

아사이베리의 향기성분 특성 연구

임승희 · 남희섭¹ · 백형희*

단국대학교 융합기술대학 식품공학과, ¹동원 F&B

Aroma Characteristics of Acai Berry

Seung-Hee Lim, Heesop Nam¹, and Hyung-Hee Baek*

Department of Food Engineering, Dankook University

¹Dongwon F&B

Abstract The objective of this study was to identify the volatile compounds and aroma-active compounds from acai berry (*Euterpe oleracea*). Volatiles were isolated by high vacuum distillation using solvent-assisted flavor evaporation (SAFE) and liquid-liquid continuous extraction (LLCE). To identify the characteristic aroma-active compounds of acai berry, gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry was used. Aroma-active compounds were evaluated by aroma extract dilution analysis (AEDA). A total of 51 and 54 volatile compounds from acai berry were identified from SAFE and LLCE extracts, respectively. Alcohols were confirmed to be important volatile compounds in acai berry, as the major volatile compounds were 2-phenylethanol, (Z)-3-hexenol, and benzyl alcohol. β -Damascenone (berry, rose), *trans*-linalool oxide (woody), (Z)-3-hexenol (grass), and 2-phenylethanol (rose, honey) were considered the aroma-active compounds in acai berry. The most intense aroma-active compound of acai berry was β -damascenone.

Keywords: acai berry, volatile compound, aroma-active compound, olfactometry

서 론

아사이베리(Acai berry, *Euterpe oleracea*)는 브라질 북부 아마존 열대 우림지역 인근에서 자라는 야자수 열매로 포도와 모양이 비슷하며, 직경은 1-1.4 cm로 블루베리보다 약간 크고 검정에 가까운 진한 보라색을 띄고 있다(1,2).

인체의 노화와 질병을 유발하는 활성산소는 인체 내에서 정상적인 대사 과정 중에서 생물학적인 반응에 의해 형성되며 세포와 조직에 독성을 일으켜서 여러 질병을 유발하게 하는 것으로 알려져 있는데 아사이베리는 풍부한 산화방지 물질과 생리활성 물질인 폴리페놀, 안토시아닌 등이 다량 함유되어 있어 다른 종류의 식용 베리 중 산화방지력이 가장 우수하다고 밝혀지고 있다. 산화방지력은 노화방지와 심장질환의 위험을 줄여주고 시력 회복, 신장 기능 회복, 혈류 개선과 콜레스테롤 수치 감소 등의 효과를 가지고 있다(3-5).

아사이베리는 필수아미노산과 단백질 합성에 필요한 비 필수 아미노산도 포함하고 있으며, 불포화 지방산 함량이 높고, 비타민 A, B₁, C, E, 칼슘, 인, 철분과 기타 무기질이 다량 함유되어 있다(6,7). 아사이베리는 단맛 등 특유의 맛과 향이 없어 아사이베리 자체로 먹기보다는 주로 다른 과일과 혼합하여 음료나 분

말 형태로 섭취한다(8).

현재 아사이베리에 대한 연구는 산화방지 효과에 대한 연구와 가공에 관한 연구가 주를 이루고 있으며, 향기성분 특성에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없는 실정이다. 아사이베리의 산화방지능에 대한 연구로 강 등(1)은 냉동 건조된 아사이베리 분말에서 orientin, homoorientin, vitexin, luteolin, chrysoeriol 및 uercetin 등 7가지의 플라보노이드를 추출하였고 이 물질들이 활성산소의 생성을 감소시켜 산화방지 효과를 나타낸다고 하였다. 정(9)은 추출용매에 따른 아사이베리의 생리활성에 관하여 연구하였는데, 아사이베리의 기능적 특성을 규명하기 위하여 아사이베리 분말을 물, 메탄올과 에탄올로 각각 추출한 후 추출 수율, 총 폴리페놀 함량, 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼(radical) 소거능, 아질산염 소거능, 금속 킬레이트(metal chelating) 효과와 환원력 등을 측정하였다. 그 결과 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량이 높은 아사이베리의 물 추출물이 우수한 산화방지 활성과 나이트로사민(nitrosamine) 생성 억제효과를 보여 고부가가치 제품개발을 위한 식품소재로서 활용 가능성이 높을 것으로 생각된다고 보고하였다.

