

전자코를 이용한 감마선, methyl bromide 및 phosphine 처리된 홍삼분말의 저장 중 향기패턴 변화 연구

신정아 · 권중호¹ · 이기택*

충남대학교 식품공학과, ¹경북대학교 식품공학과

Aroma Analysis by the Electronic Nose on Red Ginseng Powder Treated with Gamma Radiation, Methyl Bromide and Phosphine

Jung-Ah Shin, Joong-Ho Kwon¹ and Ki-Teak Lee*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

An electronic nose was applied to analyze the aroma patterns of powdered red ginseng that had been treated with different preservative methods, such as gamma radiation at 5 kGy, commercial methyl bromide (MeBr) and phosphine fumigations. Aroma patterns of phosphine or MeBr, fumigated samples were well separated according to storage temperature and period. However, 5 kGy-irradiated samples (stored for 1 and 2 months) were hardly discriminated by the different storage temperatures (25°C and -10°C). After 5 months at -10°C, non-treated and phosphine fumigated samples showed similar aroma patterns.

Key words: red ginseng powder, aroma, electronic nose, gamma irradiation, fumigation

서 론

홍삼 및 홍삼제품은 우리나라의 수출전략품목으로 지정되어 있기에 검역 및 유통관리에서 미생물과 해충의 오염 및 발생 가능성은 중요하게 다루어져야 한다. 이에 대한 관리 방법으로서 지금까지 훈증 처리(ethylene oxide, phosphine, methyl bromide 등)와 감마선 조사법 등을 이용한 홍삼의 품질 안정성 연구가 진행되어 왔다⁽¹⁻³⁾. 현재 상업적 목적으로 사용되는 화학적 훈증 처리조건에서 인삼류는 생물학적 보존성과 함께 식품으로 이용하기 위한 최소한의 이화학적 변화를 보이고 있으나, 이와 같은 화학적 훈증 처리는 잔류성분의 안전성, 환경 공해성 등의 문제점이 지적되어 세계적으로 점차 사용이 제한 되고 있다. 이에 대한 대체방안의 연구에서 5~7 kGy의 감마선 조사는 홍삼 및 홍삼분말의 생물학적 품질을 효과적으로 향상 시킬 수 있으며, 이화학적 특성에도 큰 영향을 주지 않는다고 보고된 바 있다⁽²⁾. 이렇게 각 방제방법에 따른 이화학적 특성 연구는 이루어지고 있으나

방제 처리된 분말제품의 후각적 품질 연구는 그 분석 방법의 복잡함과 고가 기기의 사용이 요구되어 연구가 부진한 것이 실정이다.

Metal oxide sensor 유형의 전자코는 특정향기 또는 냄새 성분이 각각의 센서에서 전기 화학적 반응을 일으켜 전기적인 신호로 변환되는 원리로서 사람의 후각인지 체계를 모방한 판별분석(discriminant analysis), 주성분분석(principal component analysis) 등의 패턴인식 소프트웨어를 사용하여 냄새를 감별하고 시료간의 분별을 가능하게 한다. 근래에는 감마선 조사된 red pepper나 육류의 분석^(4,5), oil의 oxidation 분석⁽⁶⁾, 농산물의 산지판별⁽⁷⁾, 우유의 신선도 예측⁽⁸⁾, *Panax Species*의 향 분석⁽⁹⁾ 등이 보고되었으며 전자코를 활용한 연구가 이루어지면서 식, 음료류의 품질평가 및 관리, 숙성 평가 등에 전자코 시스템이 널리 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

이에 본 연구에서는 품질보존 방법의 하나로 제시되고 있는 감마선 조사가 홍삼의 후각적 품질에 미치는 영향을 연구하고자, 최근 비파괴적 분석방법의 하나로 많이 연구되고 있는 전자코(electronic nose) 시스템을 활용하여 methyl bromide(MeBr) 및 phosphine 훈증 처리된 홍삼분말과 함께 홍삼분말의 저장조건에 따른 향기패턴 변화를 12개의 metal oxide sensor(MOS)로 구성된 전자코를 이용하여 주성분 분석하여 전체적인 향 패턴 분석으로 후각적 품질특성을 비교 검토하였다.

