

배의 품종별 휘발성 향기성분

이해정 · 박은령 · 김선민* · 김기열** · 이명렬 · 김경수
조선대학교 식품영양학과, *동신대학교 식품생물공학과, **나주배연구소

Volatile Flavor Components in Various Varieties of Pear (*Pyrus pyrifolia* N.)

Hae-Jung Lee, Eun-Ryong Park, Sun-Min Kim*, Ki-Yeol Kim**,
Myung-Yul Lee and Kyong-Su Kim
Department of Food and Nutrition, Chosun University
*Department of Food and Biochnology, Dongshin University
**Naju Pear Research Center

Abstract

Volatile flavor components in three varieties (shingo(niitaka), mansamgil (okusankichi) and chuwhang pears) of pear (*Pyrus pyrifolia* N.) were extracted for 24 hours with pentane-diethylether (1:1, v/v) using the LLEP (liquid-liquid extraction & perforation). Neutral fraction was separated from the extract and then analyzed by GC-FID and GC/MS equipped with a fused silica capillary column (Carbowax 20M, HP). Individual components were identified by mass spectrometry and their retention indices. The totals of 52, 47 and 22 volatiles were identified in shingo, mansamgil and chuwhang pears, respectively. Ethyl acetate, propyl acetate, hexanal, 1-hexanol, ethyl butanoate, ethyl-3-hydroxy butanoate, ethyl-2-hydroxy propanoate were the main components in each samples, though there were several differences in composition of volatile compounds. Total contents of volatile components isolated in shingo, mansamgil and chuwhang pears were 6.972, 2.776 and 2.653 mg/kg of pears.

Key words: shingo, mansamgil, chuwhang pear, volatile flavor components

서 론

Pyrus 속에 속하는 배는 서늘한 온대지역에서 재배되며 인도 북서부, 아프카니스탄, 중국 서부, 남동 유럽이 원산지이며, 현재 생식용으로 재배되고 있는 배속식물은 동양계중 남방형인 일본배(*Pyrus pyrifolia* N.)와 북방형인 중국배(*Pyrus ussuriensis* M.) 그리고 유럽계인 서양배(*Pyrus communis* L.) 등 3종류이다⁽¹⁾. 우리나라에는 1906년 일본에서 개량된 품종들이 도입되어⁽²⁾ 전국적으로 재배되고 있는 주요 과실중의 하나로서 기호도가 좋아 대부분 생과로 소비되고 있으며, 또한 한방에서는 변비, 이뇨, 기침 등의 치료제로 이용되고 있다⁽³⁾.

배에 관한 연구로 국내에서는 배의 유용성분^(4,5), 저

장^(6,7), 가공^(8,9)에 대한 연구 등이 보고되었고, 국외에서는 석세포^(10,11), 갈변억제 및 polyphenoloxidase의 활성화도^(12,13), 청징화⁽¹⁴⁾에 대하여 보고하였다. Yamaki 등⁽¹⁵⁾은 일본배 중 Ishinashi의 효소활성과 세포벽 다당류의 특성에 관하여, Ryogo⁽¹⁶⁾는 동양배의 세포벽의 성분, 탄닌과 페놀성 화합물의 계절적 변화에 대한 연구결과를 보고하였다. 배의 향기성분에 관한 연구는 주로 서양배인 bartlett 품종⁽¹⁷⁻¹⁹⁾에 대하여 이루어졌으며, 또한 *Pyrus serotina*⁽²⁰⁾, La France 배⁽²¹⁾의 향기성분도 보고되어 있다. 그러나 국내산 배의 향기성분에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

식품의 향기성분은 다른 주요성분에 비하여 미량으로 존재하지만 식품의 색이나 조직감과 더불어 제품의 품질을 평가하고, 소비자의 구매력을 결정하는 주요 요인이다. 과즙음료의 경우 착즙, 농축과정에서 천연향이 많이 손실⁽²²⁾되어 과일 고유의 향기특성을 감소시키나 그 손실기준이 명확하게 파악되지 못하고

Corresponding author: Kyong-Su Kim, Department of Food and Nutrition, Chosun University, Seoseok-dong, Kwangju 501-759, Korea

있다. 그러므로 본 연구는 이러한 향기성분의 손실을 방지한 고부가치 배 가공제품의 개발에 기초자료를 제공하기 위하여 우리나라에서 주요 배품종의 천연 향기성분을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 배는 1996년 전남 나주에서 생산된 신고(新高), 만삼길(晩三吉), 추황배로, 이를 증류수로 세척하고 씨와 껍질을 제거하여 사용하였다.

