pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 35, No. 5, pp. 430~437 (2020)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2020.35.5.430

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

전자센서와 다변량 분석을 이용한 국내 국·탕류의 향미 특성 분석

부창국 · 홍성준 · 조진주 · 신의철*
경남과학기술대학교 식품과학부

Electronic Sensors and Multivariate Approaches for Taste and Odor in Korean Soups and Stews

Chang Guk Boo, Seong Jun Hong, Jin-Ju Cho, Eui-Cheol Shin*
Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju, Korea

(Received July 17, 2020/Revised August 14, 2020/Accepted August 24, 2020)

ABSTRACT - This is an approach study on the sensory properties (taste and odor) of 15 types of Korean conventional soups and stews using electronic nose and tongue. The relative sensor intensity for the taste components of the samples using electronic tongue was demonstrated. By SRS (sourness) sensor, sogogi-baechuguk (beef and cabbage soup) had the highest rate of 9.0. The STS (saltiness) sensor showed the highest score of 8.2 for ojingeoguk (squid soup). For the UMS (umami) sensor, which identifies savoriness, the sogogi-baechuguk was the highest at 10.1. The SWS (sweetness) sensors showed relatively little difference, with sigeumchi-doenjangguk (spinach and bean paste soup) at the highest of 7.3. According to the BRS sensor, which tests for bitterness, the siraegi-doenjangguk (dried radish green and bean paste soup) was the highest at 7.8. By principal component analysis (PCA), we observed variances of 56.21% in principal component 1 (PC1) and 25.23% in PC2. For each flavor component, we observed -0.95 and -0.20 for factor loading of PC1 and PC2 for SRS sensors, 0.96 and 0.14 for STS sensors, and -0.94 and 0.22 for PC1 and PC2 for UMS sensors, and PC1 and 0.22 for PC1 and PC2 loading for SWS sensors. The similarity between the samples identified by clustering analysis was largely identified by 4 clusters. A total of 25 kinds of volatile compounds in 15 samples were identified, and the ones showing the highest relative content in all samples were identified as ethanol and 2-methylthiophhene. The main ingredient analysis confirmed variances of 28.54% in PC1 and 20.80% in PC2 as a result of the pattern for volatile compounds in 15 samples. In the cluster analysis, it was found to be largely classified into 3 clusters. The data in this study can be used for a sensory property database of conventional Korean soups and stews using electronic sensors.

Key words : Electronic tongue, Electronic nose, Taste, Odor, Multivariate analysis

인간은 생명현상을 영위하기 위해 항상 신체 외부로부터 필요한 영양소를 공급 받아야 하며 이러한 외부 영양소는 우리 몸속에서 필요한 역할을 수행하게 된다. 하지만 이러한 과정에서 필수적으로 요구되는 것이 바로 인체의 감각 특히 미각과 후각을 통해 체내에서 유해한 것인지에 대한 판단을 하게 되는 것이다. 결국은 어떤 영양소를 가진 물질의 섭취를 판단하는 기준은 맛과 향이다[1,2]. 소비자에게 식품의 맛과 향은 해당 식품을 선택하는데 매우 중요한 요소이며, 그로인해 식품산업에서는 식품이 가진 고유한 맛과 향을 최적의 상태로 유지하려는 노력을 기울이고 있다. 식품을 가공하는 과정에서 식욕을 돋구는 여러가지 향기 성분과 맛 성분이 생성되고, 때로는 불쾌한 맛이나 이취(off-flavor)를 나타내는 성분이 생성되기도 한다. 식품에서의 맛과 향기성분은 단백질, 탄수화물, 지질이 주요성분으로 가열처리에 의해서 이러한 성분들의 상호작용이 발생되고 이러한 가공처리 방식과 성분들이 어우러져 우리가 감각기관으로 느끼는 맛과 향이 만들어지는 것이다[3].

*Correspondence to: Eui-Cheol Shin, Department of Food Science, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 52725, Korea
Tel: +82-55-751-3271, Fax: +82-55-751-3279
E-mail: eshin@gntech.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

한국의 전통적인 식품인 한식은 다양한 재료와 가공에 따른 풍부한 맛과 향을 가지고 있어, 국내에서는 한식의 세계화를 위한 기반을 마련하기 위한 노력을 기울이고 있다. 이러한 노력을 통해 많은 한식의 표준화 작업을 통해서 기능성을 규명하고, 세계인의 입맛에 맞는 레시피를 개발되고 있다[4]. 현재 식품 및 식품소재에 존재하는 맛과 향을 평가하는 기준은 여전히 사람의 감각기관을 통한 평가가 많이 이용되고 있다. 이러한 사람에 의한 평가를 위해서는 숙련된 패널을 통한 평가가 이루어지는데, 이러한 숙련된 패널을 이용하는 연구에서도 패널들의 건강 상태에 따라서 예상치 못한 결과값의 차이가 많이 발생되며 감각기관의 피로도로 인해 많은 샘플에 대한 평가는 이루어지기가 어려운 상황으로 알려져 있다. 또한 나이, 성별, 국적, 그리고 건강 상태에 따라 결과값이 가지는 큰 편차로 인해 사람의 감각기관으로 의지하는 연구에 대해서는 다른 대안이 요구되는 상황이다[5].

