회향의 부위별 맛과 향에 대한 비교 연구

홍성준¹ · 부창국¹ · 허성욱¹ · 신의철^{1,2}

¹경상국립대학교 식품과학부

²경상국립대학교 식품감각인지연구소

Comparative Study between Parts of Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) for Taste and Flavor Properties

Seong Jun Hong¹, Chang Guk Boo¹, Seong Uk Heo¹, and Eui-Cheol Shin^{1,2}

¹Department of Food Science, and ²Institute for Food Sensory & Cognitive Science, Gyeongsang National University

ABSTRACT Our research investigated sensory and chromatographical characteristics using an electronic tongue (E-tongue), electronic nose (E-nose), and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). The characteristics of taste and flavor in parts of the fennel were measured by a non-destructive method and pattern analysis. The results of the E-tongue showed that the fennel seed had the highest sensor value of umami taste (UMS) and sourness taste (SRS) at 8.7 and 8.4, respectively. On the other hand, the sensor value of saltiness (STS) in the seed was detected at 4.5, which was lower compared to portions of the stem and bulb at 6.0 and 7.5, respectively. The E-tongue and E-nose principal component analysis (PCA) showed that the principal component 1 (PC1) represented 82.36% variance and PC2 represented 17.64% variance. The fennel bulb has been located on the first quadrant, with the highest sensor values of STS and the highest content of *d*-valerolactone, *trans*-anethole, 2-octanone, and 3-mercapto-2-pentanone. The fennel seed has been located on the second quadrant, with the highest sensor values of UMS and SRS, as well as 3-methyl nonane content. The fennel stem has been located on the fourth quadrant, which has the highest content of α -pinene. In the GC-MS analysis, a total of 129 volatile compounds were identified, which include 7 acids and esters, 20 alcohols, 16 aldehydes, 70 hydrocarbons, 6 heterocyclics, and 10 ketones in the sample sets. An analysis of odor active compounds showed *p*-anisic aldehyde elicits floral and fennel odors at 3 and 2 odor intensity in the stem and seed, respectively. α -Pinene, 5-methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene, and *trans*-anethole elicit fennel odors. Specifically, *trans*-anethole was detected in all samples.

Key words: fennel, sensory properties, electronic tongue, electronic nose, GC-MS

서론

회향(*Foeniculum vulgare* Mill.)은 미나리과 회향속에 속하는 다년생 허브식물이다. 지중해 근처 남유럽에서 기원되었고, 최근에는 중국에서도 많이 이용되고 있는 식물이다. 회향은 식용으로 많이 이용되며 향기가 풍부하고 에센셜 오일의 형태로 추출하여 식품, 화장품, 그리고 향료 산업에 많이 이용되고 있다(He와 Huang, 2011). 회향이 만들어내는 향기 성분은 회향의 휘발성 화합물들에 의해 발생한다(Diaz-Maroto 등, 2006). 그리고 회향의 향기 성분은 향암, 향산

화, 항염증 효과와 같은 약리적인 기능을 가지며, 회향의 주요 향기 성분으로 보고된 *trans*-anethole은 인체 내 central nervous system(CNS)과 autonomic nervous system(ANS)을 조절하는 효과를 나타낸다고 보고하였다(Akaberi 등, 2015; Kang 등, 2018). 회향은 회향의 기원과 상태에 따라 *trans*-anethole, anethole, estragole, fenchone과 같은 주요 향기 성분의 상대적인 농도가 차이가 나며(Diaz-Maroto 등, 2006; Carrubba 등, 2005), 최근 Punetha 등(2019)의 연구에서 기후 조건이 회향의 향기 성분 조성에 미치는 영향에 대해 보고되기도 하였다.

일반적으로 향은 식품의 전반적인 관능적 특성을 결정하며 신선도를 판단하는 중요한 지표 중 하나이다(Li 등, 2019). 향기 성분은 보통 gas chromatography-mass spectrometry(GC-MS)를 이용하여 분석하고 있으며, 일반적으로 GC-MS는 향료를 포함한 식물들의 휘발성 향기 성분을 분석하는 데 많이 이용되고 있다. 그리고 GC-MS를 통한 휘발

Received 13 Jan 2021; Revised 8 Feb 2021; Accepted 9 Feb 2021
Corresponding author: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongsang National University, 33, Dongjin-ro, Jinju-si, Gyeongnam 52725, Korea, E-mail: eshin@gnu.ac.kr

Author information: Seong Jun Hong (Graduate student), Chang Guk Boo (Graduate student), Seong Uk Heo (Student), Eui-Cheol Shin (Professor)

성 향기 성분의 분석은 주로 simultaneous distillation extraction(SDE)과 solid-phase microextraction(SPME)을 통해 추출이 이루어진 후 분석한다(Diaz-Maroto 등, 2006; Hong 등, 2020a). SPME는 GC-MS를 통한 휘발성 향기 성분 분석에서 많이 이용되고 있는 식품의 향기 추출기법이다(Pennazza 등, 2013). SPME와 GC-MS를 이용한 회향의 휘발성 향기 성분에 대한 연구는 반건조 지중해 환경에서 자란 회향 품종의 휘발성 향기 성분 변화 관찰 연구(Car-rubba 등, 2005), 회향 허브차 내 estragole 분석 연구(Basaglia 등, 2013), 그리고 HS-SPME와 GC-MS를 이용한 구운 회향의 향기 성분을 분석한 연구들이 보고되었다(Elmassry 등, 2018).

전자코시스템은 식품의 향을 분석하는 비파괴적인 분석 방법의 하나이며, 단시간 내 다량의 시료의 휘발성 향기 성분 결과를 제공한다. 그리고 휘발성 향기 성분의 함량뿐만 아니라 각각의 시료 간 향기 성분의 패턴을 감지하여 시료 간의 향미 특성을 판별하는 데 널리 활용되고 있다(Hong 등, 2020b). 전자코를 이용한 분석 연구는 볶음 과정을 통한 땅콩 새싹 추출물과 콩나물 추출물의 향기 성분 변화에 대한 연구(Hong 등, 2020b), 할랄식품의 에탄올 분석을 통한 시료 간의 차별성 분석(Park 등, 2016), 그리고 GC-MS와 전자코를 이용한 흰 송로버섯의 휘발성 향기 성분 탐구에 대한 연구들이 보고되었다(Pennazza 등, 2013).

맛은 앞서 서술한 향기와 함께 식품의 대표적인 관능적 특성 중 하나이며 식품의 기호성과 품질을 평가하는 데 중요한 지표 중 하나로 사용된다(Hong 등, 2020b). 일반적으로 맛은 단맛, 쓴맛, 짠맛, 감칠맛, 신맛의 5가지 기본 맛 성분으로 구성되며, 소비자들이 식품을 선택하는 데 있어 중요한 지표로 이용되고 있다(Hong 등, 2020b; Liu 등, 2017). 이러한 식품의 맛의 강도 및 기호도 평가는 보통 패널 테스트를 통해 평가되고 있지만, 사람의 감각에 의지하는 패널 테스트는 참여자의 성별이나 국적, 테스트 당일의 건강상태에 따라 결과값에 영향을 줄 수 있다(Majchrzak 등, 2018). 그리고 비용적인 측면과 시간적인 측면에서도 단점을 나타내고 있다. 이로 인해 전자센서를 활용한 전자코시스템을 이용한 새로운 맛 평가 방법이 개발되었다(Liu 등, 2017). 전자코시스템은 사람의 미각 센서와 유사한 센서를 구축하고 있으며, 향기를 인식하는 전자코와 같이 별다른 전처리가 요구되지 않는 비파괴적인 패턴 분석법과 높은 재현성을 가진 객관적인 수치로 표현되는 새로운 맛 성분 분석법이다(Hong 등, 2020b; Liu 등, 2017). 또한 Cho 등(2020)의 연구에서 마삭줄과 백화등의 볶음 과정 중 발생하는 다양한 맛 성분을 비교 분석하였고, Jo 등(2016)의 연구에서 전자코시스템을 통해 한국, 중국, 일본, 미국산 시판 사과식초의 품질을 비교 분석하였다. 전자센서를 이용한 품질 평가는 GC-MS보다 정량적인 측면에서 한계를 나타내지만, 상대적으로 긴 GC-MS의 분석시간에 비해 짧고 패턴 분석에 용이한 장점을 가지고 있다(Hong 등, 2020b; Boo 등, 2020).

