

고춧가루의 매운 맛 등급화를 위한 Mass Spectrometer를 바탕으로 한 전자코 분석

강진희 · 손희진 · 홍은정 · 노봉수*
서울여자대학교 식품공학과

Discrimination of Grading Pungency for Red Peppers Spice Using Electronic Nose Based on Mass Spectrometer

Jin Hee Kang, Hee-Jin Son, Eun-Jeung Hong, and Bong-Soo Noh*

Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

Abstract

Electronic nose (E-nose) was assessed for grading pungency of powdered red pepper. Complex pretreatments are not required for flavor analysis unlike HPLC or Scoville tests. Mild and pungent taste of powdered red pepper were mixed at various concentrations of 0, 25, 50, 75, and 100%. Those were analyzed using mass spectrometer-based E-nose. Discriminant function analysis (DFA) was conducted on E-nose data. The R^2 and F-value of discriminant function first score (DF1) were 0.9946 and 355.65, respectively, when the samples were separated by a relative degree of pungent taste. DF1 value decreased with increasing the amount of powdered red pepper with a pungent taste. It is similar to the increase in the concentration of capsaicin. Increasing the amount of red pepper powder, discriminant function second score (DF2) values were moved from the negative position into the positive position. The R^2 and F-value of DF1 were 0.9890, 165.17 and DF2 were 0.9219, 21.64. Also, the results by MS based E-nose agreed to that by HPLC. There is the potential to grade pungent taste of powdered red pepper using the E-nose.

Key words: red pepper, capsaicin, pungency, mass spectrometer, electronic nose

서 론

최근 한식의 세계화가 매우 관심을 받고 있으며 해외로 수출하는 우리 음식들이 증가하는 가운데 고추장이나 김치는 특히 한해 약 3-4천억원 정도의 수출이 이루어질 정도로 인기가 높아지는 추세이다. 하지만 고추장이 들어간 음식이나 김치는 한국을 대표하는 매운 음식인데도 불구하고, 한식을 처음 접해보거나 익숙하지 않은 외국인들은 매운 음식이 어느 정도 매운지 알 수가 없으며 국내 소비자들도 제대로 알기가 힘들다. 현재 우리나라에서 재배되는 고추의 품종은 그 종류가 매우 많고 재배되는 지역이 넓어 그에 따라 고춧가루의 특성이 다르게 나타난다(Choi et al., 2000, Hwang et al., 2001). 그 중 고춧가루의 대표적인 특

성이라 할 수 있는 매운 맛 또한 고추의 품종에 따라 다양한데 시중에서 판매되는 고춧가루에는 ‘순한 맛’, ‘매운 맛’, ‘아주 매운 맛’ 등과 같이 객관적이지 못한 맛의 등급이 표시되어 있거나, 전혀 표시되어 있지 않은 경우도 있어 소비자들이 판단하기가 어렵다. 또한 사람마다 매운 맛을 느끼는 정도가 모두 달라 객관적인 지표가 되는 고춧가루 매운 맛 등급화가 요구되는 실정이다.

고추의 매운 맛 성분은 capsaicinoid계 화합물로 capsaicin과 dihydrocapsaicin이 주종을 이루며 기타 성분은 미량으로 존재하며(Ku et al., 2003) HPLC와 GC/MS를 사용하여 capsaicin의 함량을 측정할 수 있지만 이러한 경우 전처리 과정 등의 복잡한 처리과정을 거쳐야 하는 문제를 안고 있다(Todd et al., 1977, Kim et al., 2006., Yu et al., 2009). 또한 capsaicin의 함량을 측정하여 매운 맛을 등급화하는 Scoville 단위가 현재 타바스코 소스의 매운 맛 등급에 이용되고 있으나 김치나 고추장의 매운 맛은 짠맛, 감칠맛, 신맛 등과 함께 시너지 효과 또는 상쇄효과를 내는 맛이므로(Park & Lim, 2003) 독립적으로 사용될 수 있는 등급이 필요하다. HPLC와 함께 관능검사로 고춧가루가 첨가된 김