이러한 패널이 가지는 단점을 보완한 대안이 전자센서를 이용한 맛과 향의 분석법이다. 향기성분의 센서를 통한 분석 시스템을 전자코(electronic nose)라고 부르는 데, 전자코 분석은 짧은 시간에 다량의 식품 및 식품소재의 향기성분을 분석하여 결과값을 제공할 뿐만 아니라 개별적인 향기 성분의 분석 이외에 전체적인 향기성분의 패턴을 감지하는 결과를 제공하여 식품의 품질평가 및 관리에 널리 활용되고 있는 비파괴적인 분석방법으로 활용되고 있다[6]. 또한 관능평가의 대안으로 패널간에 차이를 보이는 역치값(threshold value)에 대한 보완을 위해 전자센서를 통한 다섯 가지 맛에 대한 상대적 강도를 나타내는 분석 시스템을 전자혀(electronic tongue)라고 부르는 데, 전자혀 분석은 앞서 설명한 전자코 시스템과 같이 짧은 시간에 다량의 식품 및 식품소재의 맛 성분을 분석하여 결과값을 제공할 뿐만 아니라 개별적인 맛 성분의 분석 이외에 전체적인 맛 성분의 패턴을 제공하며 식품의 품질평가 및 관리에 널리 활용되고 있는 분석방법으로 이용되고 있다[7]. 전자센서를 식품의 향미에 이용한 연구를 보면, 주류의 향미 성분을 통한 원산지 판별연구[8], 및 조미성분에 의한 향미 분석을 진행한 연구[9]가 발표되고 있다. 식품의 다양한 성분들은 개별적인 성분들에 대한 1차원적인 분석을 이용해서는 각각의 성분들이 가지는 상관관계에 대해서 설명이 쉽지 않다. 이에 식품성분을 각각의 독립변수로 이에 대한 상관관계를 탐구하는 다변량분석이 식품소재 특히 향미 성분 분석에서 다양하게 이루어지고 있다[10].

따라서 본 연구는 전자코와 전자혀 시스템을 통한 다양한 식품과 식품 소재에 대한 향미 특성을 객관적으로 나타내어 표준화된 식품의 맛과 향에 대한 중요한 자료가 될 수 있는 토대를 마련하고자 한다.

Materials and Methods

재료

본 실험에 사용된 샘플은 국내에서 주로 소비되는 국, 탕과 찌개류 15종을 선별하였다. 국의 경우는 달걀국(*Dalgyalguk*), 김치콩나물국(*Kimchikongnamulguk*), 배추된장국(*Baechudoenjangguk*), 시래기된장국(*Siraekidoenjangguk*), 미역국(*Miyukguk*), 쇠고기 배추국(*Sogogibaechyguk*), 김칫국(*Kimchiguk*), 아욱된장국(*Aukdoenjangguk*), 오징어국(*Ojinguguk*), 그리고 시금치된장국(*Sigumchidoenjangguk*)이 사용되었고, 탕의 경우 대구매운탕(*Daegumaeuntang*)과 해물매운탕(*Haemulmaeuntang*)이 사용되었으며, 찌개의 경우 참치김치찌개(*Chamchikimchijjigae*), 햄김치찌개(*Hamkimchijjigae*), 그리고 부대찌개(*Budaejjigae*)를 사용하였다. 모든 식재료는 국내에 소재한 마켓을 통해 구입하였고, 사용된 식재료의 종류와 함량은 Table 1에 나타내었으며, 조리의 경우 식품안전정보포털 식품안전나라(www.foodsafetykorea.go.kr)에서 제시한 표준 레시피를 활용하여 제조하였다[11].

전자혀를 이용한 맛 성분 분석

각 샘플이 가지는 맛 성분의 패턴은 전자센서를 통한 분석을 진행하였다. 맛 성분의 기본 5가지 종류와 추가적인 맛 관련 지표 2가지를 포함한 개별 맛 성분을 검출하는 센서(SRS, GPS, STS, UMS, SPS, SWS, BRS) 와 1개의 reference electrode (Ag/AgCl)가 부착된 전자혀 시스템(Electronic tongue, ASTREE, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하여 확인하였다. 전자혀 시스템에서 사용되는 5가지 센서는 STS는 짠맛, UMS는 감칠맛, SWS는 단맛, SRS는 신맛, 그리고 BRS는 쓴맛을 주로 감지하는 것으로 표현되고 있다. 표준센서로써 GPS와 SPS는 센서값은 금속성 맛과 매운맛을 나타내고 있지만, 5가지 기본맛에 포함되지 않은 센서로 보정값을 위한 표준센서로만 사용되었다. 각 시료는 분쇄 후 10 g씩의 함량을 전자혀 분석용 vial에 정제수 100 mL와 함께 50°C의 온도에서 150 rpm 교반속도로 1시간 동안 교반을 통해서 수용성의 맛 성분을 추출하였다. 분석에 방해가 되는 고형분과 미세 particle을 제거하기 위해 여과를 통해 액상의 시료로 전처리를 시행하였다. 시료액은 전자혀 장비의 sampler에 장착한 후 센서를 2분간 시료액에 침지를 통한 접촉으로 해당 센서에 관련된 맛 성분의 강도를 측정하였고, 시료간 오염을 통한 오차를 줄이기 위해 매 분석 시 정제수로 이용하여 각각의 센서를 충분히 세척 후 다음 샘플 분석에 진행하였다. 샘플당 5회 반복 분석을 진행하였고, 각각의 결과값은 맛 성분에 대한 taste pattern으로 확인하였고, 다변량분석법 중 하나인 주성분분석(principal component analysis; PCA)을 통한 샘플 간의 맛 성분 패턴을 확인하였다[12].