아사이베리의 향기성분에 관한 연구는 전무하지만 다른 베리류의 향기성분에 관한 연구를 살펴보면 Kraujalyte 등(10)은 아로니아의 휘발성 향기성분과 향 활성 화합물(aroma-active compound)에 대한 연구에서 ethyl-2-methylbutanoate, ethyl-3-methylbutanoate와 ethyl decanoate 같은 에스터(ester) 화합물이 아로니아의 중요한 향기성분이라 하였다. 또한 라즈베리(raspberry)의 특징적인 향기성분은 라즈베리 케톤(raspberry ketone)으로 알려진 1-(*p*-hydroxyphenyl)-3-butanone으로 알려져 있다(11).

아사이베리의 생리활성에 관한 연구는 많이 수행되었으나 아사이베리의 휘발성 향기성분에 대한 연구는 국내외에서 보고된

*Corresponding author: Hyung-Hee Baek, Department of Food Engineering, Dankook University, Chungnam, Cheonan 31116, Korea

Tel: 82-41-550-3565

Fax: 82-41-559-7868

E-mail: baek@dankook.ac.kr

Received March 8, 2016; revised April 14, 2016;

accepted April 15, 2016

바 없으며 아사이베리의 특징적인 향기성분에 대한 연구도 현재까지 수행된 바가 없다.

따라서 본 연구에서는 아사이베리의 향 특성을 밝히고자 아사이베리의 휘발성 향기성분과 향 활성 화합물을 solvent-assisted flavor evaporation과 liquid-liquid continuous extraction 같은 용매 추출법으로 추출하고 gas chromatography-mass spectrometry-olfactometry법으로 분석하고자 하였으며 얻어진 결과는 아사이베리를 이용한 제품개발 시 향 관련 품질 개선에 있어서 기초자료로 활용이 가능할 것이다.

재료 및 방법

재료

아사이베리 농축액은 휘발성 향기성분 분석을 위하여 동원 F&B (Seongnam, Korea)에서 제공받았다. 또한 모든 시료는 분석 전까지 -20°C 냉동고에 보관하였으며, 실험에 사용된 증류수는 2차 증류수를 사용하였다.

Solvent-assisted flavor evaporation (SAFE)

아사이베리 농축액 150 mL를 SAFE 장치(ACE Glass Inc., Vineland, NJ, USA)에 넣고 40°C , 8.6×10^{-6} torr에서 1시간 동안 증류하여 추출하였다. 이 때 내부표준물질로 3-heptanol (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA, 99%) 19.5 μg 을 사용하였다. SAFE에 의해 추출된 추출액은 재증류한 dichloromethane (J. T. Baker, Phillipsburg, NJ, USA, 99.8%) 50 mL을 15, 15, 20 mL로 나누어 각각 진탕기(DAIHAN Scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)에서 250 rpm으로 1시간 동안 진탕시키면서 용매 추출하였다. 추출액은 -20°C 에서 12시간 냉동시켜 수분을 제거한 후 용매 층을 3 g의 anhydrous sodium sulfate (Duksan Pure Chemicals, Co., Ltd., Ansan, Korea)에 통과시켜 여분의 수분을 제거하고 수분이 제거된 추출액은 질소 가스를 이용하여 100 μL 까지 농축하여 분석시료로 사용하였다. 추출은 2회 실시하였다.

Liquid-liquid continuous extraction (LLCE)

아사이베리 농축액의 휘발성 향기성분 추출은 가열에 의한 인공물의 생성을 최소화하기 위하여 liquid-liquid continuous extraction을 이용하였다. 내부표준물질로 3-heptanol 97.4 μg 을 사용하여 아사이베리 농축액 400 mL를 liquid-liquid continuous extraction 장치(Corning Inc., Corning, NY, USA)에 넣고 250 mL의 dichloromethane을 추출용매로 상온에서 5시간 추출하였다. 추출액은 -20°C 에서 12시간 냉동시켜 수분을 제거한 후 용매 층을 3 g anhydrous sodium sulfate에 통과시켜 여분의 수분을 제거하고 수분이 제거된 추출액은 질소 가스를 이용하여 500 μL 까지 농축하여 분석시료로 사용하였다. 추출은 2회 실시하였다.

Gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS)

휘발성 향기성분은 Agilent 6890N GC/Agilent 5973 mass selective detector (MSD) (Agilent Co., Palo Alto, CA, USA)와 Agilent 7890B GC/Agilent 5977A MSD (Agilent Co.)를 사용하여 동정하였다. 컬럼은 DB-wax (60 m \times 0.25 mm, 0.25 μm 두께: J & W Scientific, Folsom, CA, USA)와 DB-5ms (60 m \times 0.25 mm, 0.25 μm 두께: J & W Scientific)를 사용하였다. 오븐 온도는 40°C 에서 5분간 유지한 후 200°C 까지 $5^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 의 속도로 승온시켜 20분간 유지하였다. 주입구 온도는 200°C , 검출기 온도는 250°C 였으며 운반기체로는 헬륨을 사용하고 유속은 1.0 mL/분으로 하였다.