Corresponding author: Bong-Soo Noh, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, 126 Kongleung 2-dong, Nowon-ku, Seoul 139-774, Republic of Korea
Tel: +82-2-970-5636; Fax: +82-2-970-5977
E-mail: bsnoh@swu.ac.kr
Received November 30, 2009; revised February 8, 2010; accepted February 10, 2010

치나 라면 등의 매운 맛에 대한 연구가 이루어진 바 있지만 관능검사 역시 패널훈련 등 복잡한 과정을 거쳐야 하며 (Jeong et al., 2005, Imm et al., 2003) 김치제조용 고춧가루를 이용한 연구의 관능검사 결과에서는 매운 맛의 유의적인 차이를 보이지 못하였다(Ku et al., 2001). 전자코는 HPLC나 관능검사가 가지는 복잡한 과정이 없어 매우 편리하고 매운 맛 정도에 따른 각 성분 및 ion fragment가 갖고 있는 성질을 활용하여 구분이 손쉽게 이루어 질 수 있어 식품의 매운 맛 연구에 전자코가 사용된다면 간단하게 매운 맛의 차이를 구별할 수 있을 것이다.

Figen et al. (2002)은 고추의 capsaicin과 capsaicinoid 함량을 HPLC로 분석하여 Scoville 단위의 상관관계를 조사하고 전자코를 이용하여 상대적인 매운 맛 정도를 확인한 바 있다. 하지만 전자코 결과에서 각 시료들이 분리만 되었을 뿐, capsaicin 함량에 따른 뚜렷한 유의성은 나타나지는 않았다. 이는 여러 개의 센서들이 향기 성분과 반응하며 그 차이를 구별해내는데 있어 선택성에 한계가 있는 비특성센서인 MOS(metal oxide semiconductor)로 구성된 전자코로 측정된 것으로, MS를 바탕으로 하는 전자코의 경우 분자량의 변화를 추적하여 분석하는 ion fragment 시스템으로 이러한 한계를 극복할 수 있다.

전자코는 현재 식품 향기의 특성 및 휘발성분을 측정하는데 이용되고 있으며 우유, 기름 산패, 커피 등과 같이 여러 가지 휘발성분의 차이를 이용하여 품질의 차이 측정에 활용되었다(Brudzowski et al., 2006; Gan et al., 2005; Massimo., 2004). 특히 MS를 바탕으로 한 전자코는 허위 옥수수 글루텐의 식별(Frick et al., 2009), 삼해주의 휘발성 분석(Lim et al., 2009), 꿀의 진위판별(Ampuero et al., 2004), 우유의 TMA 측정(Ampuero et al., 2002), 베이커리 제품의 초기 곰팡이 부패 예측(Marín et al., 2007), 호주 riesling 와인의 감각적 속성 평가(Cozzolino et al., 2006) 등과 같이 정확성이 크게 요구되는 연구에도 활용된 바 있다. 고춧가루는 매운 맛 성분이라는 하지만 휘발성분이 매운 향기를 갖고 있어 휘발성 물질의 분석에 활용되는 전자코를 활용할 수 있을 것이라고 판단되며 MS를 바탕으로 한 전자코의 경우 분자량의 변화까지도 측정하는 정확성을 가지므로 매운 맛 등급화가 가능할 것으로 사료된다.

본 연구는 고추장과 김치에서 매운 맛을 내는 고춧가루의 등급화를 위하여 매운 고춧가루(매운 맛)와 맵지 않은 고춧가루(순한 맛)를 5가지 비율로 혼합하여 전자코로 향기성분의 차이를 측정하여 매운 맛 등급화 가능성을 분석하고자 한다.