따라서 본 연구는 전자혀, GC-MS, 그리고 전자코시스템을 이용하여 회향의 부위별 관능적 특성을 분석하였고, 회향의 부위별 관능적 특성에 대한 데이터베이스 구축을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 회향 씨앗은 경상남도 소재 마트에서 구입하여 사용하였으며, 회향 식물은 대전광역시 소재 마트에서 구입하여 사용하였다. 실험에 사용된 샘플은 회향의 씨앗, 구근, 줄기의 세 부분을 사용하였다. 구입된 시료는 모두 실험 전까지 -20°C 이하의 냉동보관을 통해 실험을 진행하였다.

전자혀 분석

회향의 부위별 맛 성분을 분석하기 위해 전자혀시스템(ASTREE II, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하였다. 전자혀시스템에서 제공되는 7개의 센서 중에서 2개의 reference에 관여하는 센서(GPS, SPS)와 5가지 맛 성분(umami, UMS; bitterness, BRS; saltiness, STS; sweetness, SWS; sourness, SRS) 센서를 이용해 분석하였다. 5가지 맛 성분 센서 중 UMS는 감칠맛, BRS는 쓴맛, STS는 짠맛, SWS는 단맛, 그리고 SRS는 신맛과 유사한 맛 성분을 감지하고, 표준센서인 SRS와 GPS는 센서값 보정을 위해 이용되었다. 전자혀 분석을 위해 세 종류의 샘플 10 g을 각각 100 mL의 정제수와 혼합시켰고, 이와 동시에 60°C 에서 30분 동안 맛 성분을 용출시켰다. 앞선 일련의 과정을 통해 얻은 추출물을 No.1 filter paper(GE Healthcare, Little Chalfont, UK)를 통해 여과시킨 후 전자혀 sampler에 장착시켰고, 120초 동안 전자혀 센서에 접촉시킨 후 맛 성분 분석을 실시하였다. 샘플 간 오염으로 인한 분석 결과의 오류를 방지하기 위해 정제수를 이용하여 분석 과정 중 세척을 함께 진행하였다. 샘플 간의 맛 성분 패턴은 주성분 분석(principal component analysis; PCA)을 통해 확인하였다(Hong 등, 2020b).

전자코 분석

회향의 부위별 휘발성 향기 성분을 분석하기 위해 각각의 시료 1 g씩 space vial(22.5 mm×75 mm, PTFE/silicon septum, aluminum cap)에 넣고, 500 rpm의 속도로 50°C 에서 10분 동안 교반한 후 자동시료채취기를 통해 2,000 μL 의 휘발성 향기 성분을 headspace에서 포집했다. 이후 전자코시스템(HERACLES Neo, Alpha MOS)을 이용하여 주입하였고 MXT-5 column을 장착한 후 flame ionization detectors(FID)로 분석하였다. Trap absorption temperature 40°C , trap desorption temperature 250°C , acquisition time은 227초 조건에서 휘발성 향기 성분을 분석하

였다. 전자코시스템에 내장된 Kovat's index library 기반의 AroChemBase(Alpha MOS)는 약 80,000여 개 이상의 화합물이 저장되어 있고, 이를 통해 분리된 피크의 휘발성 향기 성분을 정성하였다. 전자코 분석은 총 3회 실시하였고 샘플 간의 향기 성분 패턴은 주성분 분석을 통해 확인하였다(Hong 등, 2020b).

GC/MSD를 이용한 향기 성분 분석

회향의 부위별 휘발성 향기 성분을 포집하기 위해서 50/30 μm , divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS)으로 코팅된 SPME fiber(Supelco, Bellefonte, PA, USA)를 이용한 headspace 분석 방법을 사용하였다. 각각의 샘플 1 g을 향기포집병에 넣은 후 알루미늄 캡으로 밀봉하였다. 향기포집병 속 샘플은 50°C에서 20분간 평형시켰고, 평형 후 50°C에서 25분간 SPME fiber를 노출해 향기 성분을 포집하였다. 향기 성분이 흡착된 SPME fiber는 GC/MS(Agilent 7890A & 5975C, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 이용해 분석하였고, HP-5MS 컬럼(30 m $\times$ 0.25 mm i.d. 0.25 μm film thickness)을 사용하여 FID 방식으로 분석하였다. 이때 GC/MS의 분석 조건은 초기 40°C의 오븐 온도에서 5분 동안 머무른 후 분당 5°C의 승온속도로 200°C까지 가온시켰다. Injector 온도는 250°C로 설정하였으며, 1.0 mL/min의 유속조건으로 helium을 carrier gas로 이용하였고 split ratio는 1:10이었다. Total ionization chromatogram(TIC)에서 분리된 각 성분은 mass spectrum library를 참고하여 동정하였고 각 샘플의 향기 성분은 피크 면적과 이를 내부 표준물질(C15:0, pentadecane)의 피크 면적과 비교하여 각각의 향기 성분의 피크 면적을 환산하여 각 성분이 가지는 피크 면적을 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 나타내었다. 이때 분리된 향기 성분이 인체 후각에서 표현되는 특성을 관찰하기 위해 GC-olfactometry를

이용하였고, 총 4단계 강도로 구분된 센서를 이용하여 향기의 유지 시간과 강도를 측정하였다(Hong 등, 2020a).

통계분석

본 연구에서 맛 성분 및 향기 성분 패턴 분석을 위해 다변량 분석법 중 하나인 주성분 분석을 이용하였고, 주성분 분석은 XLSTAT software ver. 9.2(Addinsoft, New York, NY, USA)를 이용하였다. 통계적 접근을 통한 결과값은 독립변수와 종속변수 간의 correlation을 bi-plot을 이용하여 제시하였다.

결과 및 고찰

전자혀 분석

전자혀 분석 시스템을 통해 확인된 회향의 부위별 맛 성분에 대한 결과값은 Fig. 1에 나타내었다. 인간이 감지하는 기본 5가지(쓴맛, 짠맛, 단맛, 감칠맛, 신맛) 맛 성분에 대한 상대적인 전자혀 센서값을 나타내었다. 먼저, 회향의 부위별 쓴맛과 관련된 센서값(BRS)의 경우 줄기와 씨앗에서 각각 5.6과 5.3의 센서값을 나타내었고, 구근에서 7.1의 가장 높은 센서값을 나타내었다. 짠맛과 관련 있는 센서값(STS)은 회향의 씨앗에서 4.5의 센서값을 나타내어 가장 낮은 STS를 나타내었다. 줄기는 6.0의 센서값을 나타내었고 구근의 경우 7.5의 센서값으로 가장 높은 STS를 나타내었다. 단맛과 관련 있는 센서값(SWS)은 줄기, 구근, 씨앗에서 각각 5.9, 5.8, 6.3의 센서값을 나타내었고, 이전의 두 맛 성분 센서(BRS와 STS) 결과와 달리 상대적으로 큰 차이는 나타나지 않았다. 감칠맛과 관련 있는 센서값(UMS)과 신맛과 관련 있는 센서값(SRS)의 결과는 회향의 씨앗에서 각각 8.7과 8.4로 가장 높은 센서값을 나타내었고, 구근에서 각각 4.2와 4.3으로 가장 낮은 센서값을 나타내었다. 인간의 미각

Fig. 1. Taste profiles in three parts of fennel using electronic tongue.

