

쇠고기 엑기스 분말 휘발성 성분의 최적 추출방법에 관한 연구

김훈 · 조우진 · 정은정 · 안준석 · 임치원* · 유영재** · 김광호*** · 차용준[†]
창원대학교 식품영양학과, *국립수산물과학원 마린바이오21사업단, **창원대학교 화학과,
***창원전문대학 식품과학계열

Optimum Extraction Methods of Volatile Compounds in Beef Extract Powder

Hun Kim, Woo-Jin Cho, Eun-Jeong Jeong, Jun-Suck Ahn, Chi-Won Lim*, Young-Jae Yoo**,
Kwang-Ho Kim***, and Yong-Jun Cha[†]

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

**Marine Bio21 Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-902, Korea*

***Dept. of Chemistry, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea*

****Division of Food Sciences, Changwon College, Changwon 641-771, Korea*

Abstract

In order to select optimum extraction methods of volatile compounds in beef extract powder(BEP) as basic data for the development of a new detection method of irradiated BEP, four extraction methods, such as solid phase microextraction with polar fiber(S-PD) and non-polar fiber(S-CD), purge and trap(P&T) and liquid liquid continuous extraction(LLCE) methods, were tested with gas chromatography/mass spectrometry method. A total of 106 volatile compounds including 22 hydrocarbons, 7 aldehydes, 6 ketones, 13 alcohols, 6 sulfur-containing compounds, 19 nitrogen-containing compounds, 6 aromatic compounds, 17 terpenes, 8 furans and 2 miscellaneous compounds were detected in BEP by four detection methods. The most compounds(62 compounds) were detected by S-PD method, followed by P&T(43), LLCE(38) and S-CD method(30). Among these methods, S-PD and P&T methods showed a complementary interrelationship to detect volatile compounds as S-PD method showed high detectability to all compound groups except hydrocarbons and ketones, which had high volatility and low molecular weight(less than RI 1200), but P&T method showed the contrary pattern to that of S-PD method. Moreover, the most of volatile compounds detected by S-CD and LLCE methods were also detectable by S-PD or/and P&T methods. Therefore, the simultaneous application of S-PD and P&T methods were selected as the optimum volatile extraction methods of BEP.

Key words: beef extraction powder, solid phase microextraction, purge and trap, liquid liquid continuous extraction, optimum volatile extraction method.

서론

식품에 대한 방사선 조사는 식품의 안전성과 품질을 향상시키는 혁신적인 방법으로 특히, 동·식물성

본 연구는 2003년도 창원대학교 연구비 지원에 의해 수행되었음.

[†] Corresponding author : Yong-Jun Cha, Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Chagnwon 641-773, Korea.

Tel: +82-55-279-7485, Fax: +82-55-281-7480, E-mail: yjcha@changwon.ac.kr

식품, 조미료와 건조식품 등에 대한 위생적 품질을 보장하기 위해 대두되었다¹⁾. 식품의 방사선 조사기술은 지난 반세기 동안의 연구에 의해 안전성과 기술적 타당성이 인정되었고, Codex 기준이 채택됨에 따라 현재 50여 개국에서 230여 식품(군)에 대하여 방사선 식품 조사기술을 허용하고 있다²⁾. 이에 국제적으로 식품의 방사선 조사에 의한 산업적 적용은 증가할 것으로 전망되고 있으며³⁾, 국내에서는 20여종의 식품 및 식품류에 대해 방사선 조사를 허가하고 있다⁴⁾. 이 중 분말류는 7 kGy 이하의 조사선량을 허용하고 있으며, 건조식육 및 어패류분말이 대표적이다. 이러한 분말류 제품의 원료가 되는 육류 및 어패류의 엑기스는 주로 중국과 태국(총 국내 수입량의 약 67%)에서 수입되고 있는데, 수입량은 2000년도 3,322 M/T에서 2003년도 8,274 M/T로 약 2.5배로 지속적인 증가경향을 보여 왔다⁵⁾. 하지만 엑기스 분말류는 완제품 형태로 시판되어지지 않으므로 생산자나 수출업자들은 방사선 조사 유무를 표시하지 않고 유통시킬 우려가 있다. 따라서 이와 같이 증가하는 엑기스 분말류로부터 허용 조사선량의 초과 및 방사선 조사마크 미표시 등의 위반제품 선별에 의한 법적규제 및 방사선 조사식품의 유통질서 확립을 위해서는 방사선 조사 엑기스 분말류에 대한 검지방법의 설정은 필수적이라고 판단된다⁶⁾.