다. 이온화전압은 70 eV, 분석할 분자량의 범위(m/z)는 33-350으로 하여 분석하였다. 추출액 1 μL 를 비분할(splitless) 모드로 GC에 주입하였다.

Gas chromatography-olfactometry (GC-O)

GC-O는 YL6100 (Young Lin Instrument Co. Ltd., Anyang, Korea)과 Varian3800 (Varian Instrument Group, Walnut Creek, CA, USA)을 사용하였다. 검출기는 FID (flame ionization detector)를 사용하였고, 컬럼으로부터 분지시켜 nose cone을 이용하여 냄새맡기(sniffing)를 실시하였다. 컬럼은 DB-wax (30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm 두께: J & W Scientific)와 DB-5ms (30 m \times 0.25 mm, 0.25 μm 두께: J & W Scientific)를 사용하였다. 오븐 온도는 40°C 에서 5분간 유지한 후 200°C 까지 $5^{\circ}\text{C}/\text{분}$ 속도로 승온시켜 10분간 유지하였다. 인젝터 온도는 200°C , 검출기 온도는 250°C 였으며 운반기체로는 헬륨을 사용하고 유속은 1.4 mL/분으로 하였다.

SAFE와 LLCE 추출액은 향의 상대적인 강도를 확인하기 위해 aroma extract dilution analysis (AEDA)를 실시하였다. 추출한 농축액에 dichloromethane을 첨가하여 2배수로 단계적으로 희석한 후, 희석액 1 μL 를 비분할모드로 GC에 주입한 후 냄새맡기 포트(sniffing port)에서 감지되는 향기성분의 머무름시간을 기록하고, 위의 과정을 냄새가 나지 않을 때까지 행하고 flavor dilution 크로마토그램을 그려서 각 향 활성 화합물을 분석하였다.

휘발성 향기성분 동정

휘발성 향기성분 동정은 머무름지수(retention indices; RI)와 Wiley/7n mass spectral database (Agilent Co.)를 이용하였다. 또한 문헌상의 머무름지수와 스펙트럼을 비교하여 휘발성 향기성분을 확인하였다.

휘발성 향기성분 정량

휘발성 향기성분 농도는 추출 시 내부표준물질로 사용한 3-heptanol의 피크면적과 동정된 휘발성 향기성분의 피크면적의 피크면적비로 다음 식에 의해 정량하였다. 이때 피크면적비와 중량비의 상관계수는 1이라고 가정하였다.

$$\text{농도(ppb)} = \frac{\text{피크면적비} \times \mu\text{g of 3-heptanol}}{\text{시료(kg)}}$$

결과 및 고찰

아사이베리의 휘발성 향기성분

아사이베리의 휘발성 향기성분을 SAFE와 LLCE를 사용하여 추출하고 GC-MS로 동정한 결과는 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 보듯이 아사이베리의 휘발성 향기성분은 SAFE로 추출 시 총 48종이 동정되었으며 LLCE로 추출하였을 때는 53종이 동정되었다. SAFE로 추출 시 알코올류가 17종, 탄화수소류가 6종, 알데하이드류와 테르펜류가 각각 5종, 락톤류와 케톤류가 각각 4종, 산류, 에스테르류와 페놀류가 각각 2종, 퓨란류가 1종이 동정되었으며, LLCE로 추출 시에는 알코올류가 17종, 탄화수소류와 산류가 각각 6종, 케톤류, 알데하이드류 및 테르펜류가 각각 5종, 락톤류가 4종, 페놀류가 3종, 에스테르류와 퓨란류가 1종이 동정되었다. 또한 SAFE와 LLCE 추출 시 공통적으로 동정된 아사이베리의 휘발성 향기성분은 알코올류는 2-phenylethanol 등 17종, 알데하이드류는 benzaldehyde 등 5종, 케톤류는 β -damascenone 등 4종, 탄화수소류는 ethylbenzene 등 4종, 테르펜류는 8-hydroxy linalool

