

건조 방법에 따른 천마의 향기패턴 분석

이부용* · 양영민 · 한찬규

한국식품개발연구원

Analysis of Aroma Pattern of *Gastrodiae Rhizoma* by the Drying Conditions

Boo-Yong Lee*, Young-Min Yang and Chan-Kyu Han

Korea Food Research Institute

The study was to analyze aroma patterns of *Gastrodiae Rhizoma* by the electronic nose with conducting polymer 32 sensors. Response by the electronic nose was analyzed by the principal component analysis (PCA). Sensory evaluation for the organoleptic characteristics of *Gastrodiae Rhizoma* was also performed. Raw *Gastrodiae Rhizoma* was very intensive in overall odor and taste. Hot air-dried 60°C *Gastrodiae Rhizoma* was relatively weak in overall odor and taste. Intensity of aroma in the electronic nose was the highest in 60°C hot air-dried *Gastrodiae Rhizoma*. As quality factor (QF) calculated from PCA map of normalized pattern data by thirty two sensors showed less than 2, and so aroma pattern among raw, freezed-dried, and hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma* had no difference. When PCA was performed for normalized pattern data by the selected sensitive ten sensors, QF value between raw and 60°C hot air-dried *Gastrodiae Rhizoma* was 2.366. Thus aroma pattern of raw and 60°C hot air-dried *Gastrodiae Rhizoma* was discriminated in electronic nose.

Key words: *Gastrodiae Rhizoma*, electronic nose, sensory evaluation, aroma pattern

서 론

천마(天麻, *Gastrodiae Rhizoma*)는 난초과(*Orcbidaeae*)에 속하는 다년생 초본인 수자해초(천마, *Gastrodia elata* blume)의 뿌리를 지칭하는 것으로서 적근(赤根), 귀독우(鬼督郵), 난모(難母), 신초(神草), 정풍초(定風草) 등의 다른 명칭으로 부르기도 한다^(1,2). 신농본초경(神農本草經)에는 천마가 중품(中品)으로 분류되어 있으며, 약성이 평무독(平無毒)한 약재로 알려져 있다. 천마의 임상적 효능들은 본초강목, 동의보감을 비롯한 여러 본초문헌들에 널리 기록되어 있는데 주로 고혈압, 두통, 마비, 신경성 질환, 당뇨병 등의 성인병과 스트레스, 피로 등의 증상에 대하여 효능이 있는 것으로 알려져 있다. 우리나라의 민가에서도 일찍부터 천마를 두통과 현기증, 수족마비, 중풍, 전간(발작, 지릴병) 등을 치료하는데 이용하여 왔다. 중국 등의 동양권에서는 천마의 약리적 효능에 대한 과학적 연구가 활발하게 이루어지고 있지만 아직 성분이나 정확한 약리작용에 대한 연구는 매우 미흡한 편이다. 지금까

지 이루어진 성분에 대한 중국의 연구보고들⁽³⁻⁵⁾을 보면 천마에는 vanillyl alcohol, vanillin, benzaldehydes, 배당체 등이 있다고 알려져 있는 정도이며, 천마소(acetylgastrordin), 천마대원(p-hydroxybenzyl alcohol) 등의 성분은 주사약제로도 개발되고 있다. 국내 연구로는 천마의 여러 가지 효능에 대한 실험적 연구⁽²⁾, 천마의 항혈소판 및 항혈전활성에 대한 연구⁽⁶⁾, 천마 extract가 관상순환기에 미치는 영향⁽⁷⁾, 일반성분에 대한 보고⁽⁸⁾ 정도가 있을 뿐이다.

한편 5-6년전부터 천마가 국내농가에서 인공재배되기 시작하여 최근에는 약용으로의 수요를 초과하는 공급과잉현상을 나타내어 천마의 활용도 제고가 시급한 상황이지만 그동안 천마는 식품의약품안전청의 식품으로 사용할 수 없는 원료의 규제에 묶여서 가공식품으로의 이용이 제한되어 왔었다. 2000년 9월 1일부로 규제가 풀려서 식품원료로의 사용이 가능해짐에 따라 가공식품으로의 개발에 필요한 기초자료가 시급한 실정이다.

최근 관심을 끌고 있는 전자코는 일종의 화학 센서가 내장된 것으로 휘발성 물질과 반응하여 특징적 향기패턴(fingerprint)을 보여준다⁽⁹⁾. 기존의 향기분석의 경우 관능검사와 GC/MS 분석법 등이 사용되어져 왔었다. 잘 훈련된 관능검사 요원은 미미한 향의 강도, 배합의 차이는 알 수 있으나 아무리 잘 훈련된 패널이라도 주관적인 기호가 개입될 염려가 있고 많은 종류의 시료 반복시험을 하게 되는 경우 미세

*Corresponding author : Boo-Yong Lee, Korea Food Research Institute, San 46-1 Backhyun-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
 Tel: 82-31-780-9074
 Fax: 82-31-780-9234
 E-mail: lbyong@kfri.re.kr