*Corresponding author : Ki-Teak Lee, Dept. of Food Science and Technology Chungnam National University, 220 Gung-dong, Yuseong-gu, Daejeon 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6729
Fax: 82-42-822-6729
E-mail: ktlee@cnu.ac.kr

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 시료는 2001년 금산산 홍중미(수삼을 증숙 건조하여 몸통과 잔뿌리를 제거한 홍삼)를 구입하여 감마선 및 훈증 처리 시료로 사용하였다.

감마선 및 훈증 처리와 저장

감마선 조사는 dose uniformity를 높이고자 시료를 100 mesh 이하로 분말화 한 다음 150 mL 용량의 폴리에틸렌 병에 밀봉 포장하여 한국 원자력 연구소의 Co-60 감마선 조사 시설(KAERI, Daejeon)에서 시간당 일정한 선량률로 5 kGy의 흡수 선량을 얻도록 하였다(±0.5 kGy). 시료의 훈증 처리는 앞(10,11)에서 보고한 바와 같이 상업적 조건에 따라 시료를 준비하여 MeBr(48 hr)와 phosphine(144 hr) 훈증 처리를 실시하였다. 감마선 및 훈증 처리된 시료는 상온(25°C)과 저온(-10°C)으로 구분하여 1, 2 및 5개월간 저장하면서 휘발성 향기성분을 12개의 metal oxide sensor(MOS)로 장착된 전자코 시스템을 활용하여 분석하였다.

Metal oxide sensor로 구성된 전자코에 의한 향기패턴분석

홍삼분말의 향 패턴 분석에 이용된 전자코는(α-FOX 3000 Electronic Nose System, Alpha M.O.S., Toulouse, France) 12개의 metal oxide sensor(MOS), 즉 SY/LG, SY/G, SY/AA, SY/Gh, SY/gCTI, SY/gCT, T30/1, P10/1, P10/2, P40/1, T70/2, PA2로 구성되어 있다. 각 향기패턴 구별을 위한 센서들 중 P10/1, P10/2, SY/AA, SY/gCT 센서들은 non polar volatiles를, PA2, T30/1, SY/gCTI 센서들은 유기용매들을 감지하며, P40/1, SY/LG 센서들은 fluoride 및 chloride 들을, SY/G 센서는 ammonia 및 sulfur 화합물을, T70/2 센서는 식품향기와 휘발성분들을 감지한다(12). 분석조건은 dry/humid air의 비율이 20%가 되도록 온도는 36°C, 압력은 5 psi, 공기 흐름은 150 mL/min으로 공기조절시스템을 활용하여 설정하였다. 향기성분은 20 mL vial에 시료 1 g을 취해서 각각 6반복으로 incubation 시간은 30분, 온도는 60°C, 진탕은 500 rpm으로 하여 headspace로부터 획득 하였다. 여기서 얻은 향기성분 2.5 mL의 용량을 자동 시료 채취기 및 주입기를 이용하여 65°C 유지되는 주사기에 취해서 0.5 mL/sec의 속도로 injection port에 주입하였다. 분석 간격은 30분으로 센서가 충분히 안정화를 이룬 다음에 분석을 실행하였다. 본 실험 전 최적의 향 획득 조건을 얻기 위하여 여러 분석조건에서 선행실험 되었고, 본 실험에서는 각 처리시료 8개의 2반복 분석이 이루어졌다.