재료 및 방법

시료의 수집 및 처리방법

본 실험에 사용한 고춧가루는 충청남도 청양군에서 재배

된 것으로 시중 마트에서 순한 맛과 매운 맛을 구입하여 사용하였다. 순한 맛 : 매운 맛의 비율에 따라 각각의 고춧가루를 (A)100:0, (B)75:25, (C)50:50, (D)25:75, (E)0:100의 비율로 섞어 공기가 통하지 않게 밀봉하여 혼합한 후 냉장고에 보관하면서 시료로 사용하였다. 혼합된 고춧가루를 10 mL vial에 각각 1.0, 1.5, 2.0 g으로 나누어 넣고 뚜껑을 닫은 후 시료로 사용하였다. 질량에 따른 매운 맛의 차이를 비교하기 위하여 고춧가루의 매운 맛 성분인 capsaicin (Sigma, USA, 68%)을 10 mL vial에 각각 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05, 0.06 g으로 나누어 넣고 뚜껑을 닫은 후 시료로 사용하였다.

전자코를 이용한 향기성분 측정

10 mL vial에 넣은 고춧가루를 4°C의 향온 tray holder에서 온도를 일정하게 유지한 후 70°C에서 8분 동안 가온하여 생성되는 기체상의 휘발성 화합물을 head space 법으로 채취한 후 자동 시료 채취기가 연결된 전자코(SMART Nose300, SMART Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)로 분석하였으며 capsaicin도 같은 조건으로 분석하였으며 addition method 로 재확인하였다. 이 전자코는 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Liechtenstein, Switzerland)가 연결되어 있으며 휘발성 물질을 70 eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온물질을 사중극자(quadrupole) 질량필터를 거친 후 특정 질량 범위에서 10-200 amu에 속하는 물질을 정수 단위로 측정하였다. 실험 분석초기에 공기시료를 대조구로 사용하여 3회 반복하여 시행하였고 시료 분석은 3회 반복 실시하였다.

자료의 통계처리

각기 다른 channel의 intensity는 matrix형태로 기록되었으며 이온화되어 얻어진 분자들의 질량별 검출량과 그 분포 정도를 통계 처리하여 판별함수분석을 하였다. 이때 사용된 소프트웨어는 SMART nose statistical analysis software를 사용하였다.

결과 및 고찰

매운 맛 농도별 고춧가루를 질량분석기가 연결된 전자코 시스템에서 얻어진 이온화된 질량 스펙트럼 중에서 영향을 크게 미치는 질량을 선택하여 시료별로 판별 함수 분석을 수행한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서의 discriminant function first score(DF1)의 적정계수 R^2 는 0.9946, F값은 355.65 였으며 discriminant function second score(DF2)의 R^2 는 0.9889, F값은 172.60으로 나타났다. R^2 가 1에 가깝거나 F값이 무한대에 가까울수록 이상적으로 구별이 뚜렷해진다고 볼 수 있는데, Fig. 1에서 보는 바와 같이 매운 맛 고춧가루의 비율이 높아질수록(A→E) DF1의 양의 방

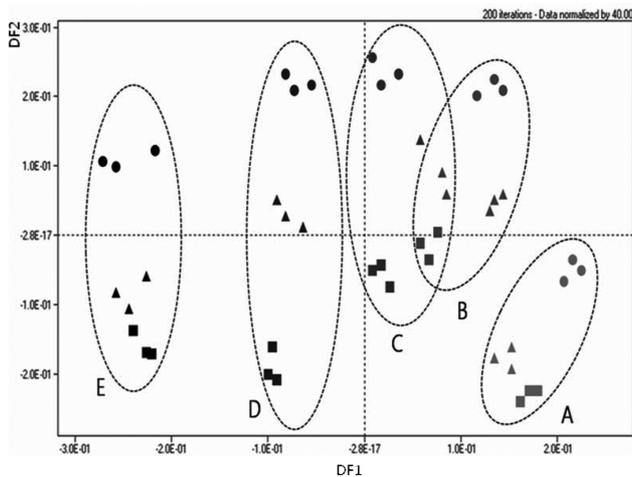


Fig. 1. DFA plot of grouped red pepper powder samples in 5 groups with air. It was separated by pungency using electronic nose based on mass spectrometer. A; 100:0(mild taste :pungency taste), B;75:25, C;50:50; D;25:75; E, 0:100 (● ;2 g, ▲ ;1.5 g, ■ ; 1 g)