Table 1. Main ingredients and seasonings in sample set

Code	Sample	Main ingredients	Seasoning
A	*Dalgyalguk*	Egg, onion, green onion, garlic	Salt
B	*Kimchikongnamulguk*	Kimch, bean-curd, bean sprout, anchovy, kelp, pepper powder, green onion	Garlic, salt
C	*Daegumaeuntang*	Cod, radish, bean sprout, bean paste, green onion, green pepper, red pepper, pepper paste	Garlic, salt
D	*Haemulmaeuntang*	Crab, small octopus, squid, shrimp, clam, radish, pumpkin, onion, pepper, green onion, pepper paste, pepper powder	Garlic, ginger, salt
E	*Baechudoenjangguk*	Cabbage, radish, beef, bean paste, pepper paste, green onion	Salt, pepper powder, sesame oil
F	*Siraekidoenjangguk*	Dried radish greens, anchovy, bean paste,	Green onion, garlic, salt
G	*Miyukguk*	Dried seaweed, anchovy, kelp,	Soybean sauce, garlic, sesame oil
H	*Sogogibaechuguk*	Beef, cabbage, onion	Soybean sauce, garlic, pepper, salt
I	*Kimchiguk*	Kimchi, pork, bean-curd, onion, green pepper, anchovy, mushroom, kelp, dried shrimp, green onion	Garlic, salt
J	*Chamchikimchijjigae*	Kimchi, tuna, bean-curd, onion, green pepper, anchovy, kelp, soybean oil	Soybean sauce, garlic, pepper paste
K	*Hamkimchijjigae*	Kimchi, ham, green onion	Salt
L	*Budaejjigae*	Kimchi, ham, bean-curd, radish, mushroom, red pepper, pork, baked bean, noodle, green onion	Garlic, pepper paste
M	*Aukdoenjangguk*	Curled mallow, dried shrimp, bean paste, pepper paste,	Garlic, ginger, salt
N	*Ojinguguk*	Squid, radish, green onion	Garlic, pepper powder, salt
O	*Sigumchidoenjangguk*	Spinach, anchovy, kelp, doenjang, green onion	Soybean sauce, garlic, pepper powder, salt

전자코 분석

각 식품이 가지는 휘발성 향기성분을 확인하고자 전자코 시스템(HERACLES Neo, Alpha MOS, Toulouse, France)을 사용하였다. 분쇄된 각각의 샘플을 5 g을 취하여 전자코 분석용 headspace vial에 넣고 50°C에서 500 rpm으로 20분간 교반하면서 각각의 샘플에 존재하는 휘발성 성분을 포집하였다. 휘발성 성분 포집은 전자코 시스템에 장착된 자동시료채취기를 통해 진행되었고, 포집량은 2,000 μL의 휘발성 성분을 취한 후 전자코 시스템에 장착된 gas chromatography injection port에 주입되었다. 전자코 분석에서 분석컬럼은 극성이 다른 두 가지 column (MXT-5/MXT-1701)이 동시에 분석에 사용되었다. 각각의 분석 조건을 보면 acquisition time은 230초 였으며, trap absorption temperature 20°C, incubation 50°C에서 10분간 분석을 진행하였다. 성분 동정을 위한 retention index는 Kovat's index library 기반의 AroChemBase (Alpha MOS)를 이용하여 분리된 피크의 성분을 추정하였다. 각각의 식품 샘플은 5회 분석 결과를 이용하여 odor pattern을 확인하고, 앞서 전자코에서 사용된 주성분 분석(PCA)을 통한 샘플 간의 discriminant pattern을 확인하였다[13].

통계처리

본 연구에서 제시된 결과값은 5회 반복을 통한 평균값과 표준편차로 나타내었고 평균값은 SAS version 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Tukey의 다중검정(Tukey's multiple range test)을 통해 유의성을 검증하였다($P<0.05$). 또한 다변량 분석을 위한 적용된 주성분 분석(PCA)과 군집 분석(cluster analysis; CA)은 XLSTAT software (New York, NY, USA)를 이용하여 각 샘플과 변수에 대한 pattern 및 clustering을 확인하였다.

Results and Discussion

전자혀를 이용한 맛 성분 분석

전자혀 분석을 통해 각 샘플이 나타내는 맛 성분에 대한 결과는 Table 2에 나타내었다. 기본 5가지 맛 성분에 대해 상대적인 센서 강도를 나타내었다. 신맛으로 대표되는 SRS 센서에서는 소고기배추국이 가장 높은 9.0을 나타내었고, 미역국에서 가장 낮은 3.7을 나타내었다. 짠맛으로 대표되는 STS 센서는 오징어국에서 가장 높은 8.2를 나타내었고, 소고기배추국이 가장 낮은 1.9를 나타내었다. 감칠맛으로 확인되는 UMS 센서의 경우 소고기배추국이 가장 높은 10.1을 보였고, 달걀국이 가장 낮은 3.3을 나타내었다. 단맛에 관여하는 SWS 센서에서는 비교적 큰 차이를 보이지는 않았는데, 시금치된장국이 가장 높은 7.3을 나타내었고, 달걀국이 가장 낮은 4.6을 나타내었다. 마지막으로 쓴맛에 기여하는 BRS 센서에서는 시래기 된장국이 가장 높은 7.8을 나타내었으며, 햄김치찌개에서 가장