국내에서는 방사선 조사된 분말류 식품에 대한 검지방법으로서는 주로 thermoluminescence법을 이용한 연구가 대부분이다^{7,8)}. 하지만 한가지 검지방법만으로는 모든 방사선 조사식품의 검지에 적용할 수 없기 때문에 현재까지 개발된 검지방법들을 서로 보완적으로 사용함과 동시에 새로운 검지방법의 개발도 필요한 실정이다^{9,10)}. 한편 Ahn 등^{11,12)}은 방사선 조사에 의해 민감하게 영향 받는 휘발성 화합물들을 분석하였으며, Cha 등^{13,14)}과 Kim 등¹⁵⁾은 육류식품으로부터 방사선 조사에 의해 생성된 휘발성 화합물들을 이용하여 방사선 조사된 육류 식품류의 검지를 시도함으로써 새로운 검지방법으로서의 가능성을 제시하였다.

따라서 분말류 식품에 대해서도 이러한 방법의 적용이 가능하리라 판단되었고, 본 연구에서는 쇠고기 엑기스 분말을 시료로 하여 방사선 조사 휘발성 화합물의 검출에 의한 새로운 검지방법의 개발을 위한 기초 자료를 마련하고자 시료의 휘발성 화합물을 solid phase microextraction(SPME)법, purge and trap(P&T)법 및 liquid liquid continuous extraction(LLCE)법 등 휘발성 화합물 추출과정 중 artificial flavor 생성을 최대한 억제시킬 수 있는 방법들로 추출한 후 분석결과를 비교함으로써 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물 분

석에 가장 적합한 추출방법을 설정하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 시료로 사용된 쇠고기 엑기스 분말은 KBF(경남 김해)로부터 공급받은 후 nylon/polyethylene bag(0.015 mm/0.085 mm)으로 포장한 후 냉동고(-26°C)에 보관하며 실험에 사용하였다.

2. 휘발성 화합물의 추출

1) Solid Phase Microextraction(SPME)법

Solid phase microextraction(SPME)법은 SPME 장치(manual type, Supelco Inc., USA)를 사용하였으며, 흡착용 fiber는 극성인 polydimethylsiloxane/divinylbenzene(PDMS/DVB) fiber(0.65 µm coating thickness, Supelco Inc., USA)와 비극성인 Carbowax/DVB fiber(0.65 µm coating thickness, Supelco Inc., USA)를 사용하였다. 시료 3 g과 탈취된 증류수 9 mL를 glass vial(50 mL 용량)에 넣고 aluminum crimp seal(20 mm opening)과 septa(20 mm, PTFE/silicone)로 밀봉한 후 30°C에서 20분간 fiber를 vial 내에서 노출시켜 휘발성 화합물을 흡착시켰으며, 탈착은 220°C GC injection port에서 5분간 fiber를 노출시켜 수행하였다.

2) Purge and Trap(P&T)법

P&T법은 HP 7695 P&T concentrator(Hewlett-Packard Co., USA)를 이용하였으며, SPME법과 동일한 함량의 시료와 증류수를 고체용 glass sparger(25 mL 용량)에 넣어 휘발성 화합물을 포집하였다. 이때 flow rate는 20 psi(He gas), trap은 Tenax/silica gel/charcol trap(Hewlett-Packard Co., USA)를 사용하였다. 기타 자세한 분석조건은 Kim 등의 방법¹⁵⁾으로 수행하였다.