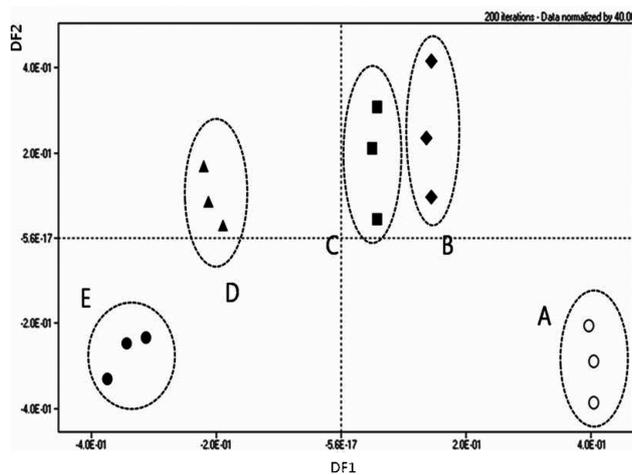


Fig. 2. DFA plot of grouped red pepper powder samples (2 g) in 5 groups with air. It was separated by pungency using electronic nose based on mass spectrometer.

향에서 음의 방향으로 이동되는 경향을 볼 수 있다. 각 혼합비(A-E)에서는 고춧가루의 무게가 증가할수록(A1→2 g, B1→2 g, C1→2 g, D1→2 g, E1→2 g) DF2의 음의 방향에서 양의 방향으로 향하는 경향을 보이며 처리구별로 분리가 됨을 알 수 있다. 고춧가루의 무게가 증가할수록 매운 맛이 강하다고 볼 때, 매운 맛 고춧가루 비율이 증가함에 따라 나타나는 방향과 무게에 의한 방향이 차이가 있는데 이는 같은 비율에서 무게에 따른 차이는 DF2가, 같은 무게에서 매운 맛 고춧가루 비율에 따른 차이는 DF1이 각각 크게 영향을 미치는 것으로 보인다. 매운 맛의 정도에 따라 매운 맛 성분인 capsaicin의 농도가 진해지는데, DF1의 값이 음의 방향으로 이동하며 순차적으로 낮아져 매운 맛 정도에

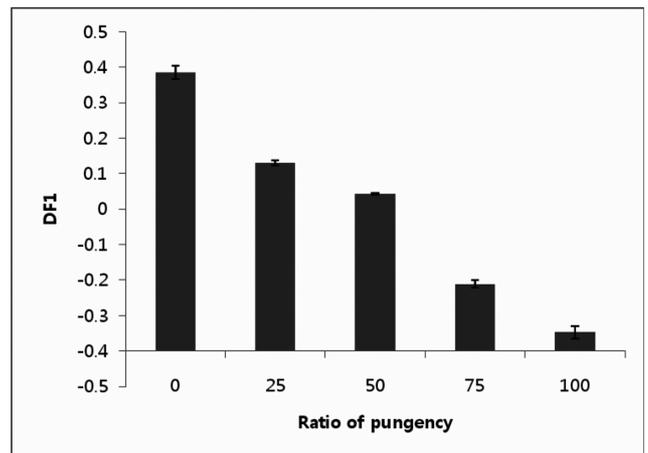


Fig. 3. Correlation between DF1 score and ratio of pungency from Fig. 2 plot.

따라 상대적인 등급화가 가능함을 확인하였다.