휘발성 향기성분의 추출 분리

각 품종별로 씨와 껍질을 제거한 과육 1 kg을 Milli Q water 200 mL와 혼합하여 Waring blender로 3분간 분쇄하였다. 이를 4°C에서 10,000×g의 속도로 20분 동안 원심분리하여 상층액을 여과한 후, 이 여액에 1 N NaOH 용액을 첨가하여 pH 6.5로 보정하고 이를 휘발성 향기성분의 추출용 시료로 사용하였다. 휘발성 향기성분의 추출은 액체액추출(liquid-liquid extraction & perforation, LLEP, Normschliff, Wertheim, Germany)⁽²³⁾ 장치에서 재증류한 n-pentane과 diethylether 혼합용매 (1:1, v/v) 300 mL를 사용하여 상압하에서 24시간 동안 추출하였다. 이 추출액에 무수 Na₂SO₄를 가하여 수분을 제거하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질로서 butylbenzene 1 µL를 추출용 시료에 첨가하였다. 추출액에 5% NaHCO₃ 수용액 50 mL를 가한 후 유기산을 NaHCO₃ 수용액층으로 유출시키는 조작을 2회 반복하였다. 유기산을 분리해낸 유기용매층에 무수 Na₂SO₄를 첨가하여 수분을 제거하였다. 향기성분의 유기용매 분획구는 Vigreux column을 사용하여 약 2 mL까지 농축하고 GC용 vial에 옮긴 후 질소가스 기류하에서 0.1 mL까지 재농축하여 GC와 GC/MS의 분석시료로 하였다.

휘발성 향기성분 분석 및 정량

분획분리에 의하여 얻어진 각 분획구는 Gas chromatography (GC)와 Gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS)에 의하여 분석하였다. GC는 FID가 부착된 Hewlett-Packard 5890 II Plus (Hewlett Packard, USA)를 사용하였으며, column은 Carbowax 20M (HP, 50 m×0.2 mm i.d., 0.1 µm film thickness)을 사용하였고, 온도 프로그램은 50°C에서 3분간 유지한 후, 220°C까지 4°C/min 속도로 승온시켜 20분간 유지하였다. Injector와 detector의 온도는 각각 250, 300°C이며, 운반기체는

helium을 사용하여 유속은 1.0 mL/min으로 하고 시료는 1 µL를 주입하였고 split ratio는 20:1로 하였다. GC chromatogram에서 확인된 탄소수 7개부터 30개까지 n-alkane 표준물질의 머무름 시간을 basic program에 입력하여, integrator로부터 각 화합물의 retention index를 구하여 화합물의 동정에 필요한 자료로 사용하였다. 화합물 동정에 사용한 GC/MS는 Shimadzu GC/MS QP-5000 (Shimadzu, Japan)을 이용하였으며 시료의 이온화는 electron impact ionization (EI) 방법으로 행하였다. GC/MS 분석조건은 위에서 설명된 것과 같은 column과 분석조건으로 설정하여, ion source temperature는 230°C, ionization voltage를 70 eV 그리고 분석할 분자량의 범위(m/z)는 41~360으로 하여 분석하였다. 동정된 휘발성 향기성분의 상대적 정량을 위하여 내부 표준물질로 첨가한 butylbenzene과 각 화합물의 peak area%를 비교하여 성분들의 함유량을 계산하였다.

결과 및 고찰

배의 품종별 휘발성 향기성분

신고, 만삼길, 추황배의 휘발성 향기성분은 LLEP 방법에 의하여 추출하고 GC-FID의 결과는 Fig. 1~3에 표시하였으며, 각 성분은 mass spectrum library (WILEY 139와 NIST 62)와 mass spectral data book^(24,25)의 spectrum과의 일치, GC-FID 분석에 의한 retention index 그리고 문헌상의 retention index⁽²⁶⁻²⁸⁾와의 일치 및 표준물질의 분석 data를 비교, 확인하여 Table 1에 나타내었다.