통계처리

전자코 향기패턴분석 결과 얻은 각 센서의 감응도(ΔR_{gas}/R_{air}) 즉, 공기 저항값(R_{air})에 대한 시료 휘발성 성분의 저항값(R_{gas})의 변화율로 주성분분석(Principal Component Analysis; PCA)을 실행하여 제1주성분 값 및 제2주성분 값을 구하였고, 각 12개의 센서 값들은 2000 Statistical Analysis System S/W Package(SAS Institute Inc., USA)(13)를 이용하여 95% 신뢰구간에서 Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)

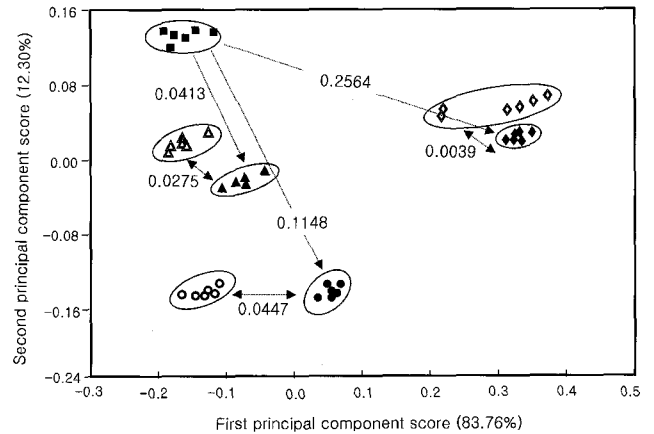


Fig. 1. Principal component analysis (PCA) plot from the obtained data using electronic nose on red ginseng powder during storage. ■, before storage; ▲, 1 month at 25°C; △, 1 month at -10°C; ●, 2 months at 25°C; ○, 2 months at -10°C; ◆, 5 months at 25°C; ◇, 5 months at -10°C.

통계처리로 각 센서별 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

저장기간 및 온도에 따른 각 처리군 별 향기성분 패턴 비교

본 실험에서는 보존 처리된 홍삼분말의 저장조건에 따른 향기패턴을 비교, 분석하기 위하여 시료로부터 휘발성 향기를 headspace에서 획득하여 12개의 MOS가 장착된 전자코를 활용하였고, 이들 MOS 센서별 감응도로 5 kGy 감마선조사와 훈증 처리된 홍삼분말의 향기패턴에 대한 기여율(proportion)을 구하고 주성분분석을 하였으며, 패턴에 의한 관능검사의 우수성에도 불구하고 빠르고, 간편하며, 짧은 시간에 많은 시료의 향 구분을 할 수 있는 전자코의 효과적 이용 가능성을 연구 하였다. 각 그림상에서 저장 전(before storage) 또는 처리 전(control)의 시료들과 멀리 떨어질수록 저장기간 또는 보존 처리 정도에 의하여 홍삼분말 본래의 향과 다르다는 것을 의미하며, 이는 홍삼분말의 향기가 변하여 전자코에서 구별 되어지며, 본래의 향과 달라 결국 부정적인 향의 변화임을 간접적으로 나타낸다. Fig. 1은 어떠한 보존 처리도 되지 않은 홍삼분말의 저장기간 및 온도에 따른 향기패턴변화를 보여주고 있다. 주성분분석결과 전체 향 패턴을 총괄하는 정보인 제1주성분 값의 기여율은 83.76%를 나타내었고 저장기간이 길어질수록 제1주성분 값의 분포가 -0.1에서 0.3부근으로 이동하는 경향을 보였다. 주성분분석의 percent recognition은 92로써 각 저장온도 및 기간에 따라 향기패턴이 구별되고 있음을 나타내었다. SAS의 다변량 분석에서도 Wilks' lambda값은 0에 근접하였고 이때의 F값은 1051이어서 통계적으로도 각 처리구의 향기패턴에 유의차가 있음을 보여주었다(p<0.0001).