Fig. 2은 각 매운 맛 비율별로 시료의 양을 2g씩 취하여 분석한 후 판별함수분석을 수행한 결과, DF1의 R²값은 0.9977, F값은 766.98이고 DF2의 R²값은 0.8677, F값은 11.80으로 나타났다. 매운 맛의 비율에 따라 DF1의 영향을 크게 받는 것으로 나타났고 매운 맛 고춧가루의 비율이 증가할수록 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 이동해가는 경향을 보이며 가장 순한맛 고춧가루 A로부터 가장 매운 맛 고춧가루 E에 이르기까지 일정한 방향으로 이동해가는 추세를 보이며 뚜렷하게 구분되었다. 이 결과는 DF1에 의해 주로 영향을 받았고 A, B, C, D의 경우 DF1에 의한 영향과 더불어 DF2에 의해서도 영향을 받은 것으로 보여지고 있기는 하나, DF2의 F값이 DF1의 약 1/70로 DF2에 의한 이동방향에 대한 논의는 무시할 수 있을 것이며, 매운 맛의

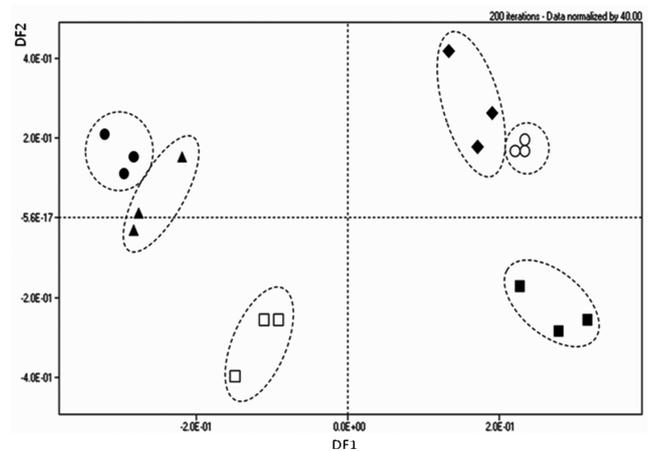


Fig. 4. DFA plot of capsaicin samples in 6 groups with air. It was separated by pungency using electronic nose based on mass spectrometer. (■ ; 0.01 g, ○ ; 0.02 g, ◆ ; 0.03 g, □ ; 0.04 g, ▲ ; 0.05 g, ● ; 0.06 g)

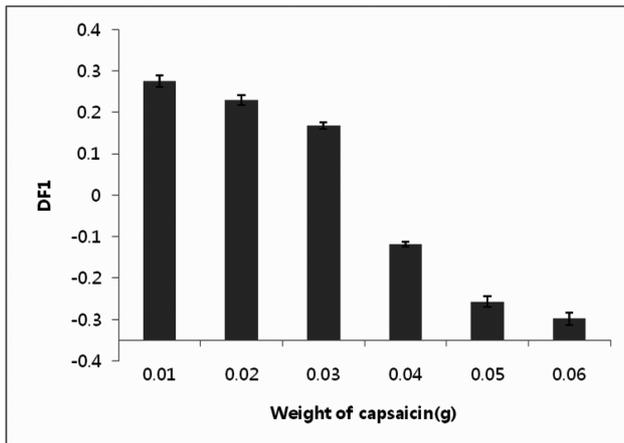


Fig. 5. Correlation between DF1 score and weight of capsaicin from Fig. 4 plot.

농도에 따라 DF1의 값이 순차적으로 감소하는 정도가 비례적인 것으로 미루어 보아 매운 맛 등급 정도를 전자코 분석으로 수행하는 것이 가능함을 확인하였다(Fig. 3). 이는 매운 맛별 4등급 즉, 아주 매운 맛, 매운 맛, 보통 맛, 순한 맛 등급으로 시판되고 있는 시판 고춧가루의 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량을 GC/MS를 이용하여 분석한 결과 아주 매운 맛 등급의 capsaicin은 96.90~108.57 mg%, 순한 맛은 14.20~15.86 mg%으로 나타났으며 매운 맛 함량이 낮아질수록 capsaicin 함량이 순차적으로 줄어든 것으로 보고된 결과와 상응하는 것으로 판단된다(Yu et al., 2009).