Table 2. Relative taste scores of sample set using electronic tongue system

Code	Sample	SRS-sourness	STS-saltiness	UMS-umami	SWS-sweetness	BRS-bitterness
A	*Dalgyalguk*	5.6	7.2	3.3	4.6	5.8
B	*Kimchikongnamulguk*	7.0	4.7	6.3	4.8	5.8
C	*Daegumaeuntang*	7.5	4.6	6.6	4.9	5.7
D	*Haemulmaeuntang*	6.4	8.1	4.1	5.0	4.9
E	*Baechudoenjangguk*	5.1	6.8	4.7	5.3	7.0
F	*Siraekidoenjangguk*	4.7	6.7	4.9	5.6	7.8
G	*Miyukguk*	3.7	8.1	3.4	5.7	7.6
H	*Sogogibaechuguk*	9.0	1.9	10.1	5.9	6.8
I	*Kimchiguk*	7.3	4.0	7.3	6.0	6.3
J	*Chamchikimchijjigae*	7.7	4.0	7.4	6.1	6.3
K	*Hamkimchijjigae*	7.4	3.2	9.8	6.5	4.4
L	*Budaejjigae*	6.0	6.4	6.3	6.8	5.1
M	*Aukdoenjangguk*	5.1	7.9	4.7	7.1	6.1
N	*Ojinguguk*	4.2	8.2	4.9	7.2	5.9
O	*Sigumchidoenjangguk*	4.1	7.4	5.7	7.3	5.4

낮은 4.4를 보였다. 앞서 제시한 결과값의 경우는 일반적으로 식품산업에서 진행되는 패널을 이용한 관능평가 결과와는 다소 차이가 날 수 있다. 숙련된 패널을 이용한 관능검사는 가장 일반적이고 전통적인 수단으로 이용되어져 왔다. 하지만 패널을 이용한 검사는 해당 패널의 건강 상태나 시료에 대한 호감도, 그리고 주변환경에 영향을 받는 실험법이다. 그래서 재현성과 객관성을 가지는 표준값에 대한 결과 제시를 위한 대안으로 전자센서를 이용한 전자코와 전자혀 분석을 이용하고 있다[14]. 전자혀 시스템을 식품 및 식품소재 연구에 이용한 예를 보면, Dong 등[15]의 연구에서 전자혀를 이용한 수삼의 원산지 판별 연구, 김 등[6]에 의한 시판 증류주의 향미특성 분석, Jeon 등[9]이 발표한 전자혀 분석을 통한 시판 조미료의 관능적 특성, 그리고 Jo 등[14]이 발표한 한국, 중국, 일본 미국산 시판 사과식초의 관능적 품질 비교를 위한 전자혀 분석에 대한 연구 등이 발표되고 있다.

다변량분석을 통한 맛 성분 패턴 분석

전자혀를 통해 확인된 샘플의 맛 성분에 대한 다변량분석은 주성분 분석(Fig. 1)과 군집분석(Fig. 2)을 이용하여 확인하였다. 주성분 분석을 통해 5가지 맛 성분과 15가지 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과 PC1 (principal component 1)에서 56.21%의 variance를 확인하였고, PC2에서 25.23%의 variance를 확인할 수 있었다. 각 맛 성분의 경우 SRS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 경우 -0.95와 -0.20을 나타내었고, STS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.96과 0.14, UMS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 -0.94와 0.22, SWS 센서의 경우

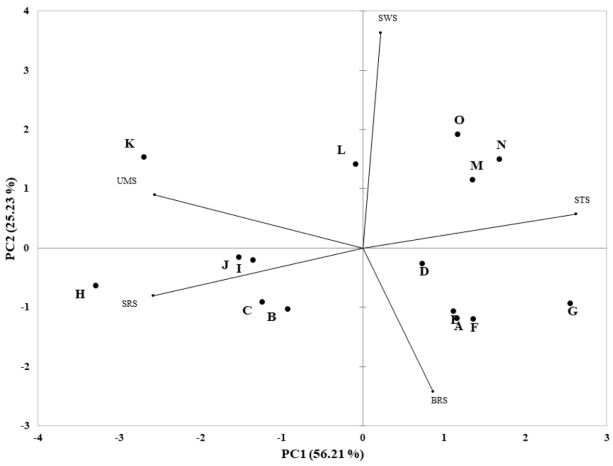

Fig. 1. PCA plot of taste intensity in sample set using e-tongue system.
Code A : *Dalgyalguk,* B : *Kimchikongnamulguk*, C : *Daegumaeuntang*, D : *Haemulmaeuntang*, E : *Baechudoenjangguk*, F : *Siraekidoenjangguk*, G : *Miyukguk*, H : *Sogogibaechuguk*, I : *Kimchiguk*, J : *Chamchikimchijjigae*, K : *Hamkimchijjigae*, L : *Budaejjigae*, M : *Aukdoenjangguk*, N : *Ojinguguk*, and O : *Sigumchidoenjangguk*.

PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.08과 0.89 였으며, BRS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.32와 -0.60을 각각 나타내었다. Score plot에서 샘플들의 pattern을 볼 때 SWS 센서와 STS 센서와 유사도가 높은 샘플은 부대찌개, 아욱된장국, 오징어국, 그리고 시금치된장국으로 확인되며, BRS와 거리가 가까운 샘플은 달걀국, 해물매운탕, 배추된장국, 시래기된장국, 그리고 미역국으

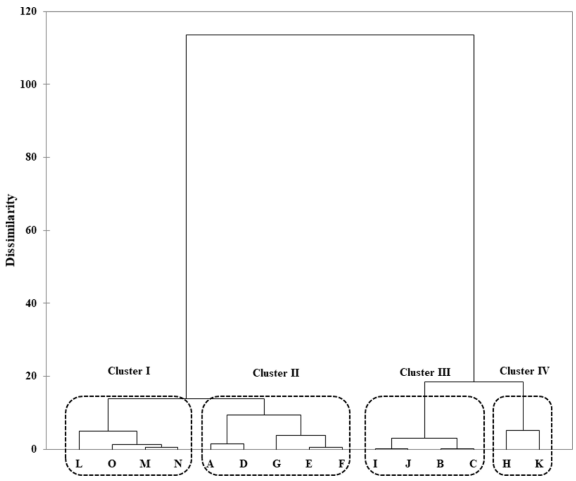

Fig. 2. Cluster analysis of taste intensity in sample set using e-tongue system.
Code A : *Dalgyalguk,* B : *Kimchikongnamulguk*, C : *Daegumaeuntang*, D : *Haemulmaeuntang*, E : *Baechudoenjangguk*, F : *Siraekidoenjangguk*, G : *Miyukguk*, H : *Sogogibaechuguk*, I : *Kimchiguk*, J : *Chamchikimchijjigae*, K : *Hamkimchijjigae*, L : *Budaejjigae*, M : *Aukdoenjangguk*, N : *Ojinguguk*, and O : *Sigumchidoenjangguk*.