3) Liquid Liquid Continuous Extraction(LLCE)법

LLCE법은 Cha 등의 방법¹³⁾에 따라 LLCE 장치를 사용하여 시료의 휘발성 성분을 추출하였다. 즉, 시료 100 g에 재증류한 diethyl ether 450 mL를 3회로 나누어 추출한 후 diethyl ether 층만을 round flask(2 L 용량)에 분리하여 넣고 냉동고(-68±2°C)에서 4시간 방치하였다. 그 후 round flask를 LLCE 장치에 설치하고 3개의 cooling trap 내에는 추출용매로서 재증류한 pentane을 각각 50 mL씩 넣고 외부 보온용기에 액체질소를 부은 후 진공(<4×10⁻⁴ torr) 및 저온(-40°C)에서 휘발성 성

분을 1시간 동안 추출하였다. 이 추출액은 냉동고 (-26°C)에 하룻밤 저장하여 얼음층을 제거하고 질소가스로 휘발성 성분 추출액을 Vigreux column 상에서 10 mL까지 농축한 후 무수황산나트륨 2 g으로 여분의 수분을 제거한 다음 1.0 mL까지 농축하여 분석 전까지 냉동고 (-26°C)에 보관하였다.

3. 휘발성 화합물의 분석 및 동정

각 추출방법에 의해 추출된 휘발성 화합물은 HP 6890 GC/5973 mass selective detector(MSD, Hewlett-Packard Co., USA)에 의해 분석하였다. 이때 P&T법에 의해서는 trap으로부터 휘발성 화합물의 탈착 후 직접 GC/MSD로 자동 주입되도록 하였으며, LLCE법에 의한 추출물은 1.0 µL를 주입하였다. 분석용 column은 Supelcowax 10 capillary column(60 L×0.25 mm i.d.×0.25 µm film thickness, Supelco Inc., USA)을 사용하였으며 운반기체인 He의 선속도는 1.0 cm/sec로 조정하였다. Electron multiplier voltage는 1500V였으며, 기타 자세한 GC/MSD분석조건은 Cha 등의 방법¹³⁾으로 수행하였다.

각 휘발성 화합물의 잠정적인 동정은 retention index(RI) 및 standard MS library data(Wiley 275k, Hewlett-Packard Co., USA)에 의하였다.

결과 및 고찰

1. 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물

SPME(극성 및 비극성 fiber), P&T 및 LLCE 법으로 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 성분을 분석한 결과, 총 106종의 화합물이 검출되었으며, 이는 탄화수소류(22종), 알데히드류(7종), 케톤류(6종), 알콜류(13종), 함황 화합물류(6종), 함질소화합물류(19종), 방향족화합물류(6종), 테르펜류(17종), 푸란류(8종) 및 기타 화합물류(2종)로 구성되어 있었다.

탄화수소류는 총 22종이 검출되어 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 성분중 가장 많은 화합물을 나타내었다. 탄화수소류는 일반적으로 지방의 산화과정 중에 생성되는 것으로 알려져 있으며¹⁶⁾, 높은 냄새역치(odor threshold)때문에 식품의 향에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고되었다¹⁷⁾. 하지만 탄화수소류는 지방을 함유한 식품의 방사선 조사 판별을 위한 표지물질로 활용하려는 연구가 많이 시도되고 있는 대표적인 화합물류이다^{18,19)}. 이는 중성지방의 carbonyl기의 α탄소와 β탄소위치에서 방사선 조사에 의해 결합이 끊어져 원래의 지방산 보다 탄소수 1개(C_{n-1}) 적거나 2개 적으면서 첫 번째 탄소위치에 새로운 이중 결합(C_{n-2,1})을

가지는 탄화수소류가 생성되기 때문이다. 따라서 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물 추출방법 중 탄화수소류에 대해 높은 검출능을 가지는 방법이 방사선 조사에 의해 생성된 휘발성 화합물의 검출에 더욱 유리할 것으로 판단되었다.

7종이 검출된 알데히드류는 탄화수소류, 케톤류 및 알콜류와 더불어 지방산화과정에서 생성되는 화합물이며¹⁶⁾, 식품 중 지방산화가 증가될수록 전체 휘발성 성분중 알데히드류가 차지하는 비율이 증가하는 것으로 알려져 있다²⁰⁾.