MeBr으로 훈증 처리된 홍삼분말의 저장기간 및 온도에 따른 향기패턴변화는 Fig. 2에서 보여준다. 제1주성분 값의 기여율은 전체 향의 차이에 대하여 92.34%를 나타내었으며 주성분분석 plot상에서 보는 바와 같이 향의 패턴이 구별 되었다. Percent recognition은 94이었고, F값도 1735를 나타내어

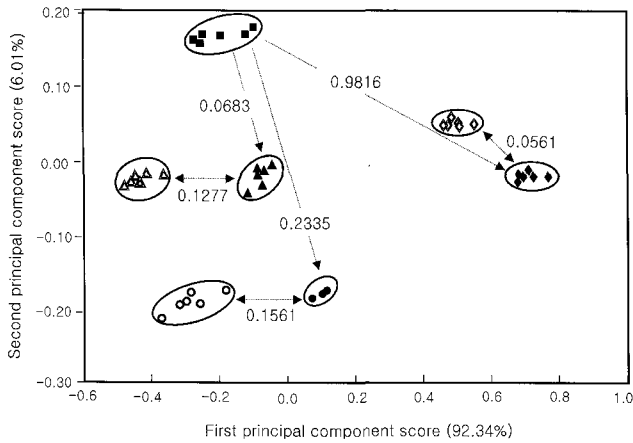


Fig. 2. Principal component analysis (PCA) plot from the obtained data using electronic nose on red ginseng powder treated methyl bromide. ■, before storage; ▲, 1 month at 25°C; △, 1 month at -10°C; ●, 2 months at 25°C; ○, 2 months at -10°C; ◆, 5 months at 25°C; ◇, 5 months at -10°C.

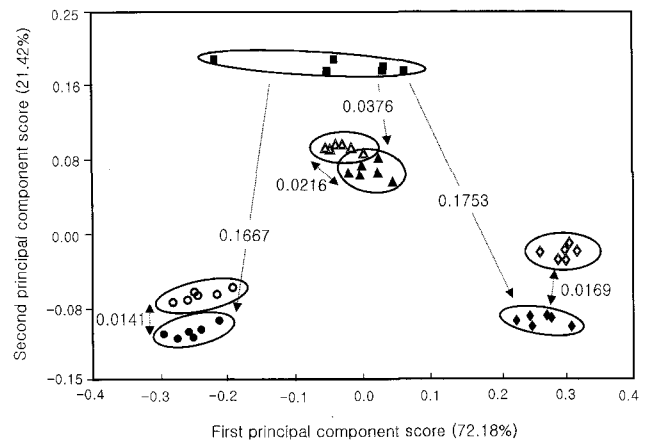


Fig. 3. Principal component analysis (PCA) plot from the obtained data using electronic nose on 5kGy gamma-irradiated red ginseng powder. ■, before storage; ▲, 1 month at 25°C; △, 1 month at -10°C; ●, 2 months at 25°C; ○, 2 months at -10°C; ◆, 5 months at 25°C; ◇, 5 months at -10°C.

통계적으로 저장기간과 온도를 서로 달리한 MeBr로 훈증한 홍삼분말의 향 패턴에 유의차가 있음을 보여주었다($p < 0.0001$). Phosphine으로 훈증된 홍삼분말 역시 이와 유사한 경향을 보여 주었다. 따라서 미처리되거나 MeBr 또는 phosphine으로 훈증 처리된 홍삼 분말들은 저장기간(1,2 또는 5 개월) 및 저장온도(-10°C 또는 25°C)의 변화에 따라 향의 구별이 있었으며, 그 구별은 저장온도 보다는 저장기간에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. Fig. 1과 2에서 보는 바와 같이 각각의 처리구들은 저장 전 그룹과 저장기간이 서로 다른 그룹들간의 euclidean distance(group distance)가, 저장기간이 같을 경우 저장온도에 따른 그룹들간의 euclidean distance보다 크기 때문이다. 한 PCA plot 상에서 그룹간 향의 구별은 비교 그룹들간의 euclidean distance가 크면 클수록 구별이 잘 됨을 나타낸다.