로 확인되었다. SRS 센서와 거리가 가까운 샘플은 김치콩나물국, 대구매운탕, 소고기배추국, 김치국, 참치김치찌개로 확인되며, UMS 센서와 가까운 샘플은 햄김치찌개로 확인되었다.

군집분석을 통해 확인된 샘플간의 유사도는 Fig. 2에서 보여주는 것과 같이 크게 4개의 cluster를 확인할 수 있었다. Cluster I의 경우 부대찌개, 아욱된장국, 오징어국, 그리고 시금치된장국으로 확인되었다. Cluster II의 경우 달걀국, 해물매운탕, 배추된장국, 시래기된장국, 그리고 미역국으로 확인되었고, cluster III의 경우 김치콩나물국, 대구매운탕, 김치국, 그리고 참치김치찌개로 확인되었으며, 그리고 cluster IV에 속한 샘플은 소고기배추국과 햄김치찌개로 확인되었다. 본 연구에서 주성분 분석과 군집분석은 전자혀 분석을 통한 맛 성분이 미치는 샘플간의 유사도에 대한 정보를 제시하여 주는 중요한 결과로 판단된다.

전자코 분석

전자코 분석을 통해 각 샘플이 나타내는 휘발성 향기성

Table 3. Volatile compounds (odor) in sample set using electronic nose system (Peak area × 10^3)

Compounds	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Butane	1.33	1.01	2.76	3.83	0.40	0.47	0.71	0.81	0.32	0.56	0.42	0.21	0.22	0.68	0.24
Acetaldehyde	5.56	3.44	1.89	6.02	1.12	1.77	0.80	0.85	0.60	4.10	3.07	6.09	0.49	3.00	0.81
Ethanol	11.16	47.07	230.65	233.70	163.31	137.70	27.90	205.72	123.03	127.84	71.74	284.59	291.18	46.26	218.74
2-Butanol	3.60	2.13	1.66	1.44	1.99	1.85	0.54	6.38	5.42	7.51	2.68	5.51	3.21	2.60	2.44
2,3-Butanediol	0.56	0.81	0.54	6.43	1.25	0.59	0.24	0.49	0.29	0.31	0.21	0.07	0.54	0.37	0.72
2-Methylthiophene	131.08	100.13	90.10	51.06	97.26	109.38	18.19	1.84	91.85	87.91	56.65	21.89	101.57	126.77	108.22
Methyl formate	1.77	3.16	2.75	6.02	1.56	1.28	1.81	3.01	5.97	11.22	4.79	6.64	4.77	3.33	2.04
Furan	0.12	2.27	0.16	0.42	0.12	0.19	1.57	3.43	0.38	0.24	0.32	0.12	1.17	0.91	0.71
Hexane	13.74	7.41	15.91	24.21	5.65	5.93	9.84	12.30	5.54	8.66	4.61	20.14	16.86	7.08	12.07
Carbon disulfide	0.69	0.56	0.71	0.95	0.79	0.94	0.36	0.43	0.52	1.34	0.63	0.94	0.59	0.29	0.50
Butan-2-one	3.30	1.77	3.45	2.68	1.57	1.51	0.98	0.87	2.60	5.33	2.12	1.62	2.03	1.71	1.46
Chloroform	0.22	0.14	0.10	0.09	0.12	0.12	0.16	0.23	0.25	0.24	0.18	0.15	0.17	0.18	0.14
4-Methylheptane	0.61	1.44	0.57	2.22	1.86	2.33	0.97	0.36	0.79	2.60	0.90	0.76	0.84	0.47	2.29
Dimethyl disulfide	1.24	0.64	0.72	0.41	1.09	0.69	0.25	0.65	1.67	2.29	1.29	0.60	0.88	0.85	1.29
1-Hydroxy-2-propanone	1.96	1.83	1.35	0.72	2.41	1.83	0.56	0.15	2.86	3.90	1.63	0.48	1.46	1.31	2.00
3-Methyl-octane	2.45	1.54	1.40	1.74	1.58	1.45	0.46	0.11	1.30	1.40	0.59	0.27	1.39	1.09	1.94
Ethylcyclohexane	0.27	0.34	0.13	0.14	0.43	0.32	0.13	1.74	0.67	0.33	0.15	0.73	0.13	0.11	0.48
2-Methyl-3-furanthiol	5.00	2.57	5.27	12.11	2.41	2.39	1.55	1.85	1.22	1.52	0.81	0.52	1.84	2.57	2.87
β-Pinene	1.84	1.23	1.29	1.10	0.59	0.73	2.34	1.60	1.10	1.15	0.86	0.69	0.66	1.72	0.48
Propyl pentanoate	0.58	1.59	1.04	11.25	2.16	0.98	0.66	0.96	0.25	0.61	0.34	0.18	15.32	0.51	0.63
Terpinolene	0.56	0.29	0.26	0.85	0.28	0.39	0.29	0.22	0.18	0.23	0.20	0.19	0.20	0.17	0.26
Hexyl isobutyrate	1.02	1.07	0.96	2.32	0.52	0.41	0.48	0.29	0.17	0.23	0.12	0.20	0.10	0.13	0.22
Fenchol	0.58	0.30	0.23	0.11	0.24	0.28	0.30	0.33	0.35	0.30	0.32	0.29	0.26	0.28	0.34
γ-Decalactone	0.40	0.32	0.36	0.38	0.38	0.37	0.36	0.39	0.42	0.39	0.40	0.38	0.41	0.40	0.42
Ethyl tetradecanoate	0.77	0.57	0.57	0.64	0.72	0.58	0.56	0.51	0.62	0.61	0.51	0.50	0.53	0.43	0.36