신고에서 분리, 동정된 휘발성 향기성분은 총 52종으로, alcohol류 20종, ester류 16종, hydrocarbon류 7종, acid류 6종, aldehyde류 2종 및 ketone류 1종이 동정되었다. 관능기별로 확인된 성분들의 총 peak area

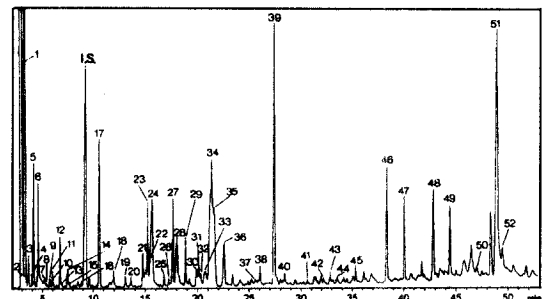


Fig. 1. GC chromatogram of volatile flavor components in Niitaka (Shingo) pear.

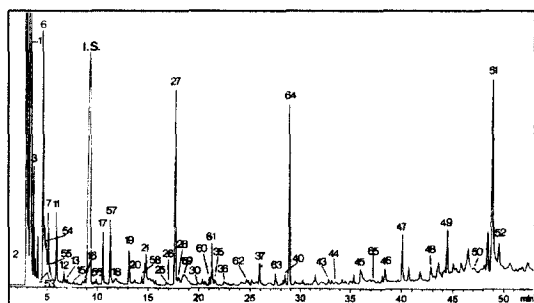


Fig. 2. GC chromatogram of volatile flavor components in Okusankichi (Mansamgil) pear

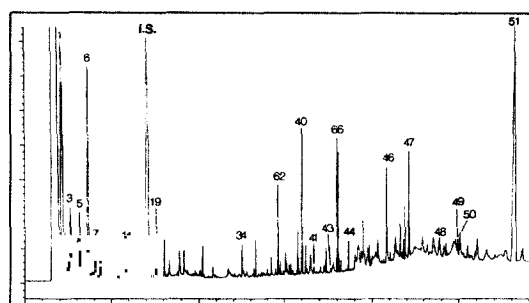


Fig. 3. GC chromatogram of volatile flavor components in Chuwhang pear.

Table 1. Comparison of relative concentration of the flavor components in Niitaka (Shingo), Okusankichi (Mansamgil) and Chuwhang pears

Peak No.	Components	RT ⁽¹⁾	RI ⁽²⁾	Peak area %		
				Shingo	Mansamgil	Chuwhang
1	Ethyl acetate	3.249	855	4.41	3.47	13.23
2	Ethyl propanoate	3.558	926	0.12	0.01	0.31
3	Propyl acetate	3.675	941	0.38	1.30	1.71
4	Isobutyl acetate	3.958	972	0.03	-	-
5	Ethyl butanoate	4.158	1006	1.23	-	1.08
53	3-Buten-2-ol	4.342	1021	-	0.01	-
6	Hexanal	4.589	1046	1.58	8.96	4.15
54	3-Pentanol	4.872	1063	-	0.20	-
7	2-Pentanol	5.131	1071	0.06	1.51	0.74
8	Isopentyl acetate	5.216	1083	0.11	-	-
55	cis-3-Hexenal	5.285	1100	-	0.35	-
9	Ethyl pentanoate	5.410	1090	0.03	-	-
10	Ethyl-2-butenate	5.714	1125	0.12	-	-
11	1-Penten-3-one	5.972	1138	0.35	1.20	-
12	trans-2-Hexenal	6.736	1174	0.83	0.22	0.25
13	2-Ethoxy ethanol	6.893	1190	0.08	0.06	-
14	Ethyl hexanoate	7.495	1200	0.36	-	0.23
15	3-Methyl-1-butanol	7.664	1211	0.06	0.07	-
16	2-Methyl-1-butanol	8.825	1249	0.08	0.13	-
I.S.	Butylbenzene	9.318	1273	9.26	23.04	23.92
56	6-Methyl-5-hepten-2-one	9.920	1291	-	0.13	-
17	1-Hexanol	10.629	1306	3.74	1.23	-
57	cis-3-Hexenol	11.267	1331	-	1.44	-
18	trans-2-Hexenol	11.953	1353	0.39	0.13	-
19	Acetic acid	13.085	1390	0.26	0.91	0.95
20	1-Heptanol	13.643	1403	0.17	0.06	-
58	4-Ethoxy butanol	14.358	1422	-	0.07	-
21	2-Ethyl hexanol	14.772	1412	0.69	0.60	-
22	Pentadecane	15.008	1418	0.6	-	-
23	Ethyl-3-hydroxy butanoate	15.254	1421	1.91	-	-
24	Isooctanol	15.638	1427	0.23	-	-