시스템을 모방하는 센서를 구축한 전자혀시스템의 맛 성분 센서값은 일반적으로 패널을 통해 얻은 관능평가의 결과와는 다소 차이가 발생할 수 있고, 전자혀 센서값의 상대적인 비교이므로 실제 개별 맛과는 다소 차이가 발생할 수 있다 (Hong 등, 2020b; Boo 등, 2020). 높은 재현성 및 객관성을 유지하는 전자혀시스템을 이용한 식품의 품질관리 및 관능 검사가 진행되고 있다(Hong 등, 2020b). 최근 Kim 등 (2018)의 고추냉이의 이화학적 특성 및 전자센서를 통한 맛 성분 탐색 연구에서 전자혀를 이용하여 고추냉이의 부위별 맛 성분을 분석하였고, Hong 등(2020b)의 연구에서 볶음 과정을 통한 땅콩새싹과 콩나물 추출물의 맛 성분 분석을 진행하여 볶음 과정에 나타난 신맛 및 짭맛, 쓴맛, 감칠맛에 관련된 센서값의 변화를 확인할 수 있었다. 그리고 Cho (2020)의 연구에서 마삭줄과 백화등의 맛 성분을 전자혀시스템을 통해 분석하였다.

다변량 분석을 통한 맛 성분 및 향기 성분 패턴 분석

전자코를 이용한 회향의 부위별 향기 성분의 결과는 Table 1에 나타내었다. 그리고 전자혀와 전자코를 통해 확인된 회향의 부위별 맛 성분 및 향기 성분의 결과를 다변량 분석법 중 하나인 주성분 분석을 이용하여 각각의 샘플을 분리하였고, 분리된 패턴 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 주성분 분석을 통해 확인된 패턴 결과는 PC1에서 82.36%의 variance를 나타내었고, PC2에서 17.64%의 variance를 나타내었다. 세 종류의 샘플들은 주로 PC1에 의해 분리되었으며, 줄기의 경우 PC2에 의해 다른 샘플과 분리되는 패턴을 나타내었다. 이로 인해 씨앗은 PC1을 기준으로 음(-)의 방향에 위치하였고, 줄기와 구근은 PC1을 기준으로 양(+)의

방향에 위치하였다. 반면 PC2를 기준으로 씨앗과 구근은 양(+)의 방향에 위치하였고, 줄기는 PC2를 기준으로 음(-)의 방향에 위치하였다. 이런 패턴 결과에 영향을 주는 요소를 loading plot을 통해 확인하였고, 씨앗의 경우 UMS, SRS, 3-methyl nonane의 영향으로 인해 다른 두 샘플과 분리되는 결과를 나타내었다. Table 1에서 3-methyl nonane은 무취의 특성을 나타내었고 모든 샘플 중 씨앗에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 그리고 UMS와 SRS 또한 씨앗에서 가장 높은 센서값을 나타내었다(Fig. 1). 줄기는 α -pinene에 의해 제4사분면에 위치하였고, 모든 샘플 중 가장 높은 α -pinene 함량을 나타내었다. 전자코 분석 결과 α -pinene은 식물 향과 신선한 향을 가지는 특성을 나타내었다. 구근은 제1사분면에 위치하였다. 맛 성분의 경우 STS가 variable로 확인되었고, 향기 성분의 경우 d -valerolactone, *trans*-anethole, 2-octanone, 3-mercapto-2-pentanone가 variables로 확인되었다. 앞선 맛 성분(STS) 및 향기 성분들은 구근에서 가장 높은 함량을 나타내었고, horse-radish, earthy, anise, herbaceous와 같은 향기 활성을 나타내었다. 이를 통해 구근에서 d -valerolactone, *trans*-anethole, 2-octanone, 3-mercapto-2-pentanone의 함량은 맛 성분(STS)의 센서값에 영향을 줄 수 있다고 판단된다. 앞선 Kim(2018)의 연구에서 GC/MS 분석 및 관능평가를 통해 시판 중인 오렌지 주스의 향기 성분과 맛 특성을 확인하였고, 향기 성분 결과와 개별 오렌지 주스의 맛 특성에 대한 높은 양의 상관관계를 확인하였다. 그리고 Kim 등 (2019)의 연구에서 로스팅 과정에 따른 백하수오의 맛 성분 결과를 이용한 판별분석을 통해 각각의 샘플 간의 유사도를 확인하였고, Boo 등(2020)의 연구에서 총 15종의 국, 탕,

Table 1. Volatile compounds in three parts of funnel using electronic nose (Peak area $\times 10^3$)

Compounds	RT ¹⁾ (RI ²⁾	Sensory description	Stem	Bulb	Seed
Methyl formate	15.94 (409)	Fruity, plum	2.40 $\pm$ 0.51	4.23 $\pm$ 1.07	10.78 $\pm$ 0.27
Trimethylamine	17.75 (444)	Amine, pungent	0.72 $\pm$ 0.38	0.55 $\pm$ 0.01	16.33 $\pm$ 0.04
Propan-2-one	19.14 (470)	Apple, fruity, pear	0.62 $\pm$ 0.05	0.62 $\pm$ 0.01	5.49 $\pm$ 0.02
Isoamyl acetate	64.12 (875)	Apple, fruity, sweet	0.09 $\pm$ 0.02	0.18 $\pm$ 0.05	0.16 $\pm$ 0.01
3-Mercapto-2-pentanone	69.71 (899)	Horse-radish, meaty, onion	0.29 $\pm$ 0.05	0.41 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.07
α -Pinene	76.96 (942)	Fresh, herbaceous	27.11 $\pm$ 22.93	16.37 $\pm$ 5.63	0.33 $\pm$ 0.02
β -Pinene	79.77 (958)	Green, hay, pine	0.80 $\pm$ 0.53	1.53 $\pm$ 0.86	0.21 $\pm$ 0.02
3-Methyl nonane	81.59 (969)	Odorless	0.12 $\pm$ 0.04	0.09 $\pm$ 0.03	0.21 $\pm$ 0.01
d -Valerolactone	83.47 (981)	Odorless	1.19 $\pm$ 0.78	2.18 $\pm$ 0.75	0.23 $\pm$ 0.02
2-Octanone	85.22 (992)	Apple, earthy, green	9.26 $\pm$ 6.76	18.03 $\pm$ 7.98	0.59 $\pm$ 0.02
2,4-Heptadienal	89.02 (1,013)	Cinnamon, fatty	0.44 $\pm$ 0.27	1.08 $\pm$ 0.46	0.51 $\pm$ 0.06
β -Phallandrene	93.14 (1,038)	Fruity, herbaceous, minty	295.67 $\pm$ 197.57	825.72 $\pm$ 407.98	7.43 $\pm$ 0.76
2-Octanal	97.76 (1,067)	Earthy, fatty, fruity	3.50 $\pm$ 2.10	10.84 $\pm$ 5.84	0.08 $\pm$ 0.01
d -Hexalactone	99.61 (1,078)	Coconut, creamy, fruity	0.05 $\pm$ 0.05	0.05 $\pm$ 0.05	0.08 $\pm$ 0.01
Fenchol	103.13 (1,113)	Anise, camphor, earthy	1.31 $\pm$ 0.54	2.86 $\pm$ 1.50	10.67 $\pm$ 0.38
1-Octanthiol	108.56 (1,122)	Mile, sulfurous	6.69 $\pm$ 4.62	13.65 $\pm$ 6.88	0.16 $\pm$ 0.02
Linden ether	125.23 (1,252)	Floral, minty	17.39 $\pm$ 8.74	32.52 $\pm$ 21.69	9.66 $\pm$ 0.28
<i>trans</i> -Anethole	133.81 (1,310)	Anise, herbaceous	132.93 $\pm$ 69.62	164.19 $\pm$ 58.22	43.89 $\pm$ 1.43
Tebuthiuron	158.71 (1,501)	Faint, musty	1.01 $\pm$ 0.20	2.05 $\pm$ 0.99	0.84 $\pm$ 0.05
4-Undecanolide	172.13 (1,592)	Coconut, creamy, fatty	0.48 $\pm$ 0.17	0.58 $\pm$ 0.11	0.20 $\pm$ 0.06

Data are given as mean $\pm$ SD values from experiments performed in triplicate.