고춧가루의 주요 매운 맛 성분인 capsaicin의 질량을 달리하여 측정된 결과 DF1의 R^2 값은 0.9890, F값은 165.17이고 DF2의 R^2 값은 0.9219, F값은 21.64로 나타났다(Fig. 4). Capsaicin의 무게가 증가할수록(0.01→0.06 g) DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 향하는 경향이 나타났으며 F값을 비교해보면 Fig. 3에서는 F값이 상대적으로 더 큰

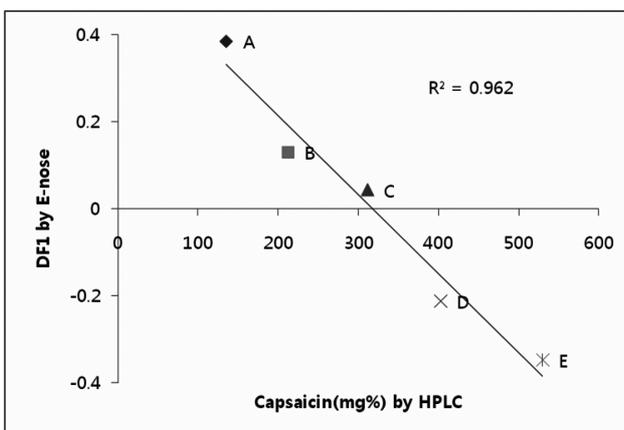


Fig. 6. Correlation between determination of capsaicin by HPLC analysis and analysis degree of pungency by MS based on E-nose analysis.

DF1이 중요한 영향을 미친다고 볼 수 있는데 이는 Fig. 1에서 매운 맛 고춧가루의 비율이 높아질수록 DF1에 영향을 받아 양의 방향에서 음의 방향으로 이동한 패턴과 동일하다고 판단된다. 질량에 따른 DF1의 값을 나타낸 결과는 Fig. 5와 같으며 질량이 증가할수록 DF1의 값이 감소하였으며 앞의 고춧가루의 DF1값의 경향과 상응하는 것을 확인하였다. 전자코를 이용하여 고춧가루의 매운 맛 비율 및 고춧가루의 양에 따라 분석한 결과가 capsaicin의 분석결과와 더불어 뚜렷하게 동일한 패턴을 나타내는 바, 이를 인공신경망에 학습시킨다면 시판 고춧가루의 매운 맛 정도를 손쉽게 예측할 수 있을 것으로 판단된다.

전자코에 의한 분석결과와 HPLC 분석결과간의 상관관계는 R^2 값이 0.962로 매우 높은 상관관계를 나타내었으며, (Fig. 6) 전자코 분석의 효용성을 재확인하고자 HPLC 분석을 시행한 결과 전자코를 이용한 고춧가루의 매운 맛 등급화가 가능할 것으로 판단된다.

Yu et al.(2009)은 GC/MS를 이용하여 각종 고추 및 고춧가루에 대해 품종별로 capsaicin 및 dihydrocapsaicin의 함량을 조사하여 capsaicin의 함량에 따라 매운 맛의 등급별 분류를 7등급으로 제시하고 있으나 추출 및 농축과 같은 복잡한 전처리 과정과 긴 분석시간이 요구된다. 그러나 전자코를 이용하여 얻어진 매운 맛 등급은 HPLC 및 GC/MS로 capsaicin을 측정해서 계산해야 하는 Scoville 단위와는 달리 측정을 위한 전처리 단계가 생략되어 훨씬 간편하게 얻어질 수 있으며 다른 향기 성분까지도 함께 측정하는 것이 가능하므로 매운 맛에 시너지 효과를 내는 맛 성분이 포함되어 있는 경우라 할지라도 매운 맛 등급화가 가능할 수 있을 것이라 예상된다.

