)						
4	α -Pinene	1,034	0.56	-	0.24	0.30
5	Camphene	1,082	0.40	-	0.17	-
6	β -Pinene	1,115	0.37	-	0.18	0.23
7	Sabinene	1,138	0.23	-	0.28	0.18
8	δ -3-Carene	1,141	0.62	-	0.12	0.20
9	Myrcene	1,146	0.30	-	0.17	0.15
10	α -Phellandrene	1,152	0.60	-	0.32	0.33
11	α -Terpinene	1,197	0.49	-	0.27	0.35
12	Ocimene	1,256	0.36	-	0.18	0.12
13	<i>p</i> -Cymene	1,292	0.30	-	0.15	0.15
14	γ -Terpinene	1,267	0.34	-	0.40	0.37
15	Terpinolene	1,298	0.45	-	0.20	0.15
Subtotal			5.02	-	2.68	3.05
(Sesquiterpene hydrocarbons)						
16	α -Copaene	1,498	0.45	2.58	-	1.38
17	<i>cis</i> - β -Farnesene	1,656	1.79	0.30	0.70	0.22
18	Valencene	1,727	-	0.34	-	-
19	Bicyclogermacrene	1,742	1.59	1.56	10.17	0.98
20	Germacrene-B	1,813	0.90	0.12	-	0.41
Subtotal			4.78	4.90	10.87	2.99
Total			11.46	4.90	14.28	6.31

Table 1. Continued

No.	Component	Retention index (DB-wax)	Relative peak area percent			
			Floral leaf	Stamen	Flower stalk	Stem
(Aldehydes)						
Aliphatic aldehydes						
21	Hexanal	933	0.31	-	0.33	0.06
22	Nonanal	1,398	0.80	0.18	0.23	0.24
23	Undecanal	1,598	-	0.28	0.29	-
24	<i>trans</i> -2-Decenal	1,639	-	2.11	0.39	0.16
25	Dodecanal	1,714	-	0.20	-	-
26	Tetradecanal	1,923	0.35	1.87	-	0.42
27	Tetradecenal	1,946	0.53	0.14	-	0.29
Subtotal			2.01	4.78	1.24	1.17
(Terpene aldehydes)						
28	Citronellal	1,496	1.23	0.13	0.27	0.83
29	4-Hydroxy-3-methoxy benzaldehyde	2,590	3.66	1.60	-	3.27
30	4-Hydroxy-2-methoxy benzaldehyde	2,591	-	1.62	-	-
Subtotal			4.89	3.35	0.27	4.10
Total			6.90	8.13	1.51	5.27
(Alcohols)						
Aliphatic alcohols						
31	2-Methyl-2-butanol	1,012	0.45	-	0.22	0.08
32	Propanol	1,039	0.35	-	0.13	-
33	2-Methyl-1-butanol	1,211	1.75	-	2.13	0.55
34	3-Methyl-1-butanol	1,212	2.97	-	3.65	0.76
35	p-Mentha-1,8-dien-10-ol	2,292	0.58	0.14	-	0.29
36	1,9-Nonaediol	2,439	0.52	0.36	-	0.23
Subtotal			6.62	0.50	6.13	1.91
(Monoterpene alcohols)						
37	Borneol	1,524	0.34	-	-	0.28
38	Terpinene-4-ol	1,611	-	0.20	0.23	-
39	Carveol	1,872	-	0.23	-	-
40	Geraniol	1,879	-	0.14	-	0.16
41	Isoeugenol	2,242	-	0.18	-	0.22
Subtotal			0.34	0.75	0.23	0.66
(Sesquiterpene alcohols)						
42	<i>cis</i> -Nerolidol	1,971	-	0.23	-	-
43	<i>trans</i> -Nerolidol	2,050	0.57	0.35	0.56	0.24
44	β -Elemol	2,094	0.62	0.17	-	-
45	Cedrol	2,131	0.88	0.32	-	0.23
46	Cadinol	2,171	0.77	0.35	-	0.25
47	Muurolol	2,285	0.40	0.17	-	0.25
48	<i>trans,trans</i> -Farnesol	2,419	0.31	0.86	-	0.20
49	Fanesol	2,550	6.26	0.81	-	0.89