¹⁾RT: retention time (min). ²⁾RI: retention index.

Fig. 2. PCA bi-plot of taste and flavor pattern in three parts of fennel using electronic tongue and electronic nose. Red color with symbol (*) corresponds five taste properties.

찌개류의 전자혀 맛 성분 결과를 통해 주성분 분석을 진행하였다. 그리고 Dong 등(2017)의 연구에서 전자혀시스템을 이용하여 국내산 수삼과 중국산 수삼의 원산지 판별을 진행하였으며, Kim 등(2016)의 연구에서는 전자코를 이용하여 시판된 증류주 샘플들의 분석을 진행하였고 개별 샘플들의 향미 특성 결과를 이용하여 판별 분석을 진행하였다.

GC/MSD를 이용한 향기 성분 분석

GC/MSD를 통한 회향의 부위별 휘발성 향기 성분의 분석 결과는 Table 2에 나타내었다. 회향의 줄기에서는 acids와 esters류 6종, alcohols류 6종, aldehydes류 15종, hydrocarbons류 43종, heterocyclics류 4종, 그리고 ketones류 7종으로 총 81종의 휘발성 향기 성분이 확인되었고, 구근에서는 acids와 esters류 2종, alcohols류 1종, aldehydes류 5종, hydrocarbons류 40종, 그리고 ketone류 1종으로 총 50종의 휘발성 향기 성분이 확인되었다. 그리고 회향의 씨앗에서 acids와 esters류 2종, alcohols류 12종, aldehydes류 6종, hydrocarbons류 30종, heterocyclics류 2종, 그리고 ketones류 6종으로 총 59종의 휘발성 향기 성분이 확인되었다. 회향의 세 부위 중에서 줄기에서 가장 많은 향기 성분이 확인되었으며 구근에서 가장 적은 향기 성분이 확인되었다.

Acids와 esters류는 줄기, 구근, 씨앗에서 각각 6종, 2종, 2종의 향기 성분이 동정되었고, 줄기에서 가장 많은 종류의 acids와 esters류를 확인하였다. 모든 샘플에서 공통으로 acids와 esters류의 향기 성분 중 fenchyl acetate가 가장

높은 함량을 나타내었고, 줄기, 구근, 씨앗에서 각각 $122.55 \pm 129.67 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, $43.77 \pm 1.00 \mu\text{g}/100 \text{ g}$, $16.37 \pm 1.38 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 의 함량을 나타내었다. Fenchyl acetate는 Sharopov 등(2017)의 연구에서 GC/MSD 분석을 통해 회향의 향기 성분 중 하나로서 전체적으로 0.48%의 비율을 차지하였으며, 다른 향기 성분들에 비해 상대적으로 낮은 함량을 나타내었다. 그리고 Maikhunthod와 Marriott(2013)의 연구에서 건조된 펜넬 씨앗의 주요 향기 성분으로 홉과 풀 냄새를 묘사한다고 보고하였다.

Alcohols류는 줄기, 구근, 씨앗에서 각각 6종, 1종, 12종의 향기 성분이 동정되었고, 씨앗, 줄기, 구근 순으로 많은 종류의 alcohols류가 확인되었다. 씨앗에서 alcohols류는 hydrocarbons류 다음으로 많은 향기 성분이 확인되었고, 줄기와 구근에서는 발견되지 않는 dihydrocarveol과 methyleugenol이 각각 $38.88 \pm 3.44 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 과 $18.95 \pm 2.57 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 검출되었다. 반면 *trans-p*-mentha-1(7),8-dien-2-ol은 씨앗과 구근에서는 발견되지 않았지만, 회향의 줄기에서 $21.79 \pm 30.82 \mu\text{g}/100 \text{ g}$ 으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Dihydrocarveol은 모노테르펜 알코올 중 하나로, 50%의 낮은 치사량(lethal dose for 50% kill; LD 50)을 가지는 carvone의 유도체 중 하나이다. Dihydrocarveol은 주로 스피아민트(*Mentha spicata*, Lamiaceae)에서 발견되며, 집먼지진드기에 효과적인 제거제로 보고되었다(Yang 등, 2014). Methyleugenol은 식품의 향기를 나타내는 향기 성분 중 하나로, 주로 사탕, 젤리, 로션 등의 향료로 사용된다(Abdo 등, 2001). 최근 Abdo 등(2001)의 연구에서 곤충

Table 2. Volatile compounds in three parts of fennel using GC/MS

Volatile compounds	RT ¹⁾ (min)	RI ²⁾	Stem	Bulb	Seed	I.D. ³⁾
			(µg/100 g)			
Acids and esters (7)						
Ethyl acetate	4.39	<800	0.57±0.81	ND ⁴⁾	ND	MS/RI
Ethyl (N-ethoxy)phenylacetimidate	10.49	885	0.07±0.10	ND	ND	MS
Hexanoic acid	14.38	999	ND	ND	2.37±3.35	MS
Isopentyl 2-methylbutanoate	18.12	1,120	1.11±1.57	3.20±0.13	ND	MS
Fenchyl acetate	21.53	1,238	122.55±129.67	43.77±1.00	16.37±1.38	MS
Butanoic acid, 2-ethylhexyl ester	24.18	1,336	1.90±2.69	ND	ND	MS
8-Methyl-9-tetradecen-1-ol acetate	30.49	1,592	4.89±6.92	ND	ND	MS
Alcohols (19)						
<i>p</i> -Xylol	10.66	889	0.10±0.14	ND	ND	MS
<i>m</i> -Xylol	10.69	890	0.29±0.41	ND	ND	MS
Phenol	14.32	997	0.60±0.85	ND	ND	MS/RI
Benzenemethanol	16.02	1,053	ND	ND	7.90±1.47	MS
2-Octen-1-ol	17.04	1,084	ND	ND	2.95±1.22	MS
Pinol	17.19	1,088	1.01±1.43	ND	ND	MS
Linalool	17.99	1,115	ND	ND	8.57±0.82	MS/RI
Camphor	19.39	1,164	ND	ND	8.09±0.94	MS/RI
<i>endo</i> -Borneol	20.02	1,184	ND	ND	4.95±0.92	MS/RI
Menthol	20.18	1,189	ND	ND	1.77±2.51	MS/RI
1-Terpinen-4-ol	20.32	1,194	ND	ND	6.87±0.89	MS/RI
β -Fenchyl alcohol	20.72	1,208	ND	ND	4.73±0.27	MS
<i>trans</i> -Carveol	21.51	1,237	ND	ND	5.94±8.40	MS
<i>trans-p</i> -Mentha-1(7),8-dien-2-ol	21.77	1,247	21.79±30.82	ND	ND	MS
Dihydrocarveol	21.78	1,248	ND	ND	38.88±3.44	MS
6-Methyl-4-indanol	23.14	1,296	ND	0.09±0.13	ND	MS
2-Allyl-4-methylphenol	24.74	1,358	0.39±0.55	ND	ND	MS
Eugenol	25.21	1,376	ND	ND	2.22±0.33	MS/RI
Methyleugenol	26.32	1,419	ND	ND	18.95±2.57	MS
Aldehydes (16)						
Hexanal	8.07	812	0.89±12.58	ND	1.42±2.01	MS/RI
2-Hexenal	10.16	876	0.64±0.90	ND	ND	MS/RI
Heptanal	11.68	920	0.88±1.24	ND	ND	MS/RI
2-Heptenal	13.51	975	0.80±2.55	ND	7.24±1.42	MS
Benzaldehyde	13.67	979	12.85±8.61	ND	6.88±0.85	MS/RI
2-Amylfuran	14.66	1,008	5.01±7.09	ND	ND	MS
2-Octenal	16.71	1,074	3.51±4.96	ND	ND	MS/RI
α -Campholenal	18.82	1,145	1.45±2.05	43.78±1.17	ND	MS
2-Nonenal	19.73	1,175	2.15±3.05	0.63±0.89	ND	MS/RI
3-Ethylbenzaldehyde	19.89	1,180	9.81±4.38	ND	ND	MS
Cinnamaldehyde	20.44	1,197	0.97±1.37	ND	ND	MS
2-Methyl-3-phenylpropanal	22.09	1,259	132.53±29.74	ND	ND	MS
Cuminic aldehyde	22.13	1,260	ND	ND	132.38±9.68	MS
<i>p</i> -Anisic aldehyde	22.73	1,281	280.93±26.77	9.49±13.42	233.10±19.48	MS
4-(1-Methylethenyl)-1-cyclohexene-1-carboxaldehyde	23.03	1,292	2.48±3.51	0.32±0.45	ND	MS
4-Methoxycinnamaldehyde	30.95	1,612	1.27±1.79	4.08±4.71	0.30±0.42	MS
Hydrocarbons (70)						
Toluene	7.52	<800	0.25±0.36	ND	ND	MS/RI
Ethoxymethyl-benzene	7.63	<800	0.37±0.53	ND	ND	MS
1,3,5,7-Cyclooctatetraene	11.42	911	1.67±2.16	ND	ND	MS
Ethenylbenzene	11.43	912	ND	0.24±0.34	0.47±0.67	MS
Methoxy benzene	12.24	937	1.00±0.60	ND	1.65±0.12	MS
α -Pinene	12.46	944	57.23±20.35	32.59±5.39	2.65±1.88	MS/RI
Phellandrene	12.56	947	0.44±0.62	0.28±0.39	ND	MS
<i>trans</i> -Ocimene	12.96	959	0.22±0.30	ND	ND	MS
δ -3-Carene	13.10	963	0.15±0.21	ND	ND	MS/RI
Camphene	13.26	968	1.87±0.46	2.26±0.01	0.10±0.14	MS/RI