케톤류와 알콜류는 각각 6종 및 13종의 화합물이 검출되었고, 알콜류는 탄화수소류와 같이 높은 냄새역치를 가지고 있어 많은 함량이 존재하지 않는 한 식품의 향기에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 보고되어 있다²¹⁾. 하지만 본 실험에서 검출된 1-octen-3-ol은 버섯 냄새를 가지고 있는 것으로 보고되었고, C_{20:4}와 C_{18:2}가 전구물질로 알려져 있다²²⁾. 또한 maltol은 쇠고기 엑기스 분말 제조과정중 향의 포집과 증량을 목적으로 첨가된 maltol류로부터 유래된 것으로 추정되었다.

6종의 함황화합물류 중 4종의 화합물이 allyl계 함황 화합물류로 구성되어 있었는데 allyl계 화합물은 주로 마늘 등의 주요 휘발성 화합물로 보고되어 있다²³⁾. 따라서 본 연구에서 검출된 allyl계 화합물들은 쇠고기 엑기스 분말 제조과정 중 첨가된 마늘류와 같은 향신료에서 유래된 것으로 추정되었다.

함질소화합물류는 19종이 검출되어 탄화수소류 다음으로 쇠고기 엑기스 분말에서 가장 많은 화합물류였으며, 이중 15종이 pyrazine류였다. Pyrazine류는 아미노산 또는 다양한 질소화합물로부터 가열 중 Strecker 분해 및 Maillard 반응에 의해 생성된다고 알려져 있으며, 대부분의 pyrazine류는 낮은 냄새역치를 가지고 있어 식품 중 고소한 향/볶은 향/알몬드 향 등에 관여하는 것으로 보고되어 있다²⁴⁾. 따라서 본 연구에서 검출된 pyrazine류는 쇠고기엑기스 분말 제조과정 중 자숙 및 분무건조 과정 중에 주로 생성된 것으로 추정되며 쇠고기 엑기스 분말의 전체적인 향에 지배적인 영향을 미칠 것으로 추정되었다. 하지만 현재까지 방사선 조사에 의해 형성된 pyrazine류에 대한 보고는 없으므로 방사선 조사와는 관련이 적을 것으로 판단되었다.

테르펜류는 17종이 검출됨으로서 탄화수소류 및 함질소화합물류와 함께 쇠고기 엑기스 분말의 주된 휘발성 화합물류로 나타났다. 일반적으로 테르펜류는 식물류에서 다량 검출되는 화합물류로 알려져 있어²⁵⁾, 본 연구에서 검출된 테르펜류는 allyl계 함황화합물류와 같이 쇠고기엑기스 분말 제조과정 중 첨가된 향신

Table 1. Volatile flavor compounds of beef extract powder by four extraction methods¹⁾

Compound	Rt ²⁾	Extraction method ³⁾			
		S-PD	S-CD	P&T	LLCE
Hydrocarbones (22)		(1)	(0)	(21)	(0)
2-Methylpropene	<800	-	-	+	-
2-Methylbutene	<800	-	-	+	-
1,3-Butadiene	<800	-	-	+	-
1-Pentene	<800	-	-	+	-
2-Methyl-2-butene	<800	-	-	+	-
1,3-Pentadiene	<800	-	-	+	-
Cyclopentene	<800	-	-	+	-
Methylcyclopentene (isomer)	<800	-	-	+	-
Methylcyclopentene (isomer)	<800	-	-	+	-
Dimethylcyclopentene (isomer)	<800	-	-	+	-
Dimethylcyclopentene (isomer)	<800	-	-	+	-
2-Methyl-1,3-pentadiene	802	-	-	+	-
2,4-Hexadiene	810	-	-	+	-
2,6-Dimethyl-3-heptene	829	-	-	+	-
5-Methyl-1,3-cyclopentadiene	836	-	-	+	-
1-Methylcyclohexene	843	-	-	+	-
4-Methylcyclohexene	846	-	-	+	-
2,6-Dimethylheptene	900	-	-	+	-
1,4-Dimethylcyclohexene	928	-	-	+	-
2,6-Dimethyl-2,4-heptadiene	1052	-	-	+	-
Dodecane	1198	-	-	+	-
Tridecane	1300	+	-	-	-
Aldehydes (7)		(5)	(1)	(4)	(4)
Acetaldehyde	<800	-	-	+	-
2-Methylpropanal	816	-	-	+	+
3-Methylbutanal	913	+	-	-	+
Nonanal	1393	+	-	-	-
Benzaldehyde	1527	+	+	+	+
Phenylacetaldehyde	1646	+	-	+	+
2-Phenyl-2-butenal	1919	+	-	-	-
Ketones (6)		(1)	(0)	(3)	(2)
2-Propanone	817	-	-	+	-
2-Butanone	903	-	-	+	-
3-Buten-2-one	946	-	-	+	-
3-Hydroxy-2-butanone	1295	-	-	-	+
(E,E)-3,5-Octadien-2-one	1519	+	-	-	-
Acetophenone	1650	-	-	-	+