Table 1. continued

Peak No.	Components	RT ¹⁾	RI ²⁾	Peak area %		
				Shingo	Mansangil	Chuwang
25	1-Octanol	16.802	1461	0.23	0.07	-
26	4-Methyl-2-pentenyl acetate	17.267	1503	0.32	0.06	-
27	Ethyl-2-hydroxy propanoate	17.691	1524	0.35	4.94	-
28	<i>trans</i> -Caryophyllene	18.060	1545	0.17	0.28	-
59	Benzenacetaldehyde	18.467	1573	-	0.39	-
29	3-Methyl-4-octanol	18.853	1583	0.98	-	-
30	1-Nonanol	19.867	1603	0.48	0.01	-
31	Ethyl-3-hydroxy hexanoate	20.094	1615	0.66	-	-
32	β -Longipinene	20.292	1623	0.32	-	-
33	γ -Muurolene	20.748	1637	0.26	-	-
60	Germacrene D	21.292	1641	-	0.59	-
61	γ -Himachalene	21.320	1653	-	1.15	-
34	β -Gurjunene	21.375	1666	8.07	-	0.22
35	α -Selinene	21.628	1671	2.55	0.39	-
36	δ -Cadinene	22.563	1702	1.71	0.14	-
62	Hexanoic acid	24.646	1733	-	0.17	0.87
37	Phenylethyl alcohol	25.950	1816	0.06	0.45	-
38	Ethyl-3-hydroxy octanoate	26.060	1825	0.39	-	-
39	Ethyl-3-hydroxy nonanoate	27.469	1880	8.12	-	-
63	2-Ethyl hexanoic acid	27.502	1875	-	0.36	-
40	1-Dodecanol	28.408	1914	0.18	0.29	1.39
64	Methyleugenol	28.915	1938	-	4.65	-
41	Ethyl-3-hydroxy decanoate	30.621	1984	0.08	-	0.08
42	2-Phenoxy ethanol	31.613	2051	0.03	-	-
43	Nonanoic acid	32.831	2086	0.32	0.28	0.24
44	1-Tetradecanol	33.550	2111	0.11	0.14	0.82
45	Decanoic acid	35.334	2190	0.35	0.35	-
66	Hexadecanal	35.945	2058	-	-	1.03
65	1-Pentadecanol	37.233	2217	-	0.08	-
46	1-Hexadecanol	38.413	2313	3.21	0.24	1.12
47	Dodecanoic acid	40.064	2394	1.80	1.67	1.22
48	1-Octadecanol	42.836	2518	2.82	0.56	1.14
49	Tetradecanoic acid	44.417	2645	1.49	1.67	0.65
50	1-Eicosanol	47.000	2821	0.35	0.14	0.45
51	Hexadecanoic acid	49.033	2888	11.94	8.95	17.94
52	1-Heneicosanol	49.498	2093	0.84	1.15	-

¹⁾RT: retention time.

²⁾RI: retention index.

는 ester류 18.62%, acid류 16.16%, alcohol류 14.78%, hydrocarbon류 13.68%, aldehyde류 2.41% 및 ketone류 0.35% 순으로, ester류가 많은 부분을 차지하였다(Table 2). 주요 ester 화합물로 ethyl-3-hydroxy nonanoate, ethyl

acetate, ethyl-3-hydroxy butanoate, ethyl butanoate가 발견되었다. Ethyl acetate는 bartlett 배⁽¹⁹⁾와 *Pyrus serotina*⁽²⁰⁾의 주요 향기성분으로 사과⁽²⁰⁾, 바나나⁽²⁰⁾에서도 보고되었다. 지질대사에 의해 생성된 ethyl-3-hydroxy butanoate는