Table 2. Continued

Volatile compounds	RT (min)	RI	Stem	Bulb	Seed	I.D.
				($\mu\text{g}/100\text{ g}$)		
Sabinene	13.85	984	1.21 $\pm$ 0.16	1.37 $\pm$ 0.40	0.32 $\pm$ 0.45	MS/RI
β -Pinene	13.96	987	8.35 $\pm$ 2.14	3.41 $\pm$ 0.40	ND	MS/RI
Benzonitrile	14.44	1,000	0.43 $\pm$ 2.02	ND	ND	MS
β -Myrcene	14.52	1,003	ND	37.39 $\pm$ 3.37	0.79 $\pm$ 1.12	MS
1,2,4-Trimethylbenzene	14.73	1,010	1.56 $\pm$ 2.20	ND	ND	MS
Mentha-1,4,8-triene	15.09	1,022	9.77 $\pm$ 1.86	11.85 $\pm$ 0.87	6.36 $\pm$ 1.28	MS
Cymenene	15.33	1,030	0.26 $\pm$ 0.37	ND	3.93 $\pm$ 0.50	MS
1,5,5-Trimethyl-6-methylene-cyclohexene	15.40	1,033	0.07 $\pm$ 0.10	ND	ND	MS
α -Terpinene	15.47	1,035	0.54 $\pm$ 0.77	7.13 $\pm$ 0.45	1.99 $\pm$ 0.47	MS/RI
<i>p</i> -Cymene	15.55	1,038	5.09 $\pm$ 7.20	3.90 $\pm$ 0.62	14.52 $\pm$ 0.68	MS/RI
Limonene	15.72	1,043	1,031.68 $\pm$ 535.87	2,727.81 $\pm$ 265.97	32.53 $\pm$ 3.61	MS/RI
Ocimene	16.11	1,056	ND	45.40 $\pm$ 9.81	ND	MS/RI
γ -Terpinene	16.66	1,073	1.45 $\pm$ 2.05	32.89 $\pm$ 3.75	4.46 $\pm$ 1.33	MS/RI
<i>m</i> -Mentha-6,8-diene	16.95	1,081	ND	14.77 $\pm$ 20.71	ND	MS/RI
Fenchene	17.10	1,086	ND	2.09 $\pm$ 0.08	ND	MS
<i>trans</i> -Isolimonene	17.11	1,086	1.02 $\pm$ 1.44	ND	ND	MS
Pentylcyclopropane	17.12	1,087	ND	ND	2.63 $\pm$ 3.72	MS
1-Ethenyl-3-ethyl-bezene	17.57	1,099	23.68 $\pm$ 33.49	ND	ND	MS
<i>p</i> -Cymenene	17.69	1,104	31.76 $\pm$ 44.92	17.77 $\pm$ 25.13	ND	MS
<i>p</i> -Ethylstyrene	17.80	1,108	2.34 $\pm$ 3.30	ND	ND	MS
<i>o</i> -Allyltoluene	17.90	1,112	ND	1.55 $\pm$ 1.84	ND	MS
1-Phenyl-2-butene	17.97	1,114	1.26 $\pm$ 1.78	1.36 $\pm$ 1.93	ND	MS
<i>p</i> -Mentha-1,3,8-triene	18.39	1,129	ND	3.39 $\pm$ 2.37	0.93 $\pm$ 1.32	MS
1,4-Divinyl benzene	18.80	1,144	0.91 $\pm$ 1.29	ND	ND	MS
5-Methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene	18.84	1,145	ND	ND	0.60 $\pm$ 0.16	MS
4-Acetyl-1-methylcyclohexene	18.95	1,148	9.07 $\pm$ 2.02	ND	ND	MS
Limonene oxide	19.03	1,151	239.04 $\pm$ 200.34	ND	ND	MS/RI
3-Ethylidene-1-methyl-1,4-cycloheptadiene	19.11	1,154	ND	1.17 $\pm$ 0.10	ND	MS
2,6-Dimethyl-2,4,6-octatriene	19.22	1,158	ND	2.88 $\pm$ 4.07	ND	MS
1,4-Dimethoxybenzene	19.90	1,180	ND	ND	4.98 $\pm$ 0.84	MS
1-Methylnorbornene	20.24	1,184	ND	0.23 $\pm$ 0.33	ND	MS
Naphthalene	20.54	1,187	ND	1.70 $\pm$ 0.27	ND	MS
4,5-epoxy-1-isopropyl-4-methyl-1-cyclohexene	20.62	1,192	2.92 $\pm$ 4.14	ND	ND	MS
Estragole	20.90	1,215	122.63 $\pm$ 60.76	376.00 $\pm$ 314.53	356.79 $\pm$ 27.13	MS
<i>p</i> -Propylanisole	21.11	1,223	33.54 $\pm$ 47.44	6.72 $\pm$ 2.31	15.20 $\pm$ 21.49	MS
<i>trans</i> -Anethole	21.70	1,244	134.81 $\pm$ 149.79	8,392.25 $\pm$ 6,598.44	5,212.71 $\pm$ 59.96	MS
3,5-Dimethoxytoluene	22.75	1,282	7.43 $\pm$ 2.99	ND	ND	MS
<i>p</i> -Anisyl nitrile	22.98	1,290	6.93 $\pm$ 9.80	ND	ND	MS
2,4,6,8-Undecatetraene	23.07	1,293	ND	0.32 $\pm$ 0.45	ND	MS
2-Methylnaphthalene	24.02	1,330	2.97 $\pm$ 0.28	3.96 $\pm$ 5.61	ND	MS
1-Ethyl-4-(1-methylethyl)-benzene	24.70	1,357	0.91 $\pm$ 1.29	ND	ND	MS
δ -Elemene	24.71	1,357	ND	ND	5.94 $\pm$ 0.79	MS/RI
2,6-Dimethyl 2,6-octadiene	24.96	1,366	ND	2.13 $\pm$ 3.01	ND	MS
Farnesene	25.51	1,387	0.85 $\pm$ 1.20	ND	ND	MS
α -Copaene	25.70	1,394	7.31 $\pm$ 5.73	24.61 $\pm$ 21.34	12.11 $\pm$ 0.99	MS/RI
1,3-Dimethyl-naphthalene	26.78	1,438	0.95 $\pm$ 1.34	ND	0.86 $\pm$ 1.22	MS
β -copaene	27.05	1,449	ND	0.89 $\pm$ 1.26	ND	MS
Alloaromadendrene	28.17	1,494	ND	ND	2.64 $\pm$ 3.74	MS/RI
α -Gurjunene	28.11	1,492	ND	2.05 $\pm$ 1.44	ND	MS
α -Amorphene	28.18	1,494	0.66 $\pm$ 0.93	1.43 $\pm$ 2.02	0.93 $\pm$ 0.30	MS
α -Curcumene	28.26	1,497	ND	ND	3.45 $\pm$ 0.66	MS
β -Farnesene	28.35	1,501	0.60 $\pm$ 0.85	4.11 $\pm$ 1.76	ND	MS
β -Selinene	28.46	1,506	ND	ND	3.22 $\pm$ 1.05	MS
γ -Selinene	28.66	1,515	ND	ND	1.60 $\pm$ 2.27	MS
α -Murolene	28.73	1,517	1.09 $\pm$ 1.54	4.38 $\pm$ 0.84	1.77 $\pm$ 0.76	MS/RI