Table 1. Continued

Compound	RI ^{a)}	Extraction method ^{b)}			
		S-PD	S-CD	P&T	LLCE
Alcohols (13)		(10)	(4)	(2)	(6)
Ethanol	934	-	-	+	+
2-Methyl-1-propanol	1117	-	+	-	-
Cyclopentanol	1302	+	+	+	+
(E)-2-Methylcyclohexanol	1428	-	-	-	+
1-Octen-3-ol	1444	+	-	-	-
Heptanol	1449	+	-	-	-
Linalool	1538	+	-	-	-
Octanol	1548	+	-	-	-
2-Furanmethanol	1654	+	+	-	+
Benzenemethanol	1863	+	-	-	-
Maltol	1953	+	-	-	+
Furaneol	2015	+	+	-	+
Eugenol	2167	+	-	-	-
Sulfur - containing compounds (6)		(6)	(4)	(0)	(3)
Dimethyl sulfide	900	+	-	-	-
Diallyl sulfide	1153	+	-	-	+
Allyl isothiocyanate	1363	+	+	-	+
2-Pentylthiopene	1457	+	+	-	-
Diallyl disulfide	1481	+	+	-	+
Diallyl trisulfide	1781	+	+	-	-
Nitrogen - containing compounds (19)		(16)	(10)	(0)	(12)
2,5-Dimethylpyrazine	1324	+	+	-	+
2,6-Dimethylpyrazine	1329	+	+	-	+
Ethylpyrazine	1336	+	+	-	+
2,3-Dimethylpyrazine	1347	+	-	-	+
2-Methoxy-3-methylpyrazine	1373	-	-	-	+
2-Ethyl-6-methylpyrazine	1384	+	+	-	+
2-Ethyl-5-methylpyrazine	1390	+	+	-	+
Trimethylpyrazine	1402	+	-	-	+
2,6-Diethylpyrazine	1431	+	-	-	-
2-Ethyl-3,5-dimethylpyrazine	1442	+	+	-	+
2-Ethyl-3,6-dimethylpyrazine	1458	+	+	-	-
2-Methyl-6-propylpyrazine	1462	+	-	-	-
2-Methyl-6-vinylpyrazine	1488	-	+	-	+
2-Ethyl-6-vinylpyrazine	1536	+	-	-	-
2-Acetylpyridine	1602	+	+	-	+
2-Isoamyl-6-methylpyrazine	1614	+	-	-	-
2-Acetyl-4-methylpyridine	1627	+	-	-	-
2-Propionylpyridine	1686	-	+	-	-
2-Acetylpyrrole	2037	+	-	-	+