Code A : *Dalgyalguk,* B : *Kimchikongnamulguk*, C : *Daegumaeuntang*, D : *Haemulmaeuntang*, E : *Baechudoenjangguk*, F : *Siraekidoenjangguk*, G : *Miyukguk*, H : *Sogogibaechuguk*, I : *Kimchiguk*, J : *Chamchikimchijjigae*, K : *Hamkimchijjigae*, L : *Budaejjigae*, M : *Aukdoenjangguk*, N : *Ojinguguk*, and O : *Sigumchidoenjangguk*.

분에 대한 결과는 Table 3에 나타내었다. 15가지 샘플에서 확인된 향기성분은 총 25가지 성분이 확인되었고, 모든 샘플에서 상대적으로 가장 높은 함량을 보이는 향기성분은 ethanol과 2-methylthiophene으로 확인되었다. 피크면적을 통한 휘발성 향기성분의 함량이 가장 높은 샘플은 아욱된장국으로 확인되었고, 뒤를 이어 해물매운탕, 대구매운탕, 그리고 시금치 된장국 순으로 휘발성 향기성분의 함량이 확인되었다. 이와는 대조적으로 가장 낮은 함량을 보이는 샘플은 미역국으로 확인되었다. 향기성분의 함량을 비교해 볼 때 주재료가 가지는 향기성분과 부재료가 가지는 강한 향미성분으로 인해 향기성분의 함량이 결정되는 것으로 판단되었다. 휘발성 향기성분 중 dimethyl sulfide의 경우 채소류나 마늘에서 주로 확인되는 황을 함유한 성분으로 식품에서 냄새가 강하게 느껴지는 향기성분이다[16]. 김치가 주재료인 참치김치찌개, 김치국, 그리고 햄김치찌개에서 높은 함량을 나타내었다. 전자코를 이용한 식품의 향기성분 분석은 매우 다양하게 진행되어 왔다. Alasalvar 등[17]은 헤이즐넛 품종에 대한 전자코 분석을 시도하였고, Jo 등[14]은 한국, 중국, 일본, 미국산 사과식초의 향기성분은 전자코를 이용하여 발표하였다. 또한 Kim 등[6]에 의한 시판증류주의 향미특성 분석과 Hong 등[18]의 연구에서는 유채유의 진위 판별을 전자코를 이용하여 얻은 휘발성 향기성분의 database를 통해 진위 여부를 판별하기도 하였다. 이렇듯 전자코시스템을 이용한 분석 연구는 모든 식품분야에서 적용이 가능한 분야로써 발효과정에 의한 향기성분변화, 원산지에 따른 차별되는 향기성분, 품질변화에 따라 발생 가능한 향기성분에 대한 연구를 통해서 다양한 식품 및 식품소재에 대한 정보를 확인할 수 있는 시스템이다[19]. 추가적인 식품의 향기성분 분석 database를 통해 식품에 포함된 재료에 대한 예측도 가능할 것으로 판단된다.

다변량분석을 통한 휘발성 향기 성분 패턴 분석

전자코 분석 시스템을 통해 확인된 샘플의 휘발성 향기성분에 대한 다변량분석은 주성분분석(Fig. 3)과 군집분석(Fig. 4)을 통해 나타내었다. 주성분 분석을 통해 휘발성 향기 성분과 15가지 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과 PC1에서 28.54%의 variance를 확인하였고, PC2에서 20.80%의 variance를 확인할 수 있었다. 15가지 샘플의 PC1과 PC2의 factor loading의 경우 PC1과 PC2 모두 positive한 제1사분면(1st quadrant)에 위치한 샘플은 달걀국, 배추된장국, 그리고 시래기된장국이며, PC1은 negative하고 PC2는 positive한 제2사분면(2nd quadrant)에 위치한 샘플은 김치국, 참치김치찌개, 햄김치찌개, 그리고 시금치된장국이었으며, PC1과 PC2가 모두 negative한 제3사분면(3rd quadrant)에 위치한 샘플은 미역국, 소고기배추국, 부대찌개, 아욱된장국, 그리고 오징어국이었으며, PC1은 positive하고 PC2는 negative한 제4사분면(4th quadrant)에 위치한

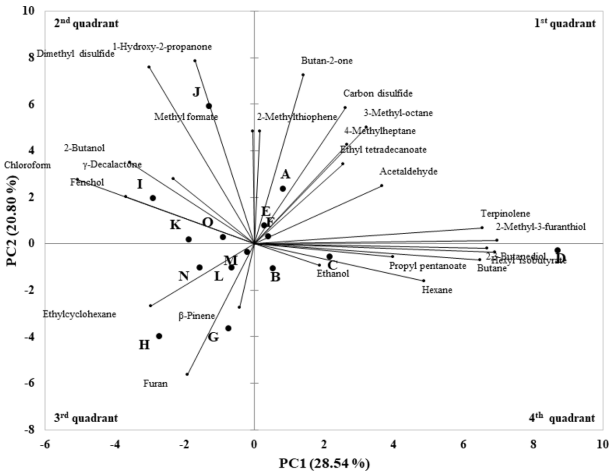

Fig. 3. PCA plot of volatile compounds (odor) in sample set using e-nose system.
Code A : *Dalgyalguk,* B : *Kimchikongnamulguk*, C : *Daegumaeuntang*, D : *Haemulmaeuntang*, E : *Baechudoenjangguk*, F : *Siraekidoenjangguk*, G : *Miyukguk*, H : *Sogogibaechuguk*, I : *Kimchiguk*, J : *Chamchikimchijjigae*, K : *Hamkimchijjigae*, L : *Budaejjigae*, M : *Aukdoenjangguk*, N : *Ojinguguk*, and O : *Sigumchidoenjangguk*.