Table 1. Volatile compounds identified from acai berry by SAFE and LLCE

No	RI ¹⁾		Compound name	Concentration (ppb) ²⁾		Identification
	DB-wax	DB-5ms		SAFE	LLCE	
Alcohol						
1	1162	<800	1-penten-3-ol	7.0±0.6	3.9±0.1	MS ³⁾ , RI
2	1209	<800	3-methyl-1-butanol	3.5±0.0	2.4±0.0	MS, RI
3	1253	<800	3-methyl-3-butenol	11.8±0.3	8.7±0.1	MS, RI
4	1324	<800	<i>cis</i> -2-pentenol	11.9±0.4	7.5±0.3	MS, RI
5	1325	<800	3-methyl-2-butenol	7.5±0.2	8.2±0.7	MS, RI
6	1355	867	1-hexanol	7.4±0.2	4.2±0.2	MS, RI
7	1367	855	(<i>E</i>)-3-hexenol	3.7±0.1	2.6±0.1	MS, RI
8	1390	858	(<i>Z</i>)-3-hexenol	201.9±2.1	131.2±4.0	MS, RI
9	1409	885	(<i>Z</i>)-2-hexenol	8.1±0.0	7.1±0.7	MS, RI
10	1492	1029	2-ethyl-1-hexanol	4.0±0.0	4.3±0.7	MS, RI
11	1560	1070	1-octanol	5.8±0.0	5.2±0.1	MS, RI
12	1671	852	2-furanmethanol	2.7±0.4	12.0±0.5	MS, RI
13	1863	1184	$\alpha,\alpha,4$ -trimethylbenzyl alcohol	3.2±0.02	4.6±0.2	MS, RI
14	1898	1023	benzyl alcohol	151.4±4.0	104.4±1.7	MS, RI
15	1934	1116	2-phenylethanol	228.7±12.3	189.1±4.1	MS, RI
16	2163	1221	2-phenoxyethanol	5.3±0.2	10.4±2.5	MS, RI
17	>2200	1949	isophytol	5.2±0.8	13.3±1.0	MS, RI
			total	669.1±13.1	519.1±6.7	
Aldehyde						
18	1335	960	2-heptenal	1.4±0.1	2.9±0.1	MS, RI
19	1402	1089	nonanal	1.7±0.4	1.3±0.0	MS, RI
20	1446	1005	2-octenal	1.4±0.4	2.3±0.3	MS, RI
21	1545	961	benzaldehyde	5.6±0.8	6.2±0.1	MS, RI
22	1797	1394	vanillin	34.0±1.3	tr ⁴⁾	MS, RI
			total	44.1±1.6	12.7±0.3	
Ketone						
23	1609	1088	6-methyl-3,5-heptadien-2-one	1.4±0.1	1.1±0.1	MS, RI
24	1716	1147	2,6,6-trimethyl-2-cyclohexene-1,4-dione	3.8±0.5	6.2±0.2	MS, RI
25	1845	1384	β -damascenone	2.7±0.0	tr	MS, RI
26	1992	1088	maltol	nd ⁵⁾	99.4±9.5	MS, RI
27	>2200	1280	3-ethyl-4-methyl-1H-pyrrole-2,5-dione	5.8±0.8	18.3±0.3	MS
			total	13.7±0.95	125.0±9.5	
Hydrocarbon						
28	1135	864	ethylbenzene	6.3±0.4	1.2±0.2	MS, RI
29	1143	883	<i>p</i> -xylene	6.0±0.0	tr	MS, RI
30	1149	866	<i>m</i> -xylene	12.2±0.3	0.7±0.06	MS, RI
31	1400	1400	tetradecane	1.4±0.2	1.3±0.0	MS, RI
32	1600	1600	hexadecane	nd	6.0±0.2	MS, RI
33	1771	1179	naphthalene	6.9±0.7	nd	MS, RI
34	2200	2200	docosane	nd	8.0±0.2	MS, RI
35	>2200	1565	9H-fluorene	10.9±1.5	nd	MS, RI
			total	43.7±1.7	17.2±0.3	

등 5종, 산류는 acetic acid 등 2종, 페놀류는 phenol 등 2종, 락톤류는 γ -butyrolactone 등 4종, 푸란류는 2-acetylfuran, 에스터류는 isopropyl myristate였다.

SAFE로 추출 시 가장 함량이 높은 휘발성 향기성분은 2-phenylethanol (no. 15, 228.7 ppb)이었고, 그 다음으로 (*Z*)-3-hexenol (no. 8, 201.9 ppb)과 benzyl alcohol (no. 14, 151.4 ppb) 순이었다.

LLCE로 추출하였을 때 가장 함량이 높은 휘발성 향기성분은

8-hydroxy linalool (no. 40, 262.4 ppb), 2-phenylethanol (no. 15, 189.1 ppb), (*Z*)-3-hexenol (no. 8, 131.2 ppb), benzyl alcohol (no. 14, 104.4 ppb)과 maltol (no. 26, 99.4 ppb) 순이었다.