5 kGy의 선량으로 감마선 조사된 홍삼분말의 제1주성분 값

과 제2주성분 값의 기여율은 각각 72.18%, 21.42%을 나타내었고 저장기간 1,2개월째에는 -0.3~0.0부근에 분포하다가 5개월째에 0.3부근으로 이동하였다(Fig. 3). 특히, MeBr 또는 phosphine으로 훈증 처리된 시료들은 각 저장기간과 온도별로 향기패턴이 모두 구별된 데 반하여, 감마선 조사된 홍삼분말은 저장기간별로는 구별이 되었지만, 1과 2개월 저장 시 저장온도(-10°C와 25°C)에 따라서는 그 구별이 어려웠다. 5개월 저장 시에는 구별이 가능하였는데, 이때 저장온도는 -10°C 보다는 25°C이었을 때, 그 향이 저장 전 시료보다 더욱 구별이 되었다. 전체적인 PCA의 percent recognition은 86을 나타내었다. PCA의 percent recognition이 90이상일 경우 모델에서 각 그룹간의 확실한 구별이 보여진다고 설명할 수 있다. 이 경우에는 90 보다는 약간 작은 값을 보였으나, 다변량 분석의 결과 Wilks' lambda값은 0에 근접하였고 이때의 F값은 544이어서 전체 그룹간 향의 구별에 통계적으로 유의

Table 1. Response of each sensor by the electronic nose on 5kGy gamma-irradiated red ginseng during storage periods

Sensor model	Response of each sensor ^{1,2)}			
	0 M ³⁾	1 M	2 M	5 M
SY/LG	0.325131 ^a	0.296037 ^b	0.265934 ^c	0.197223 ^d
SY/G	-0.72236 ^b	-0.78032 ^c	-0.99967 ^d	-0.6373 ^a
SY/AA	-0.39713 ^c	-0.36832 ^b	-0.36386 ^b	-0.29948 ^a
SY/Gh	-0.46135 ^b	-0.50938 ^c	-0.63332 ^d	-0.39242 ^a
SY/gCTI	-0.45011 ^b	-0.45054 ^b	-0.51886 ^c	-0.32602 ^a
SY/gCT	-0.3755 ^b	-0.37026 ^b	-0.45107 ^c	-0.29158 ^a
T30/1	0.63622 ^a	0.594453 ^b	0.622252 ^a	0.506489 ^c
P10/1	0.421255 ^a	0.381712 ^b	0.35134 ^c	0.286094 ^d
P10/2	0.346141 ^a	0.316037 ^b	0.297297 ^c	0.239711 ^d
P40/1	0.408947 ^a	0.369363 ^b	0.313272 ^c	0.262893 ^d
T70/2	0.636765 ^a	0.590467 ^b	0.623637 ^a	0.497887 ^c
PA2	0.732828 ^a	0.73385 ^a	0.714923 ^b	0.630237 ^c

¹⁾Response of each sensor is expressed by $\Delta R_{gas}/R_{air}$. R is resistance values of the sensors.

^{2)a-d}Means within the same row with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by MANOVA.

³⁾0 M, before storage; 1 M, 1 month storage at -10°C; 2 M, 2 months storage at -10°C; 5 M, 5 months storage at -10°C.

Table 2. Response of each sensor by the electronic nose on 5kGy gamma-irradiated red ginseng

Sensor model	Response of each sensor ^{1,2)}	
	5 MC ³⁾	5 MR
SY/LG	0.197223 ^a	0.113301 ^b
SY/G	-0.6373 ^a	-0.67926 ^b
SY/AA	-0.29948 ^a	-0.3191 ^b
SY/Gh	-0.39242 ^a	-0.43181 ^b
SY/gCTI	-0.32602 ^a	-0.37427 ^b
SY/gCT	-0.29158 ^a	-0.33462 ^b
T30/1	0.506489 ^a	0.480618 ^b
P10/1	0.286094 ^a	0.292101 ^a
P10/2	0.239711 ^a	0.242762 ^a
P40/1	0.262893 ^a	0.259619 ^a
T70/2	0.497887 ^a	0.463227 ^b
PA2	0.630237 ^a	0.631839 ^a

¹⁾Response of each sensor is expressed by $\Delta R_{gas}/R_{air}$. R is resistance values of the sensors.