Table 1. Continued

No.	Component	Retention index (DB-wax)	Relative peak area percent			
			Floral leaf	Stamen	Flower stalk	Stem
	Subtotal		9.81	3.26	0.56	2.06
	Total		16.77	4.51	6.92	4.63
Ketones						
50	2-Methyl-2-butanone	940	0.72	-	0.18	-
51	3-Buten-2-one	952	0.25	-	-	-
52	2,3-Pentanedione	1,055	0.59	-	0.25	-
53	Camphor	1,530	0.42	1.85	0.18	0.24
54	<i>Cis</i> -carvone	1,745	0.42	0.41	-	0.25
55	Carvone	1,870	-	0.50	-	-
	Total		2.40	2.76	0.61	0.49
(Esters)						
56	Ethyl acetate	906	4.97	0.61	2.62	-
57	2-Ethyl-2-butanoate	939	-	-	-	0.49
58	Propyl propanoate	1,044	0.28	-	0.12	-
59	3-Methyl butyl acetate	1,149	0.24	-	-	-
60	Ethyl hexanoate	1,220	0.38	-	0.60	1.80
61	Heptyl acetate	1,361	1.53	-	0.67	0.28
62	Citronellyl acetate	1,666	-	0.31	-	0.44
63	Decyl acetate	1,695	-	0.27	-	-
64	Terpinyl acetate	1,701	-	0.16	-	-
65	Neryl acetate	1,724	0.60	1.07	1.38	0.22
66	Geranyl acetate	1,765	2.82	0.13	0.48	1.37
67	Geranyl propionate	1,888	-	0.18	0.70	0.18
68	Dodecyl acetate	1,918	1.70	0.11	6.23	1.06
69	<i>trans,trans</i> -Farnesyl acetate	2,271	-	0.18	-	-
70	Ethyl hoptadecanoate	2,341	-	0.36	-	-
71	Methyl octadecanoate	2,462	-	0.47	-	0.52
72	Ethyl octadecanoate	2,470	-	0.98	-	2.59
	Total		12.52	4.83	12.80	8.95
(Phthalides)						
73	Isobutylidene phthalide	2,602	3.90	7.94	-	-
74	Ligustilide	2,620	3.27	2.01	-	16.15
75	3-Butyl dihydrophthalide	2,634	3.02	2.49	11.23	4.92
76	Butylidene dihydrophthalide	2,658	1.01	2.36	9.67	3.88
	Total		11.20	14.80	20.90	24.95
(Acids)						
77	Ethyl hexadecanoic acid	2,261	-	0.11	-	-
78	Undecanoic acid	2,578	7.81	0.88	-	2.83
79	Dodecanoic acid	2,585	1.85	1.60	-	2.39
80	Myristic acid	2,712	0.73	-	4.18	2.40
	Total		10.39	2.59	4.18	7.62
	Total		71.64	42.52	61.20	58.22

이었다.

연꽃잎의 휘발성 향기성분 중 탄화수소류는 전체 분석된 향기성분 11.46%를 차지하였는데, 이중 지방족 탄화수소류(aliphatic hydrocarbons)가 1.66%, 모노테르펜 탄화수소류(monoterpene hydrocarbons)가 5.02%, 세스퀴테르펜 탄화수소류(sesquiterpene hydrocarbons)가 4.78%를 차지하였다. 탄화수소류 중 *cis*- β -farnesene이 1.79%로 가장 함량이 높았고, bicyclogermacrene이 1.59%를 차지하였다. 식물체에 함유된 방향성 향기성분은 주로 이소프렌 분자(isoprene, $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{CH}_2$)가 2개 또는 그 이상 중합되어 이루어진 테르펜 화합물로 구성되어 있다. 테르펜 화합물은 탄소수에 따라 탄소수가 10개이면 모노테르펜(monoterpene), 15개이면 세스퀴테르펜(sesquiterpene), 20개이면 디테르펜(diterpene), 30개이면 트리테르펜(triterpene) 등으로 분류되는데, 식품의 향기 성분으로 중요한 것은 주로 모노테르펜과 세스퀴테르펜류이다(Chae 등 1996). 연꽃잎에서도 모노테르펜과 세스퀴테르펜류의 함량이 높은 것으로 나타났다.