전자코는 참기름의 위조 판별(Son et al., 2009), 쌀뜨물에 비린내 제거 효과(Hong et al., 2009), 다양한 시유의 관능적 품질 특성 이해(Chung et al., 2008) 등의 주요 휘발성 향기성분의 변화 정도를 인지하여 그 차이를 예측하는데 주로 활용되어 왔으나 매운 맛 성분의 향기 패턴 변화를 바탕으로 고춧가루의 매운 맛 등급화에도 활용될 수 있을 것으로 확인하였다. 이와 같이 맛 센서가 아닌 전자코로 매운 맛 분석이 가능한 것이 확인됨에 따라 앞으로 더욱 다양한 종류의 매운 맛, 예를 들어 고춧가루 이외의 후춧가루, 카레 등에 대해서도 전자코로 분석이 가능할 것으로 기대하는 바이다.

고추의 다양한 품종, 산지, 건조 방법에 따라 고춧가루에서는 휘발되는 성분들이 다른 것에 대한 분석은 향후 추가적으로 이루어져야 할 것이며 고춧가루를 이용하여 제조된 고추장, 김치와 같은 제품에서의 매운 맛 등급화는 물론 매운 맛의 정의를 주관적인 분석과 더불어 객관적인 기기 분석의 결과를 함께 혼용하여 설정하는 문제에 대하여 향후 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

요 약

고춧가루의 매운 맛 등급화 가능성을 검토하고자 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코를 활용하여 순한 맛 고춧가루와 매운 맛 고춧가루의 비율 달리하여 측정하였다. 고춧가루의 질량 스펙트럼을 토대로 판별 함수 분석을 수행한 결과 매운 맛 고춧가루의 비율과 고춧가루의 무게에 따라 판별이 이루어졌으며 DF1의 R^2 는 0.9946, F값은 355.65이고, DF2의 R^2 는 0.9889, F값은 172.60으로 나타났다. 매운 맛 고춧가루의 비율이 증가할수록 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 이동되며 막대그래프상의 상대적 비교치와 비례적인 관계를 보여주었다.

한편 같은 비율에서 고춧가루의 무게가 증가할수록 DF2의 음의 방향에서 양의 방향으로 향하는 경향을 보이며 분리되었다. 고춧가루를 각각의 매운 맛 비율별로 2.0 g만을 취하여 분석한 결과, 매운 맛 비율이 증가할수록 DF1의 양의 방향에서 음의 방향으로 이동되는 경향을 보이며 분리가 되었고 DF1의 R^2 는 0.9977, F값은 766.98이고 DF2의 R^2 는 0.8677, F값은 11.80으로 나타났다.

Capsaicin을 무게를 달리하여 측정한 후 DFA를 수행한 결과 DF1의 R^2 는 0.9890, F값은 165.17이고 DF2의 R^2 는 0.9219, F값은 21.64로 나타났다. Capsaicin의 무게가 증가할수록 DF1의 양에 방향에서 음에 방향으로 향하는 경향으로 분리되어 MS를 바탕으로 한 전자코를 이용하여 고추의 매운 맛 등급화가 가능하였다. 전자코에 의한 분석결과는 HPLC에 의한 분석결과와 높은 상관관계를 나타냈다 ($R^2=0.962$).

감사의 글

2009년도 서울여자대학교 교내 학술 특별연구비에 의해 수행되었음을 감사 드립니다.