^{2)a-b)}Means within the same row with different superscripts are significantly different at $p<0.05$ by MANOVA.

³⁾5 MC, 5 months storage at -10°C ; 5 MR, 5 months storage at 25°C .

차가 있었으며($p<0.0001$), 이러한 향의 구별은 저장온도 보다는 저장기간에 의해 크게 구별된다고 말할 수 있다. 한편, 저장 전 시료와 25°C 에서 5개월간 저장한 시료가 다른 시료간 보다 euclidean distance가 가장 큰 값을 보였고, 이는 감마선 조사 후 저장 전 시료와 25°C 에서 5개월간 저장한 시료간의 가장 큰 향의 구별이 이루어 졌음을 나타낸다. 이 결과는 Table 1에 제시된 감마선 조사 후 홍삼분말의 -10°C 에서 저장기간에 따른 각 센서별 감응도 결과와 Table 2에 제시된 -10°C 또는 25°C 온도에서 5개월 저장된 홍삼분말의 센서별 감응도에서도 설명되어진다. 12개의 센서(sensor)중 저장 전과 -10°C 에서 1개월 저장된 홍삼분말의 경우 SY/LG, SY/G, SY/AA 등을 비롯한 9개의 센서에서 유의차를 보였고, 2개월 저장된 홍삼분말과는 2개의 센서(T30/1, T70/2)를 제외한 10개 센서에서 유의차를 보였으나, 5개월 저장 시에는 12개 센서 모두에서 그 유의차를 보여 두 시료간 향기패턴이 가장 크게 구별되는 결과를 가져왔다(Table 1). 감마선 조사된 홍삼분말의 향에 같은 저장기간일 경우 저장온도가 각 센서의 값에 어떠한 변화를 주는가를 알아보기 위하여 5개월동안 저장된 홍삼분말을 각각 저장온도별(25°C , -10°C)로 분석한 결과, 저온(-10°C)과 상온(25°C)에서 저장된 홍삼분말의 센서별 감응도는 12개의 센서 중 8개의 센서에서 유의적 구별을 나타내었다($p<0.05$, Table 2). 이 결과는 Fig. 3에서 감마선 조사된 홍삼분말의 경우 저장기간별로는 구별이 명확히 되었지만, 저장온도를 달리하였을 경우, 1 또는 2개월 저장 시에는 구별이 어려웠고, 5개월 저장 시에 구별이 가능하였던 결과를 설명한다.

Fig. 4는 저장하기 전 보존처리가 안된 홍삼분말(미처리구)과 감마선, MeBr 또는 phosphine으로 훈증 처리된 홍삼분말의 향기패턴을 PCA를 통하여 plot으로 나타낸 결과이며, 이때 제1주성분 값의 기여율이 99.65%를 나타내며 각 처리구별 향기패턴이 구별되었다. 미처리구와 phosphine 처리구들

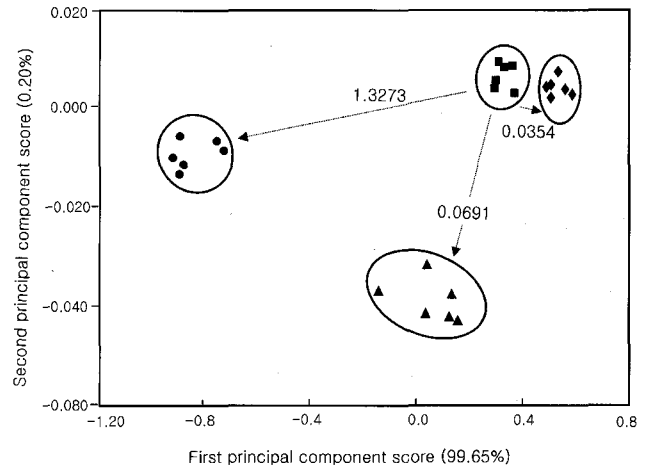


Fig. 4. Principal component analysis (PCA) plot from the obtained data using electronic nose on red ginseng powder treated with gamma irradiation, methyl bromide and phosphine fumigation (before storage). ■, control; ▲, 5 kGy gamma-irradiation; ●, methyl bromide; ◆, phosphine.