Table 2. Continued

Volatile compounds	RT (min)	RI	Stem	Bulb	Seed	I.D.
				($\mu\text{g}/100\text{ g}$)		
β -Bisabolene	28.87	1,524	3.33 $\pm$ 0.37	7.11 $\pm$ 3.54	2.33 $\pm$ 0.85	MS/RI
γ -Cadinene	29.08	1,533	ND	3.82 $\pm$ 0.71	ND	MS/RI
δ -Cadinene	29.26	1,541	ND	12.00 $\pm$ 3.34	2.75 $\pm$ 3.90	MS/RI
Aromadendrene	29.62	1,556	ND	2.06 $\pm$ 0.35	ND	MS
α -Calacorene	29.77	1,562	ND	2.00 $\pm$ 0.31	ND	MS
Heterocyclics (6)						
1,4-Oxathiane	3.76	<800	0.21 $\pm$ 0.30	ND	ND	MS
N-Ethyl-1,3-dithioisindoline	8.88	839	0.24 $\pm$ 0.09	ND	ND	MS
7-Ethyl-6-methyl-5-methylthiopyrazolo [1,5-a]pyrimidine	11.08	899	ND	ND	0.02 $\pm$ 0.04	MS
2-(N-Methyl-N-phenylamino)benzonitrile	11.15	902	0.06 $\pm$ 0.08	ND	ND	MS
2-Formyl-5-(2,5-difluorophenyl)furan	12.11	933	ND	ND	0.21 $\pm$ 0.30	MS
4-(o-Chlorophenyl)-2,6-diphenylpyridine	22.31	1,267	0.58 $\pm$ 0.82	ND	ND	MS
Ketones (10)						
6-Methyl-5-hepten-2-one	14.50	1,002	ND	ND	6.91 $\pm$ 2.51	MS
Fenchone	17.72	1,105	14.61 $\pm$ 6.90	ND	153.02 $\pm$ 10.31	MS
5-Methylcyclonon-5-en-1-one	19.80	1,177	0.44 $\pm$ 0.62	ND	ND	MS
3-Methylacetophenone	20.53	1,180	2.82 $\pm$ 3.99	ND	ND	MS
2-Methyl-5-(1-methylethenyl)-2- cyclohexen-1-one	22.19	1,262	23.00 $\pm$ 5.65	ND	ND	MS
Carvone	22.24	1,264	ND	ND	164.97 $\pm$ 13.34	MS
3-Methoxyacetophenone	25.13	1,373	ND	ND	3.75 $\pm$ 0.75	MS
α -Ionone	26.96	1,446	0.50 $\pm$ 0.70	ND	ND	MS/RI
1-(4-Methoxyphenyl)-1-propanone	27.59	1,471	3.94 $\pm$ 0.70	0.63 $\pm$ 0.89	14.62 $\pm$ 4.35	MS
β -Ionone	28.42	1,504	3.83 $\pm$ 2.00	ND	2.68 $\pm$ 0.72	MS/RI

Data are given as mean $\pm$ SD values from experiments performed in duplicate.

¹⁾RT: retention time.

²⁾RI: retention index.

³⁾I.D.: identification based on retention index and on comparison of mass spectra (MS).

⁴⁾ND: not detected.

박멸 효과 및 설치류의 마취 효과를 나타낸다고 보고하였다. *trans-p*-Mentha-1(7),8-dien-2-ol은 *Cymbopogon giganteus*의 주요 성분 중 하나로, 이러한 *Cymbopogon giganteus*는 항진균 효과를 가진다고 보고되었다(Bassolé 등, 2011).

Aldehydes류는 줄기에서 15종, 구근에서 5종, 씨앗에서 6종이 동정되었다. 줄기에서만 2-methyl-3-phenylpropanal이 132.53 $\pm$ 29.74 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 발견되었고, 씨앗에서는 cuminic aldehyde가 132.38 $\pm$ 9.68 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 발견되었다. 구근에서 가장 높은 함량을 나타내는 향기 성분인 α -campholenal은 43.78 $\pm$ 1.17 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 모든 샘플에서 가장 높은 함량을 나타내었다(Ben-Khalifa 등, 2018). 2-Methyl-3-phenylpropanal은 튀니지산 커민(*Cuminum cyminum*)에서 34.2%의 높은 비율을 나타내는 향기 성분이며, 높은 살충 효과를 가지고 있다. Cuminic aldehyde는 터키산 커민(*C. cyminum*)에서 주로 발견되며 커민 특유의 매운 향을 나타낸다고 알려져 있다. 그리고 약리학적 기능으로는 인슐린의 분비량을 증가시키는 효과를 가지고 있다(Elmassry 등, 2018; Al-Snafi, 2016). α -Campholenal은 코냑 와인에서 발견되는 주요 향기 성분 중 하나로 천연 백

단향을 묘사하는 모노테르펜으로 분류된다(Thibaud 등, 2020).

Hydrocarbons류는 줄기, 구근, 씨앗에서 각각 43종, 40종, 30종으로 나머지 향기 성분 그룹 중에서 가장 많은 수의 향기 성분이 검출되었다. Hydrocarbons류 중에서 limonene이 줄기와 구근에서 각각 1,031.68 $\pm$ 535.87 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 과 2,727.81 $\pm$ 265.97 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 높은 함량을 나타내었고, 씨앗에서는 32.53 $\pm$ 3.61 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 으로 상대적으로 낮은 함량을 나타내었다. 그리고 estragole이 모든 샘플에서 공통으로 높은 함량으로 검출되었고, 구근, 씨앗, 줄기 순으로 높은 함량을 나타내었다. Limonene은 대표적인 hydrocarbons류 중 하나로 꽃향기와 풀냄새를 묘사하는 향기 성분으로 알려져 있다. 최근 Kim 등(2019)의 연구에서 사람의 후각을 이용해 확인한 결과 백하수오의 향기 성분들에서 limonene이 꽃향기와 사과향의 향기를 내는 향기 성분으로 확인되었다. Estragole은 천연 유기 화합물로 회향의 주요 향기 성분으로 알려져 있다. Estragole은 회향에서 가장 많은 함량을 가지는 향기 성분인 *trans*-anethole의 이성질체 중 하나로 향료로 많이 사용되고 있다(Elmassry 등, 2018).