연꽃잎의 휘발성 향기성분 중 알데히드류는 전체 분석된 향기성분 6.90%를 차지하였는데, 이 중 지방족 알데히드류(aliphatic aldehydes)가 2.01%, 테르펜 알데히드류(terpene aldehydes)가 4.89%를 차지하였다. 이 중 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde가 3.66%로 가장 높았다. 알코올류는 16.77%를 차지하였으며, 지방족 알코올류(aliphatic alcohols)가 6.62%, 모노테르펜 알코올류(monoterpene alcohols)가 0.34%, 세스퀴테르펜 알코올류(sesquiterpene alcohols)가 9.81%를 차지하였다. 이 중 farnesol이 6.26%로 가장 높았다. 케톤류는 2.40%를 차지하였고, 에스테르류는 총 12.52%로 ethyl acetate의 함량이 4.97%로 가장 높았다. 프탈라이드류(phthalides)는 11.20%로, isobutylidene phthalide가 3.90%로 가장 높았으며, 산류는 10.39%를 차지하였고, undecanoic acid가 7.81%로 대부분을 차지하였다.

연꽃잎의 휘발성 향기성분에 함유된 탄화수소류 중 가장 함량이 높은 *cis*- β -farnesene은 citrus 과실에 함유된 성분으로, 국내산 한라봉에도 함유되어 있다. 이 성분은 온후한 과실향을 부여하는 성분으로 보고된 바 있다(Choi HS 2003). Farnesene은 주로 과실향기에 기여하며, 자연계에 다양한 이성체로 존재한다. 다양한 이성체 중 (*E,E*)- α -farnesene이 가장 일반적이고, 이 성분은 사과의 특징적인 향기성분에 관여하며, 여러 과실에 함유되어 있는 화합물로 알려져 있다(Arctander S 1969). 연꽃잎의 향기성분 중 알코올류가 차지하는 비중이 가장 높았는데, 이것은 주로 farnesol에 기인하였다. 이 성분은 세스퀴테르펜 알코올 성분으로 오렌지, 장미, 레몬그라스의 향기성분에 포함된 성분으로 발삼향 및 온후한 과일 및 꽃향을 내기 때문에, 향수 및 화장품의 향을 낼 때 이

용된다(Arctander S 1969). 산류 중 가장 함량이 높은 undecanoic acid는 자연계에 널리 분포하는 산류의 하나로 꽃향기에서는 그다지 기여도가 높지 않은 성분이다(Arctander S 1969).

연꽃 수술의 headspace에서는 총 53종의 향기성분이 확인되었고, 총 headspace의 휘발성 향기성분 중 42.52%를 차지하였다. 가장 많이 함유된 성분은 isobutylidene phthalide(7.94%)이었고, 이어서 α -copaene(2.58%), 3-butyl dihydrophthalide(2.49%), butylidene dihydrophthalide(2.36%) 순이었다.

연꽃 수술의 휘발성 향기성분 중 탄화수소류는 전체 분석된 향기성분 4.90%를 차지하였는데, 모두 세스퀴테르펜 탄화수소류로 나타났다. 알데히드류는 전체 분석된 향기성분 중 8.13%를 차지하였고, 지방족 알데히드류가 4.78%, 테르펜 알데히드류가 3.35%를 차지하였다. 이 중 *trans*-2-decenal이 2.11%로 가장 높았다. 알코올류는 4.51%를 차지하였는데, 지방족 알코올류가 0.50%, 모노테르펜 알코올류가 0.75%, 세스퀴테르펜 알코올류가 3.26%를 차지하였다. 이 중 *trans,trans*-farnesol이 0.86%로 가장 높았다. 케톤류는 2.76%를 차지하였고, 에스테르류는 총 4.83%로 neryl acetate의 함량이 1.07%로 가장 높았다. 프탈라이드류는 14.80%로 나타났고, isobutylidene phthalide가 7.94%로 가장 높았다. 산류는 2.59%를 차지하였는데, 꽃잎에서 높게 나타났던 undecanoic acid는 비교적 소량 함유된 것으로 나타났다.

연꽃 수술의 휘발성 향기성분 중 꽃잎과 비교하여 두드러진 차이점은 undecanoic acid의 함량은 적고 isobutylidene phthalide의 함량은 높다는 것이다. Isobutylidene phthalide는 고본(*Angelica tenuissima*)에서도 확인된 성분으로 ligustilide 등과 함께 셀러리의 특징적인 향기성분으로 보고된 바 있다(Choi 등 2001).