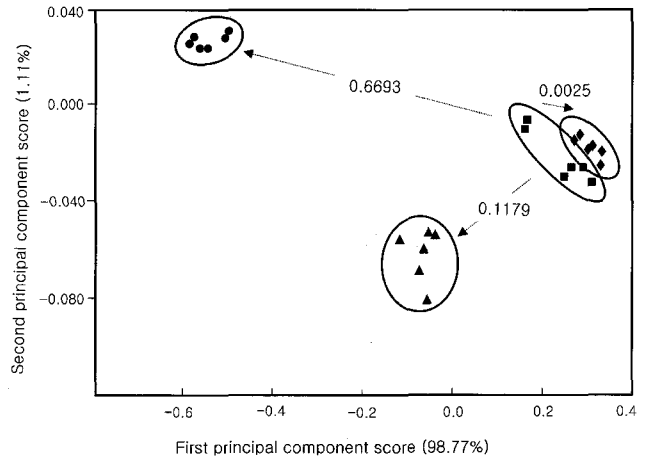


Fig. 5. Principal component analysis (PCA) plot from the obtained data using electronic nose on red ginseng powder treated with gamma irradiation, methyl bromide and phosphine fumigation (stored for 5 months at -10°C). ■, control; ▲, 5 kGy gamma-irradiation; ●, methyl bromide; ◆, phosphine.

은 제1주성분 값의 0.2과 0.4에 집중된 분포를 나타냈으며, 감마선 조사된 처리구들은 제1주성분 값의 0과 -0.2 사이에 분포하였으나, MeBr 훈증 처리구의 경우 제1주성분 값의 -0.4 에서 -0.6 사이에 분포하였다. 이들의 다변량 분석결과, Wilks' lambda값은 0에 근접하였고, F값은 136를 나타내어 통계적으로 각 시료들의 향의 패턴에 유의차가 있음을 보여 주었다($p<0.0001$). Fig. 4에서 미처리구와 각각의 phosphine, 감마선, MeBr 처리구의 euclidean distance는 0.0354, 0.0691과 1.3273이었다. 이는 홍삼분말의 향기패턴에 있어서 본래 시료의 향은 다른 처리구보다 phosphine처리된 향과 가장 유사함을 의미하며, MeBr 처리 시료구의 향과는 가장 명확히 구별됨을 나타낸다. 감마선 조사된 시료의 향은 MeBr 처리 시료구의 향보다는 본래의 향에 근접하였다.

문 헌

대부분의 경우, 미처리된 홍삼분말의 향은 저장기간 및 저장온도를 달리하였을 때 Fig. 4와 비슷한 경향을 보이며, 각 처리구별과의 향기패턴이 구별되었다. 그러나 -10°C 에서 5개월 동안 저장된 홍삼 분말의 경우 미처리구와 phosphine 처리구의 향기패턴이 유사하였고, 이때 미처리구와 phosphine, 감마선, MeBr 처리구의 euclidean distance는 각각 0.0025, 0.1179와 0.6693이었다(Fig. 5). 이 결과 phosphine 훈증은 MeBr 훈증 처리와 감마선의 조사보다는 저장 후 그 향의 변화가 적고, 감마선 조사는 MeBr 훈증 처리 보다는 향의 변화가 적은 것으로 사료된다.

이 연구결과, 품질보존을 목적으로 감마선, MeBr 및 phosphine 훈증 처리된 홍삼분말의 향기패턴을 저장조건(기간 및 온도)에 따라 전자코 시스템을 활용하여 구별 및 비교를 할 수 있었다.