참고 문헌

- Ampuero S, Zesiger T, Bogdanov S, Gustafsson V, Lundén A, Bosset JO. 2002. Determination of trimethylamine in milk using an MS based electronic Nose. *Eur. Food. Res Technol.* 214: 163-167.
- Ampuero S, Bogdanov S, Bosset JO. 2004. Classification of unifloral honeys with an MS-based electronic nose using different sampling modes: SHS, SPME and INDEX. *Eur. Food. Res Technol.* 218: 198-207.
- Barnett D. 1999. The electronic nose and food assessment. *Food Aust.* 51: 226.
- Brudzinski K, OsoWski S, Markiewicz T. 2006. Classification of milk by means of an electronic nose and SVM neural network. *Sensor Actuator B.* 98: 291-298.
- Choi SM, Jeon YS, Park KY. 2000. Comparison of quality of red pepper powders produced in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1251-1257.
- Chung SJ, Lim CL, Noh BS. 2008. Understanding the sensory characteristics of various types of milk using descriptive analysis and electronic nose. *Korean J. Food Sci. Technol.* 40: 47-55.
- Cozzolino D, Smyth HE, Lattey KA, Cynkar W, Janik L, Damberg RG, Francis IL, Gishen M. 2006. Combining mass spectrometry based electronic nose, visible-near infrared spectroscopy and chemometrics to assess the sensory properties of Australian Riesling wines. *Anal. Chim. Acta.* 563: 319-324.
- Figen K, Neriman B, Murat b, Yaar H. 2002. Ground red peppers: Capsaicinoids content, scoville scores, and discrimination by an electronic nose. *J. Agr. Food Chem.* 50: 3257-3261.
- Frick G, Dubois S, Chaubert C, Ampuero S. 2009. Identification by microscopy and MS-based electronic nose of a fraudulent addition to maize gluten. *Biotechnol. Agron. Soc.* 13: 45-50.
- Gan HL, Che Man YB, Tan CP, NorAini I, Nazimah SAH. 2005. Characterization of vegetable oils by surface acoustic wave sensing electronic nose. *Food Chem.* 89: 507-518.
- Hong EJ, Son HJ, Kang JH, Noh BS. 2009. Analysis of binding trimethylamine with rice-washed solution using electronic nose based on mass spectrometer. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 509-514.
- Hwang SY, An YH, Shin GM. 2001. A study on the quality of commercial red pepper powder. *Korean J. Food Nutr.* 14: 424-428.
- Imm BY, Shon SS, Kim KN. 2003. Changes in perceived intensities of pungency of ramen soup. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 623-627.
- Jeong EJ, Bang BH, Kim KP. 2005. The characteristics of kimchi by the degree of hotness of powdered red pepper. *Korean J. Food Nutr.* 18: 88-93.
- Kim SA, Kim KS, Park JB. 2006. Changes of various chemical compounds by the difference of the degree ripening and harvest factors in two single-harvested peppers(capsicum annum, L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 615-620.
- Ku KH, Cho MH, Park WS. 2003. Characteristics analysis for the standardization of commercial kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 316-319.
- Ku KH, Kim NY, Park JB, Park WS. 2001. Characteristics of color and pungency in the red pepper for kimchi. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33: 231-237.
- Lim CL, Son HJ, Hong EJ, Han KY, Choi JY, Cho IY, Kim GW, Noh BS. 2009. Changes in physicochemical characteristics during fermentation of traditional noble wine, Samhaeju, by different brewing methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 151-156.
- Massimo FM. 2004. Composition and properties of Indonesian palm civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Res. Int.* 37: 901-912.
- Marín S, Vinaixa M, Brezmes J, Llobet E, Vilanova X, Correig X, Ramos AJ, Sanchis V. 2007. Use of a MS-electronic nose for prediction of early fungal spoilage of bakery products. *Int J. Food Microbiol.* 114: 10-16.
- Ministry for Agriculture, Forestry and Fisheries Republic of Korea. 1990. Agriculture, Forestry and Fisheries Statistical Yearbook. Seoul, Korea, p.100.
- Park SH, Lim HS. 2003. Effects of red pepper, salt-fermented anchovy extracts and salt concentration on the tastes of kimchi. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 346-349.

- Son HJ, Kang JH, Hong EJ, Lim CL, Choi JY, Noh BS. 2009. Authentication of sesame oil with addition of perilla oil using electronic nose based on mass spectrometry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 609-614.
- Todd PH, Beninger MG, Biftu T. 1977. Determination of pungency due to capcicum by gas-liquid chromatography. *J. Food Sci.* 42: 660-665.
- Yu JO, Choi WS, Lee US. 2009. Determination of capsaicin and dihydrocapsaicin in various species of red peppers and their powdered products in market by GC-MS analysis. *Food Eng. Prog.* 13: 38-43.