Table 2. Comparison of relative concentration by functional groups

Functional group	Peak area%		
	Niitaka (Shingo)	Okusankichi (Mansamgil)	Chuwhang
Acids	16.16	14.36	21.87
Alcohols	14.78	13.29	5.66
Aldehydes	2.41	9.92	5.43
Esters	18.62	9.78	16.64
Hydrocarbons	13.68	2.55	0.22
Ketones	0.35	1.33	-
Total	66.00	51.23	49.82

Pyrus serotina⁽²⁰⁾, 망고⁽³¹⁾에서 확인되었다. 배 분쇄시 효소 불활성화처리를 하지 않았기 때문에 lipoxygenase pathway를 거쳐 생성된 C6 지질과산화물인 hexanal, 1-hexanol, trans-2-hexenal, trans-2-hexenol^(32,33)은 green note로 bartlett 배⁽¹⁹⁾와 *Pyrus serotina*⁽²⁰⁾, La France 배⁽²¹⁾에서 확인되었으며 녹차의 주요 향기성분⁽³⁴⁾으로 보고되었다. 신고뿐만 아니라 만삼길, 추황배에 다량 함유되어 있는 hexadecanoic acid는 향보다 mouthfeel이나 조직감에 효과를 미치며⁽³⁰⁾ La France 배⁽²¹⁾에서는 미량으로 확인되었다. Acetic acid와 nonanoic acid는 bartlett 배⁽¹⁷⁻¹⁹⁾에서도 상당량 발견되었다.

만삼길에서 분리, 동정된 휘발성 향기성분은 총 47종으로, alcohol류 23종, acid류 8종, ester류 5종, hydrocarbon류 5종, aldehyde류 3종 그리고 ketone류 2종이 동정되었다. 관능기별로 확인된 성분들의 총 peak area는 ester류 9.78%, acid류 14.36%, alcohol류 13.29%, aldehyde류 9.92%, hydrocarbon류 2.55% 및 ketone류 1.33% 순으로(Table 2), acid류가 많이 함유되어 있지만 이는 hexadecanoic acid에 기인하였다. Ester 화합물로 ethyl-2-hydroxy propanoate, ethyl acetate, propyl acetate가 확인되었으며, 2-pentanol, methyl eugenol과 C6 화합물인 hexanal, cis-3-hexenol, trans-2-hexenol이 만삼길에서 상당량 함유되어 있었다.

추황배에서 분리동정된 향기성분은 총 22종으로, ester류 6종, alcohol류 6종, acid류 6종, aldehyde류 3종 및 hydrocarbon류 1종이 동정되었으나 ketone류는 동정되지 않았다. 관능기별로 확인된 성분들의 총 peak area는 acid류 20.55%, ester류 15.96%, alcohol류 5.63%, aldehyde류 5.2% 및 hydrocarbon류 0.29% 순으로 나타났다(Table 2). 주요 ester 화합물에 ethyl acetate, propyl acetate, ethyl butanoate가 있었고, hexanal, 1-dodecanol, 1-hexadecanol, 1-octadecanol 또한 많은 부분을 차지하였다.

모든 시료에서 확인된 propyl acetate, isobutyl acetate,

isopentyl acetate는 회석시 배를 연상시키며⁽²⁹⁾인공 배향 기에도 다량 함유되어 있고, bartlett 배⁽¹⁹⁾, La France 배⁽²¹⁾의 주요 향기성분 중의 하나로 보고되어 있다.

휘발성 향기성분의 정량

품종별 배에서 분리 동정된 휘발성 성분을 정량한 결과 향기성분의 총량은 신고에 6.972 mg/kg으로 가장 많이 함유되어 있었으며, 만삼길에 2.776 mg/kg, 추황배에 2.653 mg/kg이 함유되어 있었다. 모든 시료에서 다량으로 동정된 ethyl acetate는 신고, 추황배에서 각각 0.410 mg/kg, 0.476 mg/kg로 만삼길(0.130 mg/kg)에 비하여 3배이상 높게 나타났으며, hexanal은 만삼길이 0.335 mg/kg으로 신고(0.147 mg/kg), 추황배(0.149 mg/kg)보다 2배이상 많이 함유되어 있었다. Ethyl-3-hydroxy nonanoate와 ethyl-3-hydroxy butanoate는 0.754 mg/kg, 0.177 mg/kg으로 신고에서만, 그리고 methyl eugenol은 0.174 mg/kg으로 만삼길에서만 확인되었다. 1-Hexanol과 ethyl butanoate는 신고에서 0.347 mg/kg, 0.114 mg/kg을 차지하여 만삼길에 비해 더 많은 양을 차지하였으며, ethyl-2-hydroxy propanoate는 만삼길에서 0.185 mg/kg으로 신고에 비하여 더 많은 양이 확인되었다.