요 약

품질보존 방법의 하나로 제시되고 있는 감마선 조사와 훈증 처리된 홍삼분말의 후각적 품질 특성을 비교 검토하고자, 5 kGy의 감마선, 상업적 조건의 methyl bromide(MeBr) 및 phosphine 처리된 홍삼분말을 각각 25°C 과 -10°C 에 1, 2 및 5개월 동안 저장하면서 그 휘발성 향기 패턴을 전자코로 분석하였다. MeBr과 phosphine 훈증 처리군들은 저장온도와 기간에 따라 저장 전과 모두 다른 향기패턴을 보이며 구별되었다. 특히 저장기간이 길수록(5개월) 더 명확히 향기패턴이 구별되었다. 감마선 조사군은 저장기간별로는 구별이 되었지만, 같은 기간별(1과 2개월)의 저장온도에 따라서는 다른 처리군에 비해 구별하기가 어려웠다. Phosphine 훈증은 MeBr 훈증 및 감마선 조사보다 저장 후 그 향의 변화가 작은 것으로 나타났으며, 여러 조건 중 -10°C 에서 5개월간 저장하였을 경우에 미처리군과 phosphine 훈증 처리군의 향기패턴 구별이 어려웠다.

감사의 글

본 연구는 과학 기술부 원자력 연구개발사업과 한국기초과학지원연구원의 특성화 장려연구사업(고가특수연구기자재 지원사업, R23-2002-000-00019-0)의 지원에 의한 것으로 이에 감사 드립니다.

1. Youk, H.S., Choi, K.J., Jo, S.K. and Byun, M.W. Application of gamma irradiation for quality improvement of red ginseng. *J. Food Hyg. Saf.* 9: 151-161(1994)
2. Kwon, J.H., Byun, M.W., Chang, S.D. and Lee, K.S. Improvement of quality of red ginseng by gamma irradiation. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 6: 23-28 (1999)
3. Kwon, J.H., Byun, M.W., Kim, K.S. and Kang, I.J. Comparative effects of gamma irradiation and phosphine fumigation on the quality of white ginseng. *Radiat. Phys. Chem.* 57: 309-313 (2000)
4. Kim, J.H. and Noh, B.S. Detection of irradiation treatment for red peppers by an electronic nose using conducting polymer sensors. *Food Sci. Biotechnol.* 8: 207-209 (1999)
5. Han, K.Y., Kim, J.H. and Noh, B.S. Identification of the volatile compounds of irradiated meat by using electronic nose. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 668-672 (2001)
6. Yang, Y.M., Han, K.Y. and Noh, B.S. Analysis of lipid oxidation of soybean oil using the portable electronic nose. *Food Sci. Biotechnol.* 9: 146-150 (2000)
7. Noh, B.S. and Ko, J.W. Discrimination of the habitat for agricultural products by using electronic nose. *Food Eng. Prog.* 1: 103-106 (1997)
8. Yang, Y.M., Noh, B.S. and Hong, H.K. Prediction of freshness for milk by the portable electronic nose. *Food Eng. Prog.* 3: 45-50 (1999)
9. Lee, B.Y., Yang, Y.M., Lee, O.H., Shin, C.S. and Shim, K.H. Analysis of aroma pattern of Panax Species by electronic nose. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 131-135 (2002)
10. Kwon, J.H., Chung, H.W. and Kwon, Y.J. Infrastructure of quarantine procedures for promoting the trade of irradiated foods. Paper presented at Symposium of The Korean Society of Postharvest Science and Technology of Agricultural Products on Irradiation Technology for the Safety of Food and Public Health Industries and Quality Assurance, Daejeon, 13 October, pp. 209-254 (2000)
11. Shin, J.A., Lee, K.T. and Kwon, J.H. Comparison through aroma analysis by using electronic nose of white ginseng and red ginseng with different treatments. Paper presented at Symposium of Postharvest Korean Society for Food Engineering, Chunan, 16 November, p. 46 (2002)
12. Intelligent Electronic Nose. FOX User Manual. 2nd ed. Alpha M.O.S., SA, France (1998)
13. SAS Institute, Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis systems Institute, Cary, NC, USA (2000)

(2003년 7월 21일 접수; 2003년 8월 20일 채택)