Heterocyclics류는 줄기와 씨앗에서 각각 4종과 2종이

검출되었고 구근에서는 heterocyclics류가 검출되지 않았다. 회향의 줄기와 씨앗에서 공통으로 검출된 heterocyclics류는 없었으며, 각각 1종의 pyridine 유도체 또는 furan과 indoline 유도체가 검출되었다. Pyridine, furan, indoline과 이와 관련된 유도체들은 대표적인 질소화합물 중 하나이며, 견과류와 커피 등의 식품에서 향의 품질을 결정하는 중요한 요소로 알려져 있다(Elmassry 등, 2018; Kim 등, 2019).

Ketones류는 회향의 줄기에서 7종, 구근에서 1종, 씨앗에서 6종의 향기 성분이 동정되었고, 이 중 fenchone과 carvone이 씨앗에서 각각 153.02 ± 10.31 $\mu\text{g}/100$ g과 164.97 ± 13.34 $\mu\text{g}/100$ g으로 높은 함량을 나타내었다. Fenchone과 carvone은 회향의 주요 향기 성분으로 알려져 있고 회향 이외에도 다양한 허브 및 약용작물의 향기 성분으로 포함되어 있다(Elmassry 등, 2018; Hong 등, 2020a; Kim 등, 2019). Fenchone은 풀냄새와 회향의 냄새를 묘사하는 것으로 보고되었고(Diaz-Maroto 등, 2006; Maikhunthod와 Marriott, 2013), carvone은 파출리(*Pogostemon cablin* Benth.) 에센셜 오일에서 높은 강도의 민트향을 나타내는 특성이 있다(Hong 등, 2020a).

GC-olfactometry 분석

GC-olfactometry를 통해 회향의 줄기, 구근, 씨앗의 실제 향을 나타내는 향기 성분을 동정하였고, 관련 휘발성 향기 성분의 결과는 Table 3에 나타내었다. 실제 향을 나타내는 향 활성 화합물은 acid와 esters류 1종, alcohols류 2종, aldehyde류 1종, hydrocarbons류 3종, 그리고 ketones류 2종으로 총 9종의 향 활성 화합물을 동정하였다. 먼저, acid와 esters류에 속하는 화합물인 fenchyl acetate는 줄기에

서만 민트와 관련된 향을 발현하였다. Alcohols류의 경우 linalool과 camphor가 향 활성 화합물로 확인되었고, 두 가지 향기 성분 모두 흙과 관련된 향을 나타내었다. 앞선 두 향기 성분은 회향의 씨앗에서만 8.09 ± 0.94 $\mu\text{g}/100$ g과 4.95 ± 0.92 $\mu\text{g}/100$ g의 함량으로 검출되었으며, 나머지 두 샘플에서는 검출되지 않았다. Aldehyde류인 *p*-anisic aldehyde는 줄기와 씨앗에서 각각 3과 2의 강도를 나타내었다. 줄기에서는 꽃냄새와 관련된 향 활성을 나타내었고 씨앗에서는 회향의 향 활성을 나타내었다. Hydrocarbons류의 경우 α -pinene, 5-methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene, *trans*-anethole이 향 활성 화합물로 확인되었고, 3종류의 향기 성분 모두 회향의 향을 발현하였다. 이 중 *trans*-anethole이 세 종류의 샘플에서 공통으로 발견되었다. Ketones류에서 6-methyl-5-hepten-2-one과 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-one이 향 활성을 나타내었고, 각각 씨앗과 줄기에서 회향과 민트의 향을 묘사하였다.

GC-olfactometry를 통해 확인된 실제 향을 나타내는 휘발성 향기 성분인 향 활성 화합물을 분석한 결과 회향의 씨앗에서 가장 많은 종류의 향 활성 화합물이 확인되었고, 회향의 향 또한 씨앗에서 가장 많은 종류의 향 활성 화합물이 발현되었다. *p*-Anisic aldehyde는 각각의 줄기, 구근, 씨앗 샘플에서 280.93 ± 26.77 $\mu\text{g}/100$ g, 9.49 ± 13.42 $\mu\text{g}/100$ g, 233.10 ± 19.48 $\mu\text{g}/100$ g을 나타내었다. 구근의 경우 *p*-anisic aldehyde가 검출되었지만, 낮은 함량으로 인해 향 활성이 나타나지 않았다고 판단된다. 반면 씨앗에서 구근보다 상대적으로 증가한 함량으로 인해 회향의 향을 묘사했다고 생각된다. 씨앗보다 더 높은 함량을 나타낸 결과로 인해 줄기의 경우 향의 강도는 증가했지만, 회향의 향이 아닌 꽃

Table 3. Intensity of odor active compounds in three parts of fennel using GC-olfactometry (GC-O)

Odor active compounds	RT ¹⁾ (min)	RI ²⁾	Odor intensity			Odor description	I.D. ³⁾
			Stem	Bulb	Seed		
Acid and ester (1)							
Fenchyl acetate	21.53	1,238	1	ND ⁴⁾	ND	Mint	MS
Alcohols (2)							
Linalool	17.99	1,115	ND	ND	1	Soil	MS/RI
Camphor	19.39	1,164	ND	ND	1	Soil	MS/RI
Aldehyde (1)							
<i>p</i> -Anisic aldehyde	22.73	1,281	3	ND	2	Floral, fennel	MS
Hydrocarbons (3)							
α -Pinene	12.46	944	1	1	ND	Fennel	MS/RI
5-Methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene	18.84	1,145	ND	ND	2	Fennel	MS
<i>trans</i> -Anethole	21.70	1,244	1	1	1	Fennel	MS
Ketones (2)							
6-Methyl-5-hepten-2-one	14.50	1,002	ND	ND	2	Fennel	MS
2-Methyl-5-(1-methylethenyl)-2-cyclohexen-1-one	22.19	1,262	1	ND	ND	Mint	MS

Data are given as mean $\pm$ SD values from experiments performed in duplicate.

¹⁾RT: retention time.

²⁾RI: retention index.

³⁾I.D.: identification based on retention index and on comparison of mass spectra (MS).

⁴⁾ND: not detected.

냄새와 관련된 향이 발현되었다고 판단된다(Kim 등, 2019; Pang 등, 2019). α -Pinene과 *trans*-anethole은 대표적인 회향의 주요 성분으로 알려져 있고, 특히 *trans*-anethole은 회향의 약 30~50%의 비율로 가장 높은 함량을 나타내는 향기 성분으로 보고되었다. 본 연구에서 α -pinene과 *trans*-anethole 모두 회향의 향을 발현하였고, 많은 연구에서 허브와 약용식물의 주요 성분으로 보고되었다(Kim 등, 2019; Maikhunthod와 Marriott, 2013).