Table 1. Continued

Compound	RI ²⁾	Extraction method ³⁾			
		S-PD	S-CD	P&T	LLCE
Aromatic compounds (6)		(3)	(1)	(3)	(3)
Toluene	1044	-	-	+	+
Xylene	1137	-	-	+	+
Styrene	1260	+	-	-	+
Trimethylbenzene	1271	-	-	+	-
Naphthalene	1738	+	-	-	-
2-Methoxyphenol	1835	+	+	-	-
Terpenes (17)		(13)	(5)	(7)	(4)
δ -3-Carene	1150	+	-	-	+
α -Phellandrene	1153	-	-	+	-
α -Terpinene	1166	-	-	+	-
Sabinene	1167	+	-	-	+
β -Phellandrene	1192	-	-	+	-
Limonene	1200	+	+	+	+
γ -Terpinene	1247	+	-	+	-
<i>p</i> -Cymene	1260	-	-	+	-
Terpinolene	1283	+	-	+	-
α -Cubebene	1453	+	-	-	-
α -Copaene	1488	+	+	-	-
Caryophyllene	1570	+	-	-	-
β -Elemene	1583	+	-	-	-
α -Humulene	1664	+	-	-	+
β -Selinene	1712	+	+	-	-
γ -Cadinene	1744	+	+	-	-
α -Curcumene	1759	+	+	-	-
Furans (8)		(6)	(4)	(3)	(2)
2-Methylfuran	854	-	-	+	-
2-Methyl isopropylfuran	1066	-	-	+	-
2-Pentylfuran	1234	+	-	-	-
Dihydro-2-methyl-3(2H)-furanone	1270	+	+	+	-
Furfural	1465	+	+	-	+
2-Acetylfuran	1507	+	+	-	+
Furfuryl acetate	1534	+	+	-	-
5-Methylfurfural	1575	+	-	-	-
Miscellaneous compounds (2)		(1)	(1)	(0)	(2)
(Z)-3-Hexenyl acetate	1317	-	-	-	+
γ -Butyrolactone	1636	+	+	-	+

¹⁾ +: detected in sample, -: not detected in sample, (): the number of total volatile compound(s) detected by each extraction method.

²⁾ Retention index.

³⁾ S - PD: solid phase microextraction (SPME) method with polydimethylsiloxane/divinylbenzene (PDMS/DVB) fiber, S - CD: SPME method with Cabowax/DVB fiber, P&T: purge and trap method, LLCE: liquid liquid continuous extraction method.

료에서 유래된 것으로 추정되었다.

푸란류는 가열과정 중 Maillard 반응을 통해 생성될 수 있으며, 식품 중에서 낮은 냄새역치에 의해 카라멜 향 및 과일향에 관여하는 것으로 보고되었다²⁶⁾. 따라서 위 화합물들은 합질소화합물과 더불어 쇠고기엑기스 분말의 향에 있어서는 주요한 역할을 할 것으로 추정되었으나 푸란류는 방사선 조사와는 관련이 없을 것으로 판단되었다.

2. 추출방법에 따른 휘발성 화합물의 비교

쇠고기 엑기스 분말로부터 검출된 106종의 휘발성 화합물 중 비극성인 PDMS/DVB fiber(S-PD) 및 극성인 Carbowax/DVB fiber(S-CD)를 사용한 SPME 법으로 각각 62종 및 30종, 그리고 P&T법 및 LLCE 법으로 각각 43종 및 38종의 화합물을 검출함으로써 S-PD 법에 의해 가장 많은 화합물을 검출하였고, 다음이 P&T 법이었다. 하지만 S-PD 법과 P&T 법은 검출된 화합물류에 있어서 많은 차이를 나타내었다. 특히 탄화수소류의 경우 총 22종의 화합물 중 21종이 P&T 법에 의해 검출되었으며, S-PD 법에 의해서는 tridecane 1종만이 검출되었다. 이와 반대로 P&T 법에 의해서는 함황화합물류와 합질소화합물류가 검출되지 않았으나, S-PD 법은 각각 6종과 16종의 화합물을 검출하였다. 이외에 케톤류를 제외하고 모든 화합물류에서 S-PD 법이 P&T 법보다 많은 수의 화합물이 검출되었다. 한편, S-PD 법과 P&T 법에 의해 검출된 휘발성 화합물의 RI를 비교할 경우, S-PD 법은 주로 RI 1200 이상인 화합물에 대해 검출능이 높았던 반면에(총 화합물의 약 92%), P&T 법은 RI 1200 이하인 화합물의 검출능이 우수하였다(총 화합물의 약 79%). 이러한 경향은 특히 탄화수소류, 케톤류, 방향족 화합물류 및 푸란류에서 잘 나타나고 있었다. 또한 S-PD 법과 P&T 법을 동시에 사용한 경우는 총 106종의 화합물 중 98종의 화합물(약 92%)이 검출 가능하였다. 그러므로 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물의 추출과정에서 S-PD 법과 P&T 법을 병용할 경우, 두 추출방법의 상호보완적인 관계에 의해 화합물의 분자량이나 휘발성에 관계없이 다양한 화합물의 검출이 가능할 것으로 판단되었다.