아사이베리는 휘발성 향기성분 중 알코올류의 함량이 가장 높아서 SAFE에서 669.1 ppb, LLCE에서 519.1 ppb의 함량으로 존재하였으며, 따라서 알코올류가 아사이베리의 향 특성에 중요한 역할을 하는 휘발성 향기성분으로 생각된다. 특히 2-phenylethanol, (*Z*)-3-hexenol과 benzyl alcohol의 함량이 높았다. Klesk 등(12)은

Table 1. Continued

No	RI ¹⁾		Compound name	Concentration (ppb) ²⁾		Identification
	DB-wax	DB-5ms		SAFE	LLCE	
Terpene						
36	1458	1091	<i>trans</i> -linalool oxide	81.2±0.2	47.2±0.2	MS ³⁾ , RI
37	1485	1076	<i>cis</i> -linalool oxide	30.6±1.3	31.3±3.7	MS, RI
38	1550	1101	linalool	7.3±0.0	4.7±0.3	MS, RI
39	1851	1267	geraniol	6.2±0.0	tr ⁴⁾	MS, RI
40	>2200	1366	8-hydroxy linalool	30.3±5.6	262.4±11.4	MS, RI
			total	155.6±5.7	345.6±11.9	
Acid						
41	1468	<800	acetic acid	2.5±0.2	10.3±0.8	MS, RI
42	1854	1026	hexanoic acid	nd ⁵⁾	6.2±0.0	MS, RI
43	1956	1123	2-ethylhexanoic acid	1.7±0.1	3.8±0.2	MS, RI
44	1965	1021	3-hexenoic acid	nd	10.6±0.2	MS, RI
45	2064	1182	octanoic acid	nd	5.9±0.8	MS, RI
46	>2200	1162	benzoic acid	nd	15.4±2.8	MS, RI
			total	4.2±0.3	52.2±3.0	
Phenol						
47	1881	1089	guaiacol	5.0±0.6	4.6±0.4	MS, RI
48	2023	979	phenol	6.4±0.9	5.7±0.6	MS, RI
49	>2200	1315	2-methoxy-4-vinylphenol	nd	27.3±1.6	MS, RI
			total	11.4±1.1	37.6±1.8	
Ester						
50	2038	1831	isopropyl myristate	6.2±0.0	11.5±1.2	MS, RI
51	>2200	1466	dimethyl phthalate	12.6±0.0	nd	MS, RI
			total	18.8±0.0	11.5±1.2	
Lactone						
52	1644	914	dihydro-4-methyl-2(3H)-furanone	6.1±1.5	4.0±0.4	MS
53	1664	915	γ -butyrolactone	17.8±1.1	31.2±1.5	MS, RI
54	1697	1041	5-ethenyldihydro-5-methyl-2(3H)-furanone	2.0±0.7	6.1±0.5	MS, RI
55	1732	1047	5-ethyldihydro-2(3H)-furanone	2.1±0.1	3.4±0.4	MS, RI
			total	28.0±2.0	44.7±1.7	
Furan						
56	1523	904	2-acetylfuran	2.5±0.0	2.6±0.3	MS, RI
			total	2.5±0.0	2.6±0.3	

¹⁾Retention indices were determined on DB-wax and DB-5ms using C₈-C₂₂ as external reference.

²⁾Mean±standard deviation

³⁾Mass spectrometry.

⁴⁾tr: trace.

⁵⁾nd: not detected.

라즈베리의 향 활성 화합물을 SAFE로 추출하여 GC-MS와 GC-O로 분석한 결과 폴(green)향을 나타내는 (Z)-3-hexenol과 라즈베리향 특성을 갖는 benzyl alcohol이 라즈베리의 향 특성에 중요하게 기여한다고 하였다.

그 다음으로는 터펜류의 함량이 높았는데 SAFE에서 155.6 ppb, LLCE에서 345.6 ppb가 존재하였으며 SAFE에서는 *trans*-linalool oxide, LLCE에서는 8-hydroxy linalool의 함량이 가장 높았다. 그 외에도 *cis*-linalool oxide, linalool과 geraniol이 동정되었다. 8-Hydroxy linalool과 linalool은 머스캣 포도주(Muscat wine)에서 휘발성 향기성분으로 동정되었으며, linalool은 머스캣 포도주의 특징적인 향에 기여하는 화합물이라고 보고된 바 있다(13).