요 약

본 연구는 세 종류의 회향 샘플인 줄기, 구근, 그리고 씨앗의 맛 성분과 향기 성분을 전자혀, 전자코, 그리고 GC/MS를 통해 분석하였다. 전자혀시스템을 이용하여 분석한 결과 개별 샘플들의 다섯 가지 맛 성분의 차이를 확인하였고, 전자코시스템을 이용하여 향기 성분의 특성을 확인하였다. 전자혀와 전자코를 통해 확인된 맛 성분과 향기 성분의 특성을 이용하여 주성분 분석을 실시하였다. 씨앗의 경우 UMS, SRS, 3-methyl nonane의 영향으로 인해 다른 두 샘플들과 분리되었고 줄기는 α -pinene에 의해 그리고 구근은 STS *d*-valerolactone, *trans*-anethole, 2-octanone, 3-mercapto-2-pentanone에 의해 분리되는 결과를 나타내었다. GC/MS 분석을 통해 총 129개의 향기 성분을 확인하였다. 분석한 샘플 간 acids와 esters류, alcohols류, aldehydes류, hydrocarbons류, heterocyclics류, ketones류의 차이를 확인하였고, 이 중 hydrocarbons류에서 가장 많은 향기 성분이 검출되었다. GC-olfactometry를 통해 향 활성 화합물을 분석한 결과 *p*-anisic aldehyde에서 회향과 샴푸의 향 활성을 동정하였다. 그리고 α -pinene, 5-methyl-3-(1-methylethylidene)-1,4-hexadiene, *trans*-anethole에서 회향의 향 활성을 확인하였다. 회향의 향을 묘사한 향기 성분 중 구근과 씨앗에서 *trans*-anethole이 가장 높은 함량을 나타내었다. 전자코시스템을 이용하여 다변량 분석을 진행하였고 개별 샘플의 향기 성분 정보를 통해 관별분석을 진행하였다. 본 연구의 결과는 회향의 부위별 관능적 특성에 대한 기초 자료로써 활용이 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 이공학 개인기초연구지원사업(NRF-2018R1D1A1B07045431)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Abdo KM, Cunningham ML, Snell ML, Herbert RA, Travlos GS, Eldridge SR, et al. 14-Week toxicity and cell proliferation of methyleugenol administered by gavage to F344 rats and B6C3F1 mice. *Food Chem Toxicol.* 2001. 39:303-316.
- Akaberi M, Iranshahy M, Iranshahi M. Review of the traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology of giant fennel (*Ferula communis* L. subsp. *communis*). *Iran J Basic Med Sci.* 2015. 18:1050-1062.
- Al-Snafi AE. The pharmacological activities of *Cuminum cyminum*—a review. *IOSR J Pharm.* 2016. 6:46-65.
- Basaglia G, Fiori J, Leoni A, Gotti R. Determination of estragole in fennel herbal teas by HS-SPME and GC-MS. *Anal Lett.* 2013. 47:268-279.
- Bassolé IHN, Lamien-Meda A, Bayala B, Obame LC, Ilboudo AJ, Franz C, et al. Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon citratus* and *Cymbopogon giganteus* essential oils alone and in combination. *Phytomedicine.* 2011. 18:1070-1074.
- Ben-Khalifa NE, Chaieb I, Laarif A, Haouala R. Insecticidal activity of six *Apiaceae* essential oils against *Spodoptera littoralis* Biosduval (Lepidoptera: noctuidae). *J New Sci.* 2018. 55:3603-3609.
- Boo CG, Hong SJ, Cho JJ, Shin EC. Electronic sensors and multivariate approaches for taste and odor in Korean soups and stew. *J Food Hyg Saf.* 2020. 35:430-437.
- Carrubba A, la-Torre R, Di Prima A, Saiano F, Alonzo G. Variations in the volatile compounds of a fennel (*Foeniculum Vulgare* Mill.) variety grown in a semi-arid mediterranean environment. *J Essent Oil-Bear Plants.* 2005. 8:275-288.
- Cho JJ, Hong SJ, Boo CG, Youn MY, Lee SM, Shin EC. Comparison between Asiatic jasmine and white-flower Asian jasmine in quality characteristics during the parching process. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:704-715.
- Diaz-Maroto MC, Pérez-Coello MS, Esteban J, Sanz J. Comparison of the volatile composition of wild fennel samples (*Foeniculum vulgare* Mill.) from Central Spain. *J Agric Food Chem.* 2006. 54:6814-6818.
- Dong H, Moon JY, Lee SH. Discrimination of geographical origins of raw ginseng using the electronic tongue. *Korean J Food Sci Technol.* 2017. 49:349-354.
- Elmassry MM, Kormod L, Labib RM, Farag MA. Metabolome based volatiles mapping of roasted umbelliferous fruits aroma via HS-SPME GC/MS and peroxide levels analyses. *J Chromatogr B.* 2018. 1099:117-126.
- He W, Huang BK. A review of chemistry and bioactivities of a medicinal spice: *Foeniculum vulgare*. *J Med Plant Res.* 2011. 5:3595-3600.
- Hong SJ, Cho J, Boo CG, Youn MY, Pan JH, Kim JK, et al. Inhalation of patchouli (*Pogostemon Cablin* Benth.) essential oil improved metabolic parameters in obesity-induced Sprague Dawley rats. *Nutrients.* 2020a. 12:2077. <https://doi.org/10.3390/nu12072077>
- Hong SJ, Cho JJ, Boo CG, Youn MY, Lee SM, Shin EC. Comparison of physicochemical and sensory properties of bean sprout and peanut sprout extracts, subsequent to roasting. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020b. 49:356-369.
- Jo Y, Gu SY, Chung N, Gao Y, Kim HJ, Jeong MH, et al. Comparative analysis of sensory profiles of commercial cider vinegars from Korea, China, Japan, and US by SPME/GC-MS, E-nose, and E-tongue. *Korean J Food Sci Technol.* 2016. 48:430-436.
- Kang NH, Mukherjee S, Min T, Kang SC, Yun JW. *Trans*-anethole ameliorates obesity via induction of browning in white adipocytes and activation of brown adipocytes. *Biochimie.* 2018. 151:1-13.
- Kim D, Lee JT, Hong SJ, Cho JJ, Shin EC. Thermal cycled effect of comprehensive changes in the flavor/taste of *Cynanchi wilfordii*. *J Food Sci.* 2019. 84:2831-2839.

- Kim JS, Jung HY, Park EY, Noh BS. Flavor analysis of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. *Korean J Food Sci Technol*. 2016. 48:117-121.
- Kim MK, Jung HW, Lee KG. Sensory and instrumental volatile flavor analysis of commercial orange juices prepared by different processing methods. *Food Chem*. 2018. 267:217-222.
- Li M, Yang R, Zhang H, Wang S, Chen D, Lin S. Development of a flavor fingerprint by HS-GC-IMS with PCA for volatile compounds of *Tricholoma matsutake* Singer. *Food Chem*. 2019. 290:32-39.
- Liu D, Li S, Wang N, Deng Y, Sha L, Gai S, et al. Evolution of taste compounds of Dezhou-braised chicken during cooking evaluated by chemical analysis and an electronic tongue system. *J Food Sci*. 2017. 82:1076-1082.
- Maikhunthod B, Marriott PJ. Aroma-impact compounds in dried spice as a quality index using solid phase microextraction with olfactometry and comprehensive two-dimensional gas chromatography. *Food Chem*. 2013. 141:4324-4332.
- Majchrzak T, Wojnowski W, Dymerski T, Gębicki J, Namieśnik J. Electronic noses in classification and quality control of edible oils: a review. *Food Chem*. 2018. 246:192-201.
- Pang X, Yu W, Cao C, Yuan X, Qiu J, Kong F, et al. Comparison of potent odorants in raw and ripened Pu-Erh tea infusion based on odor activity value calculation and multivariate analysis: understanding the role of pile fermentation. *J Agric Food Chem*. 2019. 67:13139-13149.
- Park SW, Sim YS, Choi JY, Park EY, Noh BS. Electronic nose analysis of ethanol in gochujang for halal food certification. *Korean J Food Sci Technol*. 2016. 48:193-200.
- Pennazza G, Fanali C, Santonico M, Dugo L, Cucchiari L, Dachà M, et al. Electronic nose and GC-MS analysis of volatile compounds in *Tuber magnatum* Pico: evaluation of different storage conditions. *Food Chem*. 2013. 136:668-674.
- Punetha D, Tewari G, Pande C, Bhatt S. Effect of climatic conditions on the volatile compounds of the aerial parts of *Foeniculum vulgare* Mill.. *J Essent Oil-Bear Plants*. 2019. 22: 1093-1103.
- Thibaud F, Courregelongue M, Darriet P. Contribution of volatile odorous terpenoid compounds to aged cognac spirits aroma in a context of multicomponent odor mixtures. *J Agric Food Chem*. 2020. 68:13310-13318.
- Yang JY, Kim MG, Lee SE, Lee HS. Acaricidal activities against house dust mites of spearmint oil and its constituents. *Planta Med*. 2014. 80:165-170.