한편, 극성 fiber를 사용한 S-CD법으로 비극성 fiber를 사용한 S-PD 법의 약 1/2에 해당하는 30종의 휘발성 화합물을 검출하였고, 3종의 화합물(2-methyl-1-propanol, 2-methyl-6-vinyl-pyrazine 및 2-propylpyrazine)을 제외한 27종의 화합물이 S-PD 법에 의해서도 검출 가능하였다. 따라서 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 성분 추출과정에서 SPME를 적용할 경우 비극성 fiber인

PDMS/DVB fiber만을 사용하더라도 휘발성 화합물의 추출에는 큰 차이가 없을 것으로 판단되었다.

또한 LLCE 법은 38종의 화합물이 검출되었으나 5종의 화합물(3-hydroxy-2-butanone, acetophenone, (E)-2-methylcyclohexanol, 2-methoxy-3-methylpyrazine, 2-methyl-6-vinylpyrazine)을 제외하고 모두 S-PD 법과 P&T 법을 동시에 사용할 경우 검출 가능한 화합물로 구성되어 있었다. LLCE 법은 시료의 전처리 및 휘발성 화합물 추출과정에 평균 12시간 이상이 소요되며, 추출과정 중 추출용 용매 및 액화질소를 필요로 하므로 SPME 법과 P&T 법과 비교할 때 비경제적이라고 판단되었다. 따라서 이상의 결과를 바탕으로 할 때 S-PD 법과 P&T 법을 병용하는 것이 S-CD 법이나 LLCE 법에 비해 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물의 추출에 더욱 적합할 것으로 판단되었다.

요 약

쇠고기 엑기스 분말로부터 방사선 조사 휘발성 화합물의 검출에 의한 새로운 검지방법의 개발을 위한 기초 자료를 마련하고자 S-PD 법, S-CD 법, P&T 법 및 LLCE 법 등 4종의 방법을 대상으로 휘발성 화합물의 추출을 위한 최적의 방법을 선정하고자 하였다. 그 결과 쇠고기 엑기스 분말로부터 탄화수소류, 알데히드류, 케톤류, 알콜류, 함황화합물류, 합질소화합물류, 방향족화합물류, 테르펜류, 푸란류 및 기타 화합물류로 구성된 106종의 휘발성 화합물이 검출되었으며, 이 중 S-PD법에 의해 62종의 화합물이 검출됨으로써 가장 많은 화합물을 나타내었고, 다음으로 P&T 법(43종), LLCE 법(38종) 및 S-CD 법(30종) 순이었다. S-PD 법은 RI 1200 이상의 휘발성이 약하며 분자량이 높은 화합물에 대한 검출능이 높았고, P&T 법은 RI 1200 이하의 화합물의 검출능이 높은 경향을 나타냄으로서, 위 두 방법은 상호보완적인 경향을 나타내었다. 한편 S-CD 법에 의해 검출된 화합물은 3종을 제외하고 S-PD 법에 의해서도 검출 가능하였으며, LLCE 법의 경우는 5종의 화합물을 제외하고 S-PD 법과 P&T법을 병용할 경우 모두 검출 가능한 화합물로 구성되어 있었다. 따라서 비극성 fiber(PDMS/DVB)를 사용한 SPME 법과 P&T 법을 병용하는 방법이 쇠고기 엑기스 분말의 휘발성 화합물을 추출하기 위한 최적의 방법으로 선정되었다.