2. 연꽃대 및 줄기의 headspace 향기성분

연꽃대의 headspace에서는 총 44종의 향기성분이 확인되었고, 총 headspace의 휘발성 향기성분 중 61.20%를 차지하였다. 가장 많이 함유된 성분은 3-butyl dihydrophthalide(11.23%)이었고, bicyclogermacrene(10.17%), dodecyl acetate(6.23%), myristic acid(4.18%), 3-methyl-1-butanol(3.65%) 순이었다.

연꽃대의 휘발성 향기성분 중 탄화수소류는 전체 분석된 향기성분 14.28%를 차지하였는데, 지방족 탄화수소류가 0.73%, 모노테르펜 탄화수소류가 2.68%, 세스퀴테르펜 탄화수소류가 10.87%로 나타나, 다른 부위보다 세스퀴테르펜 탄화수소류의 함량이 월등히 높았다. 알데히드류는 전체 분석된 향기성분 중 1.51%로 매우 적게 함유되어 있었고, 이 중 지방족 알데히드류가 1.24%, 테르펜 알데히드류가 0.27%를 차지하였다. 알코올류는 6.92%를 차지하였으며, 지방족 알코올류가 6.13%, 모노테르펜 알코올류가 0.23%, 세스퀴테르펜

알코올류가 0.56%를 차지하였다. 이 중 3-methyl-1-butanol이 3.65%로 가장 높았다. 케톤류는 0.61%로 가장 적은 양을 차지하였고, 에스테르류는 총 12.80%로 dodecyl acetate의 함량이 6.23%로 가장 높았다. 프탈라이드류는 꽃대 휘발성 성분 중 가장 많은 양이 함유되어져 있었으며 20.90%를 보였다. 이 중 3-butyl dihydrophthalide가 11.23%로 가장 함량이 많았다. 산류는 myristic acid(4.18%)만 확인되었다.

연 줄기의 headspace에서는 총 59종의 향기성분이 확인되었고, 총 headspace의 휘발성 향기성분 중 58.22%를 차지하였다. 가장 많이 함유된 성분은 ligustilide로 16.15%를 차지하였고, 이어서 3-butyl dihydrophthalide(4.92%), butylidene dihydrophthalide(3.88%), 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde (3.27%)의 함량이 높았다.

연 줄기의 휘발성 향기성분 중 탄화수소류는 전체 분석된 향기성분 중 6.31%를 차지하였으며, 지방족 탄화수소류가 0.27%, 모노테르펜 탄화수소류가 3.05%, 세스퀴테르펜 탄화수소류가 2.99%로 나타나, 다른 부위보다도 세스퀴테르펜 탄화수소류의 함량이 낮은 것으로 조사되었다. 알데히드류는 전체 분석된 향기성분 중 5.27%를 나타냈고, 이 중 지방족 알데히드류가 1.17%, 테르펜 알데히드류가 4.10%를 차지하였다. 알코올류는 4.63%를 차지하였으며, 지방족 알코올류가 1.91%, 모노테르펜 알코올류가 0.66%, 세스퀴테르펜 알코올류가 2.06%를 차지하였다. 케톤류는 0.49%로 가장 적게 함유되어 있었고, 에스테르류는 총 8.95%로 ethyl octadecanoate의 함량이 2.59%로 가장 높았다. 프탈라이드류는 24.95%로 줄기의 휘발성 성분 중 가장 많은 양을 차지하였다. Ligustilide의 함량이 16.15%로 가장 높았고, 3-butyl dihydrophthalide가 4.92%, butylidene dihydrophthalide가 3.88%로 나타났다. 산류는 7.62% 함유되어져 있었고, undecanoic acid, dodecanoic acid 및 myristic acid가 확인되었다. 연을 대상으로 휘발성 향기성분에 관한 연구는 비교적 적은 실정인데, 홍련을 대상으로 한 연구(Choi HS 2011)에서 꽃잎과 줄기의 headspace에서는 프탈라이드류의 함량이 높았고, 알데히드류, 에스테르류, 알코올류는 꽃 수술에서 높다고 보고되었다. 본 연구에 사용된 백련과 이전 연구에서 보고된 홍련 모두 비교적 꽃대와 줄기에서 프탈라이드류의 함량이 높았다. 홍련의 꽃잎(Choi HS 2011)에 비해 백련의 꽃잎은 탄화수소류, 특히 세스퀴테르펜 탄화수소류의 함량이 높았고, 테르펜 알데히드류, 지방족 알코올류, 세스퀴테르펜 알코올류, 에스테르류의 함량이 높은 반면, 프탈라이드류는 상대적으로 백련 꽃잎에서 낮았다. 꽃 수술에서는 홍련에서 탄화수소류, 알데히드류, 알코올류, 에스테르류가 높았고, 백련 수술에서는 프탈라이드류의 함량이 더 높게 보여졌다.