요 약

신고, 만삼길, 추황배의 휘발성 향기성분을 LLEP 방법으로 추출하였고 GC의 RI와 GC/MS 분석에 의하여 동정하였다. 신고, 만삼길, 추황배에서 52종, 47종, 22종의 화합물이 분리동정되었고, 신고의 향기성분으로 alcohol류 20종, ester류 16종, hydrocarbon류 7종, acid류 6종, aldehyde류 2종, ketone류 1종이 확인되었다. 이 중에서 ethyl acetate, ethyl butanoate, hexanal, 1-hexanol, ethyl-3-hydroxy butanoate, ethyl-3-hydroxy nonanoate가 신고의 주요 향기성분으로 여겨졌다. 만삼길에서 분리동정된 향기성분으로 alcohol류 23종, acid류 8종, ester류 5종, hydrocarbon류 5종, aldehyde류 4종, ketone류 2종이 동정되었다. 이 중에서 ethyl acetate, hexanal, ethyl-2-hydroxy propanoate, methyl eugenol, 2-pentanol, cis-3-hexenol, propyl acetate가 만삼길의 향기에 기여하는 것으로 여겨졌다. 추황배에서 분리동정된 향기성분으로 ester류 6종, alcohol류 6종, acid류 6종, aldehyde류 3종, hydrocarbon류가 1종이 동정되었다. 이 중에서 ethyl acetate, propyl acetate, hexanal, 1-dodecanol, ethyl butanoate가 추황배의 주요 향기성분으로 간주되었다. 신고, 만삼길, 추황배에서

추출된 휘발성 향기성분의 함량은 각각 6.972, 2.776, 2.653 mg/kg을 차지하였다.

감사의 글

본 연구는 농림수산기술관리센터의 연구비 지원에 의한 일부의 결과로서 연구비 지원에 감사드립니다.