참고문헌

1. Lee, CH. Introduction. In: Acceptance and Trading

- on Irradiated Foods. Lee, CH (ed), pp.145-149. Korea University Press, Seoul. 1998
2. Kwon, JH. Commercialization of food irradiation technology and the identification of irradiated foods. *Food Science and Industry* 36:50-55. 2003
 3. Byun, MW and Lee, JW. Application of irradiation technology for food safety and security. *Food Science and Industry* 36:25-41. 2003
 4. Korean Food and Drug Administration. Food Code. <http://www.kfda.go.kr>. 2004
 5. 수출입통계자료. 관세청. <http://www.customs.go.kr>. 2004
 6. Bruhn, CM. Consumer attitudes and market response to irradiated food. *J. Food Protect.* 58:175-181. 1995
 7. Chung, HW and Kwon, JH. Detection of irradiation treatment for seasoned-powdered foods by thermoluminescence measurement. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:509-516. 1998
 8. Hwang, KT, Byun, MW, Wagner, U and Dehne, LI. Detection of post-irradiation of dry soup base ingredients in instant noodle by thermoluminescence technique. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:759-766. 1998
 9. Yang, JS, Kim, CK and Lee, HJ. Detection of irradiated chicken, pork and beef by ESR spectroscopy. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31:606-611. 1999
 10. 양재승. 일반식품중 조사식품의 검출법. *식품과학과 산업* 30:121-130. 1997
 11. Ahn, DU, Jo, C and Olson, DG. Analysis of volatile components and the sensory characteristics of irradiated raw pork. *Meat Science* 54:209-215. 2000
 12. Ahn, DU, Olson, DG, Jo, C, Love, J and Jin, SK. Volatiles production and lipid oxidation in irradiated cooked sausage as related to packaging and storage. *J. Food Sci.* 64:226-229. 1999
 13. Cha, YJ, Kim, H, Park, SY, Kim, SJ and Yoo YJ. Identification of irradiation-induced volatile flavor compounds in beef. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29:1042-1049. 2000
 14. Cha, YJ, Kim, H, Park, SY, Cho, WJ, Yoon, SS and Yoo, YJ. Identification of irradiation-induced volatile flavor compounds in chicken. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29:1050-1056. 2000
 15. Kim, H, Cho, WJ, Jung, YJ, Lee, YM, Jeong, EJ, Yoo, YJ, Byun, MW and Cha, YJ. Irradiation-induced volatile compounds in irradiated chicken by P&T method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 958-984. 2002
 16. Boylston, TD, Morgan, SA, Johnson, KA, Wright, RW Jr, Busboom, JJ and Reeves, JJ. Volatile lipid oxidation products of Wagyu and domestic breeds of beef. *J. Agric. Food Chem.* 44:1091-1095. 1996
 17. Cha, YJ and Cadwallader, KR. Volatile components in salt-fermented fish and shrimp pastes. *J. Food Sci.* 60:19-24. 1995
 18. Hwang, KT, Prak, JY and Kim, CK. Application of hydrocarbons as marker for detecting post irradiation of imported meat and fish. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutri.* 26:109-115. 1997
 19. Kim, KS, Kim, EA, Lee, HJ, Yang, JS and Byun, MW. Quantitative comparison of radiation-induced hydrocarbons from irradiated beef, pork and chicken. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31:301-307. 1999
 20. Ahn, DU, Olson, DG, Lee, JI, Jo, C, Wu, C and Chen, X. Packaging and irradiation effects on lipid oxidation and volatiles in pork patties. *J. Food Sci.* 63:15-19. 1999
 21. Buttery, RG, Turnbaugh, JG and Ling, LC. Contribution of volatiles to rice aroma. *J. Agric. Food Chem.* 36:1066-1069. 1988
 22. Josephson, DB, Lindsay, RC and Stuibler, DA. Biogenesis of lipid-derived volatile aroma compounds in the emerald shiner(*Nortropis atherinoides*). *J. Agric. Food Chem.* 32: 1347-1352. 1984
 23. Yu, TH, Lin, LY and Ho, CT. Volatile compounds of blanched, fried, microwave-heated, and oven baked garlic slices. *J. Agric. Food Chem.* 42:1342-1347. 1994
 24. Maga, JA and Sizer, CE. Pyrazine in Foods. A review. *J. Agric. Food Chem.* 21:22-30. 1973
 25. Cronu, A, Carnat, AP, Martin, B, Coulon, JB, Lamaison, JL and Berdague, JL. Solid-phase microextraction of volatile components from natural grassland plants. *J. Agric. Food Chem.* 49:203-209. 2001
 26. Mottram, DS. Flavor compounds formed during the Maillard reaction. In: Thermally Generated Flavors: Maillard, Microwave, and Extrusion Processes. Parliement, TH, Morello, MJ and McGorin, RJ (eds), pp.105-126. American Chemical Society, Washington DC, USA. 1994