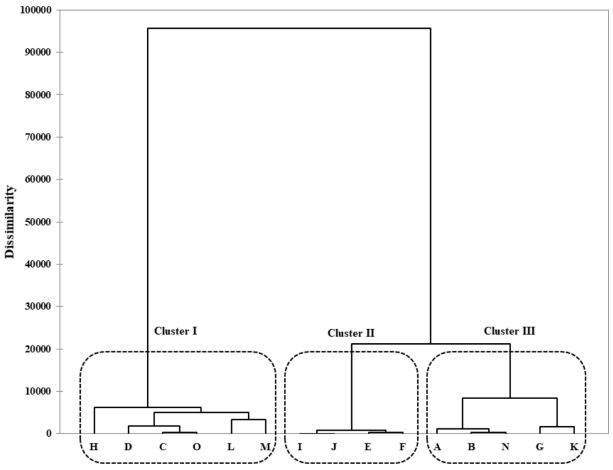

Fig. 4. Cluster analysis of volatile compounds (odor) in sample set using e-nose system.
Code A : *Dalgyalguk,* B : *Kimchikongnamulguk*, C : *Daegumaeuntang*, D : *Haemulmaeuntang*, E : *Baechudoenjangguk*, F : *Siraekidoenjangguk*, G : *Miyukguk*, H : *Sogogibaechuguk*, I : *Kimchiguk*, J : *Chamchikimchijjigae*, K : *Hamkimchijjigae*, L : *Budaejjigae*, M : *Aukdoenjangguk*, N : *Ojinguguk*, and O : *Sigumchidoenjangguk*.

샘플은 김치콩나물국, 대구매운탕, 그리고 해물매운탕이 확인되었다. PC1과 PC2 plot에서 샘플의 분포도를 보면, 해물매운탕이 가장 PC1의 값이 높은 8.71 score를 보였고, 가장 낮은 PC1의 값은 김치국이 -2.90 score를 나타내었다. PC2의 경우 참치김치찌개가 가장 높은 5.92 score를

보였으며, 소고기배추국이 가장 낮은 -3.96 score를 나타내었다.

Fig. 4에 나타낸 군집분석의 경우 크게 3개의 cluster로 분류되는 것을 확인할 수 있었다. Cluster I의 경우 대구매운탕, 해물매운탕, 소고기배추국, 부대찌개, 아욱된장국, 그리고 시금치된장국으로 확인되었다. Cluster II의 경우 배추된장국, 시래기된장국, 김치국, 그리고 참치 김치찌개로 확인되었고, cluster III의 경우 달걀국, 김치콩나물국, 미역국, 햄김치찌개, 그리고 오징어국으로 확인되었다. Cluster I이 가장 높은 차이도를 보였으며, 상대적으로 cluster II와 III의 차이도는 낮게 나타나는 경향을 볼 때 향기성분의 차이는 총 15가지 샘플 그룹에서 cluster I에 포함된 대구매운탕, 해물매운탕, 소고기배추국, 부대찌개, 아욱된장국, 그리고 시금치된장국이 가장 구별되는 향기성분을 가지고 있다고 판단할 수 있다. 앞서 언급한 것처럼 향기성분의 database 구축을 통해 재료의 구성을 다양한 필요성에 맞게 판단할 수 있을 것으로 판단된다.

종합적으로 전체적인 연구 내용을 볼 때 찌개나 국으로 분류되는 국내 가정에서 주로 섭취하는 국물요리에 대한 맛과 향에 대한 객관적이고 표준화된 결과를 시도하였고, 이에 대한 분류를 다변량 분석으로 진행하였다. 이러한 맛과 향에 대한 계속적인 연구를 통해서 국내 식품에 대한 올바른 이해와 한식의 글로벌화를 위한 기초자료로써 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 경남과학기술대학교 교원 연구 활성화 지원 사업의 예산지원으로 수행되었습니다.