이상의 결과로부터 연은 종류 및 식용 부위에 따라 구성하

고 있는 향기성분이 상이함을 확인할 수 있었다. 따라서 식용 및 약용의 재료로 연을 활용할 경우, 용도에 따라 식용부위를 선별한다면 더욱 효율적으로 활용을 할 수 있을 것으로 보여진다. 식물의 향기성분은 식용 부위 외에도 그 식물의 채취지역, 채취시기 등에 매우 민감하게 변하므로 식품 소재로 활용시 목적에 맞는 시료 선별이 중요함을 강조해오고 있다 (Heath HB 1986).

연을 식품소재로 활용 시에 연 꽃잎은 주로 차로 활용하고 있다. 또한 연꽃이 꽃봉오리일 때 그 안에 찻잎을 넣어 두어, 찻잎에 연꽃향이 스며들게 한 후, 꽃봉오리가 열렸을 때 찻잎을 꺼내 귀한 차의 소재로 활용하기도 한다. 본 연구에서 연 꽃잎은 다른 부위보다 알코올류와 산류의 함량이 높았다. 알코올류에서는 특히 지방족 알코올과 세스퀴르펜 알코올류의 함량이 높은 것으로 보여졌다. 꽃 수술에서는 탄화수소류의 함량이 다른 부위에 비해 낮고, 식물체의 향기에 기여도가 높은 알데히드류, 케톤류의 함량이 높게 조사되어 기기 분석만으로도 향기 특성이 강할 것으로 예측되었다. 꽃대는 탄화수소류의 함량이 다른 부위보다 높았고, 에스테르류의 함량도 높아 꽃잎 외에도 꽃대는 향을 중시하는 식품 소재로서 활용도가 높을 것으로 조사되었다(Arctander S 1969; Heath HB 1986). 연 줄기는 다른 부위보다는 프탈라이드류의 함량이 높게 나타났다. 프탈라이드류에 속하는 ligustilide, butylidene phthalide 등은 강한 초본류의 향기를 나타내며, 향종양효과도 보고된 바 있어(Choi 등 2001), 연 줄기는 약용 소재로 활용도가 높을 것으로 생각된다. 따라서 연의 부위별 향기성분을 고려하여 용도에 맞게 식품산업에 활용이 가능할 것으로 보인다.

요약 및 결론

백련의 식용 부위별 휘발성 향기성분 분석을 위해 꽃잎, 꽃 수술, 꽃대, 줄기로 나누어 SPME 방법으로 headspace gas를 포집하여 GC 및 GC-MS로 분석하였다. 연 꽃잎에서는 undecanoic acid(7.81%)의 함량이 높았고, 그 다음은 farnesol (6.26%), ethyl acetate(4.97%), isobutylidene phthalide(3.90%), 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde(3.66%) 순이었다. 연 꽃 수술의 headspace에서는 isobutylidene phthalide (7.94%)의 함량이 높았고, 이어서 α -copaene(2.58%), 3-butyl dihydrophthalide (2.49%), butylidene dihydrophthalide(2.36%) 순이었다. 연 꽃대 headspace의 휘발성 향기성분 중 가장 많이 함유된 성분은 3-butyl dihydrophthalide(11.23%)이었고, bicyclogermacrene (10.17%), dodecyl acetate(6.23%), myristic acid (4.18%), 3-methyl-1-butanol(3.65%)도 비교적 다량 함유되어 있었다. 연 줄기의 headspace에서는 ligustilide(16.15%)의 함량이 높았고,

이어서 3-butyl dihydrophthalide(4.92%), butylidene dihydrophthalide(3.88%), 4-hydroxy-3-methoxy benzaldehyde(3.27%)의 함량이 높았다. 연 꽃잎은 다른 부위보다 알코올류와 산류의 함량이 높았고, 꽃 수술에서는 탄화수소류의 함량은 다른 부위에 비해 낮고, 알데히드류, 케톤류의 함량이 높아 향기 특성이 강한 것으로 나타났다. 즉, 연 꽃을 향기를 목적으로 사용할 경우에는 꽃 수술을 포함하여 활용하는 것이 유용할 것으로 보인다. 꽃대는 탄화수소류의 함량이 다른 부위보다 높았고, 에스테르류의 함량도 높아 식품 소재로서 활용도가 높은 것으로 조사되었다. 연 줄기는 다른 부위보다는 프탈라이드류의 함량이 높게 나타났으며, 약용 소재로 활용도가 높은 것으로 생각된다.