문헌

1. Cho, J.S.: *New food materials*, Munundang, p.177 (1997)
2. Kim, J.H.: *Pear culture*. Osung Publ., p.11 (1994)
3. Yu, T.J.: *Sikpunbogam*. Munundang, p.166 (1989)
4. Lee, D.S., Woo, S.K. and Yang, C.B.: Studies on the chemical composition of major fruits in Korea. on non-volatile organic acid and sugar contents in apricot (maesil), peach, grape, apple and pear and its seasonal variation (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **4**, 134-139 (1975)
5. Kim, Y.H.: Study on protease of pear. *Samyuk uni. Research reports*, **18**, p.282 (1986)
6. Park, N.P., Choi, Y.H. and Lee, O.M.: Study on the storage of pear (II). The effect of polyethylene film packaging and CO₂ shock on the storage of pear (in Korean). *Korean J. Soc. Hort. Sci.*, **7**, 21-25 (1970)
7. Park, H.J., Rhim, J.W. and Lee, H.Y.: Edible coating effects on respiration rate and storage life of "Fugi" apples and "Shingo" pears. *Food and Biotech.*, **5**, 59-63 (1996)
8. Choi, I.S. and Park, Y.J.: Study on the use of Korean pear as a meat tenderizer (in Korean). *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, **16**, 89-93 (1996)
9. Choi, H.D., Kim, K.T., Hong, H.D., Lee, B.D. and Kim, S.S.: Rheological properties of pear juice concentrates (in Korean). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 845-851 (1995)
10. Ranadive, A.S. and Haard, H.F.: Chemical nature of stone cells from pear fruit. *J. Food Sci.*, **38**, 331-333 (1973)
11. Ranadive, A.S. and Haard, N.F.: Peroxidase localization and lignin formation in developing pear fruit. *J. Food Sci.*, **37**, 381-383 (1972)
12. Montgomery, M.W. and Petropakis H.J.: Inactivation of Bartlett pear polyphenol oxidase with heat in the presence of ascorbic acid. *J. Food Sci.*, **45**, 1090-1091 (1980)
13. Sapers, G.M. and Douglas, Jr.F.W.: Measurement of enzymatic browning at cut surfaces and in juice of raw apple and pear fruits. *J. Food Sci.*, **52**, 1258-1262 (1987)
14. Kirk, D.E., Montgomery, M.W. and Kortekaas, M.G.: Clarification of pear juice by hollow fiber ultrafiltration. *J. Food Sci.*, **48**, 1663-1666 (1983)
15. Yamaki, S., Sato, Y. and Machida, Y.: Characteristics of cell wall polysaccharides and their degrading enzyme activities in mealy fruit and "Ishinashi" fruit of Japanese pear. *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **52**, 123-127 (1983)
16. Ryugo, K.: Seasonal trends of titratable acids, tannins and polyphenolic compounds and cell wall constituents in oriental pear fruit (*Pyrus serotina*, Rehd). *J. Agric. Food Chem.*, **17**, 43-47 (1969)
17. Jennings, W.G. and Creveling, R.K.: Volatile esters of Bartlett pear. II. *J. Food Sci.*, **28**, 91-94 (1963)
18. Jennings, W.G., Creveling, P.K. and Heinz, D.E.: Volatile esters of Asian pear. IV. Esters of *trans*:2-*cis*:4-decadienoic acid. *J. Food Sci.*, **29**, 730-734 (1964)
19. Creveling, R.K. and Jennings, W.G.: Volatile components of Bartlett pear; Higher boiling esters. *J. Agric. Food Chemistry*, **18**, 19-24 (1970)
20. Takeoka, G.R., Buttery, R.G. and Flath, R.A.: Volatile constituents of Asian pear (*Pyrus serotina*). *J. Agric. Food Chemistry*, **40**, 1925-1929 (1992)
21. Shiota, H.: Changes in the volatile composition of La France pear during maturation. *J. Sci. Food Agric.*, **52**, 421-429 (1990)
22. Sandu, K.S., Bhatia, B.S. and Shukla, F.C.: Physico-chemical changes during preparation of fruit juice concentrate. *J. Food Sci. & Technol.*, **22**, 202-206 (1985)
23. Bernreuther, A.: *Analytik chiraler Aromastoffe anhand multidimensionaler Gaschromatographie mit chiralen Phasen*. Wuerzburg uni. Dissertation, p.121 (1992)
24. Robert, P.A.: *Identification of essential oil components by gas chromatography/Mass spectroscopy*. Allured Publishing Co., USA (1995)
25. Stehagen, E., Abrahamsom, S. and McLafferty, F.W.: *The Wiley/NBS Registry of mass spectral data*. John Wiley and Sons, N.Y. (1974)
26. Davies, N.W.: Gas Chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and Carbowax 20M phases. *J. Chromatography*, **503**, 1-24 (1990)
27. Sadtler Research Laboratories: *The Sadtler standard gas chromatography retention index library*, Sadtler, USA (1986)
28. van den Dool, H. and Kratz, P.D.A.: A generalization of the retention index system including system including linear temperature programmed gas liquid partition chromatography. *J. Chromatography*, **11**, 463-471 (1963)
29. George, A.B.: *Fenaroli's handbook of flavor ingredients*, 3rd ed., Vol. I, II, CRC Press, Inc., USA (1995)
30. Steffen, A.: *Perfume and flavor chemicals*, Vol. III, Det Hoffensbergske Etablissement, Denmark (1969)
31. Sakho, M., Crouzet, J. and Seck, S.: Volatile components of African mango. *J. Food Sci.*, **50**, 548-549 (1985)
32. Harold, W.G.: *Flavor Chemistry of Lipid Foods*, USA: The American oil chemists' society, p.98 (1989)
33. Olias, J.M., Perez, A.G., Rios, J.J. and Sanz, L.C.: Aroma of virgin olive oil biogenesis of the "Green" odor notes. *J. Agric. Food Chem.*, **41**, 2368-2373 (1993)
34. Hatanaka, T.K., Sekiya, J. and Inouje, S.: Solubilization and properties of the enzyme cleaving 13-L-hydroperoxy-linoleic acid in tea leaves. *Phytochem.*, **21**, 13-17 (1982)