국문요약

본 연구는 전자코와 전자혀 시스템을 이용한 15가지 국내 식품에 대한 맛과 향에 대한 기본 접근 연구를 진행하였다. 먼저 전자혀 시스템을 이용한 샘플의 맛 성분에 대해 상대적인 센서 강도를 제시하였다. 신맛으로 대표되는 SRS 센서에서는 소고기배추국이 가장 높은 9.0을 나타내었고, 미역국에서 가장 낮은 3.7을 나타내었다. 짠맛으로 대표되는 STS 센서는 오징어국에서 가장 높은 8.2를 나타내었고, 소고기배추국이 가장 낮은 1.9를 나타내었다. 감칠맛으로 확인되는 UMS 센서의 경우 소고기배추국이 가장 높은 10.1을 보였고, 달걀국이 가장 낮은 3.3을 나타내었다. 단맛에 관여하는 SWS 센서에서는 비교적 큰차이를 보이지 않았는데, 시금치된장국이 가장 높은 7.3을 나타내었고, 달걀국이 가장 낮은 4.6을 나타내었다. 마지막으로 쓴맛에 기여하는 BRS 센서에서는 시래기 된장국이 가장 높은 7.8을 나타내었으며, 햄김치찌개에서 가장 낮은 4.4를 보였다. 주성분 분석을 통해 5가지 맛 성분과 15가지 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과 PC1에서 56.21%의 variance를 확인하였고, PC2에서 25.23%의 variance를 확인할 수 있었다. 각 맛 성분의 경우 SRS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 경우 -0.95와 -0.20을 나타내었고, STS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.96과 0.14, UMS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 -0.94와 0.22, SWS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.08과, 0.89, 그리고 BRS 센서의 경우 PC1과 PC2의 factor loading의 값이 0.32와 -0.60을 각각 나타내었다. 군집분석을 통해 확인된 샘플간의 유사도는 크게 4개의 cluster를 확인할 수 있었다. 15가지 샘플에서 확인된 향기성분은 총 25가지 성분이 확인되었고, 모든 샘플에서 상대적으로 가장 높은 함량을 보이는 향기성분은 ethanol과 2-methylthiophene으로 확인되었다. 주성분 분석을 통해 휘발성 향기 성분과 15가지 샘플에 대한 패턴을 확인한 결과 PC1에서 28.54%의 variance를 확인하였고, PC2에서 20.80%의 variance를 확인할 수 있었다. 군집분석의 경우 크게 3개의 cluster로 분류되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 맛과 향에 대한 연구를 통해서 국내 식품에 대한 표준 자료로써의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Chang Guk Boo https://orcid.org/0000-0001-6444-3204
Seong Jun Hong https://orcid.org/0000-0001-6531-2564
Jin-Ju Cho https://orcid.org/0000-0003-0951-1790
Eui-Cheol Shin https://orcid.org/0000-0003-4243-4643

References

1. Shim, J.W., Molecular biological evaluation of taste. *Food Ind. Nutr.,* **21(1),** 1-4 (2016).
2. Ryu, M.R., Gustation targeting sodium and sugar reduction. *Food Sci. Ind.,* **50(4)**, 12-23 (2017).
3. Kim, J.K., Flavors of processed food in heating. *Food Ind. Nutr.,* **6(2),** 20-26 (2001).
4. Lee, J.H., Globalization of Korean food and sensory evaluation. *Food Sci. Ind.,* **46(3)**, 29-39 (2013).
5. Majchrzak, T., Wojnowski, W., Dymerski, T., Gębicki, J., Namieśnik, J., Electronic noses in classification and quality control of edible oils: A review. *Food Chem.,* **246,** 192-201 (2018).
6. Kim, J.S., Jung, H.Y., Park, E.Y., Noh, B.S., Flavor analysis

of commercial Korean distilled spirits using an electronic nose and electronic tongue. *Korean J. Food Sci. Technol.* **48(2)**, 117-121 (2016).

7. Peris, M., Escuder-Gilabert, L., Electronic noses and tongues to assess food authenticity and adulteration. *Trend Food Sci. Technol.,* **58,** 40-54 (2016).
8. Kim, K.H., Park, S.J., Kim, J.E., Dong, H.M., Park, I.S., Lee, J.H., Hyun S.Y., Noh, B.S., Assessment of physicochemical characteristics among different types of pale ale beer. *Korean J. Food Sci. Technol*., **45,** 142-147 (2013).
9. Jeon, S.Y., Kim, J.S., Kim, G.C., Choi, S.Y., Kim, S.B., Kim, K.M., Analysis of electronic nose and electronic tongue and sensory characteristics of commercial seasonings. *Korean J. Food Cook Sci.*, **33(5),** 538-550 (2017).
10. Chung, S.J., Application of various multivariate statistical tools to understand sensory analysis data sets. *Food Soc. Food Sci. Tech.*, **38(1)**, 15-21 (2005).
11. Foodsafetykorea, (2020. March 1). Foodsafetykorea. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr
12. Kim, D.S., Lee, J.T., Hong, S.J., Cho, J.J., Shin, E.C., Thermal coursed effect of comprehensive changes in the flavor/taste of Cynanchi wilforfii. *J. Food Sci.*, **84(10)**, 2831-2839 (2019).
13. Hong, S.J., Cho, J.J., Boo, C.G., Youn, M.Y., Lee, S.M., Shin, E.C., Comparison of physicochemical and sensory properties of bean sprout and peanut sprout extracts, subsequent to roasting. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **49(4)**, 356-369 (2020).
14. Jo, Y.H., Gu, S.Y., Chung, N.H., Gao, Y., Kim, H.J., Jeong, M.H., Jeong, Y.J., Kwon, J.H., 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.*, **48(5)**, 430-436 (2016).
15. Dong, H,M., Moon, J.Y., Lee, S.H., Discrimination of geographical origins of raw ginseng using the electronic tongue. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **49(4)**, 349-354 (2017).
16. Park, C.J., Kim, S.D., Oh, S.K., Study on the flavor of garlic extract. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25(6)**, 593-595 (1993).
17. Aladalvar, C., Odabasi, A.Z., Demir, N., Balaban, M.O., Shahidi, F., Cadwallader, K.R., Volatiles and flavor of five Turkish hazelnut varieties as evaluated by descriptive sensory analysis, electronic nose, and dynamic headspace analysis/gas chromatography-mass spectrometry. *J. Food Sci.*, **69(3)**, SNQ99-SNQ106 (2004).
18. Hong, E.J., Son, H.J., Choi, J.Y., Noh, B.S., Authentication of rapeseed oil using an electronic nose based on mass spectrometry. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43(1)**, 105-109 (2011).
19. Noh, B.S., Analysis of volatile compounds using electronic nose and its application in food industry. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **37(6)**, 1048-1064 (2005).