References

- Arctander S. 1969. Perfume and Flavor Chemicals. Montclair, NY. USA
- Chae KS, Park SK, Shim CH, Kim JK, KIm KH, Seo JS. 1996. Biochemistry for Life Science. pp.259-260. Ji-Gu Publishing Co. Korea
- Choi, HS. 2003. Character impact odorants of citrus *hallabong* [(*C. unshiu* Marcov × *C. sinensis* Osbeck) × *C. reticulata* Blanco] cold-pressed peel oil. *J Agric Food Chem* 51:2687-2692
- Choi HS. 2011. Headspace flavor compositions of pink-flowered lotus(*Nelumbo nucifera* Gaertner). *Anal Chem Lett* 1:194-201
- Choi HS, Lee Kim MS, Sawamura M. 2001. Constituents of the essential oil of *Angelica tenuissima*, an aromatic medicinal plant. *Food Sci Biotechnol* 10:557-561
- Choi SH, Shin MK, Lee YJ, 2003. Volatile aroma components of green tea scented with lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner) flower. *Food Sci Biotechnol* 12:540-543
- Choi HY, Jung KH, Shin HS. 2009. Antioxidant activity of the various extracts from different parts of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertner). *Food Sci Biotechnol* 18: 1051-1054
- Heath HB. 1986. Flavor Chemistry and Technology. pp.2-157. Macmillan Publishers Ltd. USA
- Jung JC. 2001. The Food Dongeuibogam. pp.195-197. Joongang Life Publishing Co. Seoul, Korea
- Kim DW, Hwang IK, Yoo KY, Li H, Kang IJ, Moon YK, Won MH, Kim SJ, Han DS, Kim DW. 2008. Aqueous extracts of walnut (*Juglans regia* L.) and *Nelumbo nucifera* seeds reduce plasma corticosterone levels, gastric lesions, and c-fos immunoreactivity in chronic restraint-stressed mice. *Food Sci Biotechnol* 17:713-717
- Kim TJ. 2009. Wilds Flowers and Resources Plants in Korea. p.340. Seoul National University Publisher
- Ko BS, Jun DW, Jang JS, Kim JH, Park SM. 2006. Effect of *Sasa borealis* and white lotus roots and leaves on insulin action and secretion *in vitro*. *Korean J Food Sci Technol* 38:114-120
- Lee TB. 2006. Coloured Flora of Korea. p.333. Hyangmun Publishing Co. Seoul, Korea
- Han SJ, Koo SJ, 1993. Study on the chemical composition in bamboo shoot, lotus root and burdock-free sugar, fatty acid, amino acid and dietary fiber contents. *Korean J Soc Food Sci* 9:82-87
- Park SH, Hyun JS, Shin, EH, Han JH. 2005. Functional evaluation of lotus roots on lipid profile and health improvement. *J East Asian Soc Diet Life* 15:257-263
- Ryuk CS. 1989. The Picture Book for the Korean Medicinal Plant. pp.216-219. Academy Publishing Co. Seoul, Korea.
- Shin DH, Kim IW, Kwon KS, Kim MS, Kim MR, Choi U. 1999. Chemical composition of lotus seed (*Nelumbo nucifera* Gaertner) and their lipid and protein composition. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:1187-1190
- Wu MJ, Wang L, Weng CY. 2003. Antioxidant activity of menthanol extract of the lotus leaf(*Nelumbo nucifera* Gaertn.) *Am J Chi Medi* 31:687-698
- Yang HC, Heo NC, Choi KC, Ahn YJ. 2007. Nutritional composition of white-flowered and pink-flowered lotus in different parts. *Korean J Food Sci Technol* 39:14-19

Received 13 February, 2017

Revised 05 April, 2017

Accepted 17 April, 2017