알데하이드류는 함량이 SAFE에서 44.1 ppb, LLCE에서 12.7 ppb였으며 vanillin과 benzaldehyde의 함량이 높았다. 케톤류는 함량이 SAFE에서 13.7 ppb, LLCE에서 125.0 ppb였으며, 특히 mal-

tol의 함량이 높았는데 LLCE에서만 동정되었다. 락톤류에서는 γ -butyrolactone의 함량이 가장 높았으며, dihydro-4-methyl-2(3H)-furanone 등이 동정되었다. γ -Butyrolactone은 아미노산 글루탐산이 2-oxoglutarate로 산화된 후 Strecker 분해반응을 통해 탈탄산되면서 생성되는 화합물이다. Selli 등(14)은 오렌지 포도주(orange wine)의 향 활성 화합물을 분석하기 위하여 liquid-liquid extraction 법으로 추출하고 분석하였는데 γ -butyrolactone이 오렌지 포도주의 cheesy burnt sugar한 특성을 나타낸다고 보고하였다.

탄화수소류는 함량이 SAFE에서 43.7 ppb, LLCE에서 17.2 ppb였으며 m-xylene의 함량이 높았으며 ethylbenzene과 tetradecane이 동정되었다. SAFE에서만 동정된 화합물로는 naphthalene과 9H-fluorene이 있으며, hexadecane과 docosane은 LLCE에서만 동정되었다.

산류는 공통적으로 acetic acid와 2-ethylhexanoic acid가 동정되

Table 2. Aroma-active compounds in acai berry by SAFE and LLCE

No ¹⁾	RI ²⁾		Compound name	Aroma description	Log ₂ FD ³⁾	
	DB-wax	DB-5ms			SAFE	LLCE
Alcohol						
6	1355	867	1-hexanol	sweet, floral	1	1
8	1390	858	(Z)-3-hexenol	grass	5	3
14	1898	1023	benzyl alcohol	woody	2	2
15	1934	1116	2-phenylethanol	rose, honey	4	4
Aldehyde						
19	1402	1089	nonanal	citrus	1	1
21	1545	961	benzaldehyde	aromatic, sweet	1	1
22	1797	1394	vanillin	vanilla	0	-
Ketone						
25	1845	1384	β-damascenone	rose, berry	4	1
26	1992	1088	maltol	caramel	-	2
Terpene						
36	1458	1091	trans-linalool oxide	woody	5	5
37	1485	1076	cis-linalool oxide	floral	1	1
38	1550	1101	linalool	sweet, floral	3	0

¹⁾Numbers correspond to those in Table 1.

²⁾Retention indices were determined on DB-wax and DB-5ms using C₈-C₂₂ as external reference.

³⁾FD: flavor dilution.

있고, benzoic acid, 3-hexenoic acid, hexanoic acid와 octanoic acid가 LLCE에서만 동정되었다. 페놀류에서는 phenol의 함량이 높았고, 다음으로 2-methoxyphenol이 높았다. 2-Methoxy-4-vinylphenol은 LLCE에서만 동정되었다.

에스터류는 isopropyl myristate가 동정되었으며 퓨란류는 2-acetylfuran이 동정되었다.

아사이베리의 향 활성 화합물

아사이베리의 향에 중요한 역할을 하는 향 활성 화합물을 알아보기 위해 GC-O로 AEDA를 실시하였다. Table 2에서 보듯이 아사이베리의 향 활성 화합물은 SAFE로 추출했을 때 총 11종이 감지되었다 (Table 2). 이 중 (Z)-3-hexenol (no. 8, grass, log₂FD=5), trans-linalool oxide (no. 36, woody, log₂FD=5), β-damascenone (no. 25, rose, berry, log₂FD=4) 및 2-phenylethanol (no. 15, rose, log₂FD=4)이 높은 log₂FD값을 나타내어 아사이베리의 중요한 특징적인 향기성분으로 생각되었다. 이 외에 linalool (no. 38, sweet, floral, log₂FD=3), benzyl alcohol (no. 14, woody, log₂FD=2), 1-hexanol (no. 6, sweet, floral, log₂FD=1), nonanal (no. 19, citrus, log₂FD=1), cis-linalool oxide (no. 37, floral, log₂FD=1)와 vanillin (no. 22, vanilla, log₂FD=0) 등이 아사이베리의 향 활성 화합물로 동정되었다.

LLCE로 추출한 아사이베리의 향 활성 화합물도 총 11종이 감지되었는데 (Table 2), 이 중 아사이베리의 특징적인 향에 기여하는 화합물로는 trans-linalool oxide (no. 36, woody, log₂FD=5), 2-phenylethanol (no. 15, rose, honey, log₂FD=4), (Z)-3-hexenol (no. 8, grass, log₂FD=3)과 β-damascenone (no. 25, rose, berry, log₂FD=1)이 동정되었다. 또한 benzyl alcohol (no. 14, woody, log₂FD=2), 1-hexanol (no. 6, sweet, floral, log₂FD=1), nonanal (no. 19, citrus, log₂FD=1), cis-linalool oxide (no. 37, floral, log₂FD=1), benzaldehyde (no. 21, aromatic, sweet, log₂FD=1)와 linalool (no. 38, sweet, floral, log₂FD=0)이 향 활성 화합물로 동

정되었다. 그 밖에 maltol (no. 26, caramel, log₂FD=2)이 새롭게 동정되었으며, LLCE에서 vanillin은 감지되지 않았다.

공통적으로 동정된 휘발성 향기성분 중 β-damascenone은 norisoprenoid로서 β-carotene, lutein, neoxanthin과 violaxanthin의 직접적인 분해에 의해 생성되는 화합물로 0.00075 µg/kg의 낮은 문턱값 (threshold)을 갖고 있으며 커피 등에도 들어있는 휘발성 향기성분이다(15,16). Klesk와 Qian(17)은 블랙베리의 품종에 따른 휘발성 향기성분을 SAFE법을 이용하여 분석한 결과 꽃향(floral), 베리향, 포도향과 블랙베리향 특성을 갖는 β-damascenone을 동정하였으며 Ong 등(18)은 람부탄(rambutan fruit)의 특징적인 휘발성 향기성분 중 β-damascenone이 과일향과 꽃향의 특성을 나타내며 높은 향 활성을 나타내었다고 보고하였다. 이 밖에 β-damascenone은 사과, 포도, 토마토와 와인에서도 특징적인 향 활성 화합물로 동정되었다(19-21). 아사이베리의 β-damascenone은 문턱값이 낮은 화합물로 GC-O 결과 감지되었으며 아사이베리의 장미향과 베리향 특성을 나타내는 특징적인 향기성분이라고 생각된다. 또한 높은 log₂FD값을 갖는 trans-linalool oxide는 아사이베리에서 목재(woody)향 특성을 나타냈으며, log₂FD값은 낮지만 trans-linalool oxide와 같은 향 특성을 갖는 benzyl alcohol과 풀향의 특성을 갖는 (Z)-3-hexenol도 아사이베리의 향 특성에 중요한 역할을 할 것으로 생각되었다. 그 밖에 감지된 화합물 중에서 linalool, cis-linalool oxide와 1-hexanol은 꽃향의 특성을 나타내어 전체적인 아사이베리의 향 특징은 β-damascenone의 장미향과 베리향 특성과 함께 목재향과 꽃향이 아사이베리의 특징적인 향기성분이라고 생각된다.

본 연구에서 밝혀진 아사이베리의 휘발성 향기성분 및 향 활성 화합물 결과는 아사이베리 향 개발을 위한 기초자료로 이용할 수 있을 뿐 아니라, 아사이베리가 과일·채소류 음료의 소재로 사용될 때 제품의 향미특성을 개선하기 위한 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

요 약

아사이베리의 특징적인 향기성분을 동정하기 위하여 SAFE와 LLCE를 이용하여 추출하고 GC-MS와 GC-O로 분석하였다. 아사이베리에서 공통적으로 동정된 휘발성 향기성분은 2-phenylethanol, (Z)-3-hexenol과 benzyl alcohol 등으로 함량이 높았으며 8-hydroxy linalool과 maltol은 LLCE에서 높은 함량을 나타내었다. 아사이베리의 휘발성 향기성분은 알코올류가 가장 함량이 높았으며 아사이베리의 중요한 휘발성 향기성분이라고 생각된다.

아사이베리의 향 활성 화합물 중 β -damascenone은 SAFE에서 \log_2 FD=4와 LLCE에서 \log_2 FD=1을 나타냈으며 장미향과 배리향 특성을 나타내어 아사이베리의 특징적인 향에 기여하는 중요한 화합물이라 생각된다. 또한 *trans*-linalool oxide, (Z)-3-hexenol과 2-phenylethanol 등이 아사이베리의 향 활성 화합물로 동정되었다.

감사의 글

본 결과물은 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원을 받아 연구되었음(과제번호: 313034-3).

References

- Kang J, Li Z, Wu T, Jensen GS, Schauss AG, Wu X. Anti-oxidant capacities of flavonoid compounds isolated from acai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.). Food Chem. 122: 610-617 (2010)
- Marcason W. What is the acai berry and are there health benefits? J. Am. Diet. Assoc. 109: 1968 (2009)
- Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 1375-1381 (2008)
- Spada PDS, Dani C, Bortolini GV, Funchal C, Henriques JAP, Salvador M. Frozen fruit pulp of *Euterpe oleracea* Mart. (Acai) prevents hydrogen peroxide-induced damage in the cerebral cortex, cerebellum, and hippocampus of rats. J. Med. Food 12: 1084-1088 (2009)
- Hertog MGL, Feskens EJM, Kromhout D. Antioxidant flavonols and coronary heart disease risk. Lancet 349: 699 (1997)
- Schauss AG. Acai (*Euterpe oleracea* Mart.): A macro and nutrient rich palm fruit from the Amazon rain forest with demonstrated bioactivities *in vitro* and *in vivo*. pp. 479-490. In: Bioactive Foods in Promoting Health. Watson RR, Preedy VR (eds). Academic Press, New York, NY, USA (2010)
- Schauss AG, Wu X, Prior RL, Ou B, Huang D, Owens J, Agarwal A, Jensen GS, Hart AN, Shanbrom E. Antioxidant capacity and other bioactivities of the freeze-dried Amazonian palm berry, *Euterpe oleracea* Mart. (acai). J. Agr. Food Chem. 54: 8604-8610 (2006)
- Jensen GS, Wu X, Patterson KM, Barnes J, Carter SG, Scherwitz L, Beaman R, Endres JR, Schauss AG. *In vitro* and *in vivo* antioxidant and anti-inflammatory capacities of an antioxidant-rich fruit and berry juice blend. Results of a pilot and randomized, double-blinded, placebo-controlled, crossover study. J. Agr. Food Chem. 56: 8326-8333 (2008)
- Chung HJ. Physiological activity of acai berry (*Euterpe oleracea* Mart.) extracted with different solvents. J. Korean Soc. Food Cult. 27: 75-81 (2012)
- Kraujalyte V, Leitner E, Venskutonis PR. Characterization of *Aronia melanocarpa* volatiles by headspace solid-phase microextraction (HS-SPME), simultaneous distillation/extraction (SDE), and gas chromatography-olfactometry (GC-O) methods. J. Agr. Food Chem. 61: 4728-4736 (2013)
- Belitz HD, Grosch W. Fruits and fruit products. pp. 748-800. In: Food Chemistry. 2nd ed. Belitz HD, Grosch W (eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York, NY, USA (1999)
- Klesk K, Qian M, Martin RR. Aroma extract dilution analysis of cv. Meeker (*Rubusidaeus* L.) red raspberries from Oregon and Washington. J. Agr. Food Chem. 52: 5155-5161 (2004)
- Flamini R. Some advances in the knowledge of grape, wine and distillates chemistry as achieved by mass spectrometry. J. Mass Spectrom. 40: 705-713 (2005)
- Selli S, Canbas A, Varlet V, Kelebek H, Prost C, Serot T. Characterization of the most odor-active volatiles of orange wine made from a Turkish cv. Kozan (*Citrus sinensis* L. Osbeck). J. Agr. Food Chem. 56: 227-234 (2008)
- Mordi RC, Walton JC, Burton GW, Hughes L, Ingold KU, Lindsay DA. Exploratory study of β -carotene autoxidation. Tetrahedron Lett. 32: 4203-4206 (1991)
- Semmelroch P, Laskawy G, Blank I, Grosch W. Determination of potent odorants in roasted coffee by stable isotope dilution assays. Flavor Frag. J. 10: 1-7 (1995)
- Klesk K, Qian M. Aroma extract dilution analysis of cv. Marion (*Rubus* spp. *hyb*) and cv. Evergreen (*R. laciniatus* L.) blackberries. J. Agr. Food Chem. 51: 3436-3441 (2003)
- Ong PKC, Acree TE, Lavin EH. Characterization of volatiles in rambutan fruit (*Nephelium lappaceum* L.). J. Agr. Food Chem. 46: 611-615 (1998)
- Braell PA, Acree TE, Butts RM, Zhou PG. Isolation of nonvolatile precursors of β -damascenone from grapes using charm analysis. pp. 75-84. In: Biogenesis of Aromas. Parliment TH, Croteau R (eds). American Chemical Society, Washington DC, USA (1986)
- Cunningham DG, Acree TE, Barnard J, Butts RM, Braell PA. Charm analysis of apple volatiles. Food Chem. 19: 137-147 (1986)
- Buttery RG, Teranishi R, Ling LC, Turnbaugh JG. Quantitative and sensory studies on tomato paste volatiles. J. Agr. Food Chem. 38: 336-340 (1990)