한 차이를 판별하기에는 역부족이다. 또한 GC/MS 등에 의한 기기분석은 사람이 감지하는 것과 같이 각 성분의 통합된 향을 감지하는 것이 아니라 각각의 성분을 분리하여 분석하고 있으며 기계 장치 또한 고가이고, 전처리가 복잡하여 보편적으로 이용되기에 어려움이 많다⁽¹⁰⁾. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법의 하나로 전자코의 응용을 생각 할 수 있다. 이것은 제품에 배합된 전체적인 통합된 향으로 인지하는 특성을 가지고 있고 사람의 기능을 100% 따라갈 수 없지만 사용하고자 하는 센서를 주의 깊게 선택하면 인간과 유사하게 향기물질에 반응 할 수 있다. 전자코는 headspace 안의 향기 물질에 반응하는 일련의 화학적 센서들을 통합하는 센서기술에 기초하고 있으며 인간이 감지할 수 없는 냄새에 대해서도 반응한다⁽¹¹⁾. 각 센서의 응답들을 판별분석(discriminant analysis), 주성분분석(principal component analysis), 신경회로망분석(neural network analysis) 등의 패턴인식 소프트웨어를 사용하여 시료간의 향기패턴 분별이 가능하다. 지금 까지 국내의 전자코를 이용한 식품의 향기패턴 연구 현황을 보면, 감식초 농축액의 향기패턴에 관한 연구⁽¹²⁾, 마그네슘에 따른 향기 패턴 연구⁽¹³⁾, 특용 작물의 산지판별에 관한 연구⁽¹⁴⁾, 된장의 숙성 정도 예측⁽¹⁵⁾ 등 약간의 연구보고가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 생천마를 비롯하여 동결 건조 천마, 40°C 및 60°C 열풍건조의 방법으로 건조하여 건조 방법에 따른 향기패턴의 차이를 32개 conducting polymer sensor가 내장된 전자코를 이용하여 측정하고, 관능 평가와 연관시켜 비교 분석해보자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 천마는 전북 무주에서, 2001년 4월에 수확한 것이다. 물로 잘 씻어 흙이나 먼지 등의 이 물질을 제거하고 수세미를 사용하여 겉껍질을 벗겨 낸 다음 3~4 mm 두께로 절편하였다. 이를 동결건조, 40°C 및 60°C에서 열풍건조시킨 후 분쇄기로 조분쇄하여 시료로 제조하였다.

관능평가

생천마의 맛과 향에 대한 profile test를 실시하여 단맛(sweet taste), 쓴맛(bitter taste), 땀은 맛(astringency taste), 짭짤한 맛(bad and salty taste), 신선한 냄새(fresh odor), 풀냄새(grassy odor), 비린내(fishy odor), 쿰쿰한 냄새(sweage odor)의 8가지 관능적 특성을 선정하였다. 제시된 관능적 특성에 대하여 훈련된 20명의 관능 검사요원을 대상으로 생천마의 관능적 특성을 5점 기준으로 하고, 9점 척도법으로 강도를 평가하도록 하였다.

향기패턴 분석

생천마, 동결건조 천마, 40°C 및 60°C 열풍건조 천마의 향기패턴을 분석하기 위한 conducting polymer 센서가 내장된 전자코(Aromascan A32, Aromascan Co. U.K)의 구성은 Fig. 1과 같다. 센서가 유입되는 외부 공기의 습도에 의해 영향받는 것을 최소화하기 위해 실리카겔을 넣은 유리관을 사용하였다. 전자코의 향기 측정 순서는 외부 공기(reference)의 측

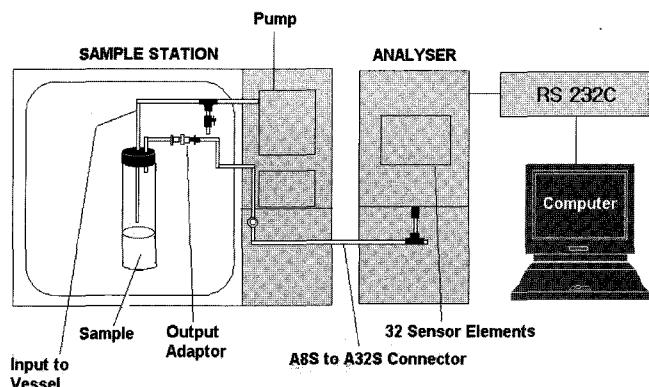


Fig. 1. Schematic diagram of electronic nose system

정, 시료의 향기 측정, 신선한 공기에 의해 센서에 묻어 있는 이물질을 제거하는 washing, 다시 외부 공기(reference) 측정으로 이루어진다. 본 실험은 외부 공기를 60초, 시료의 향기 120초, 신선한 공기 180초, 다시 외부 공기 120초를 3-way valve를 통해 흘려 보내 시료 하나를 분석하는데 총 소요 시간은 8분이었다. 데이터 수집 간격은 1초로 하였으며 공기가 이동 중 새어나가는지 확인하기 위해 flowmeter를 사용하였다. 센서의 동작 온도는 30°C를 넘지 않도록 하였으며 상대 습도는 50%로 하였다. 향기 분석을 위한 시료의 조제는 생천마는 10 g을 분쇄하였고, 건조한 분말 시료는 생마의 수분함량과 동일 조건이 되도록 증류수를 첨가하여 혼합한 후 35°C의 항온 항습조(Aroma Scan sample Station A8S, Co. UK)에서 40분 동안 평형에 도달시킨 후 측정하였다. 향의 분석은 dynamic head space 방법으로 하였고 각 시료에 대해 5번씩 반복 측정하였다. 각 센서의 감응도는 RS232C를 통하여 전자코내의 소프터웨어로 보내져 다변량 통계분석의 하나인 주성분분석(PCA)⁽¹⁶⁾을 실시하였다.

결과 및 고찰

관능 평가

생천마와 동결 건조, 40°C 및 60°C 열풍 건조 천마의 맛과 향 등에 대한 관능적 특성을 평가한 결과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보듯이 생천마, 동결건조, 40°C 및 60°C 열풍 건조 천마로 갈수록 단맛, 쓴맛 등의 맛과 냄새에 관련된 관능적 특성들의 강도가 낮아지고 있다. 즉 건조를 하지 않은 생천마가 단맛을 비롯한 관능적 특성에서 가장 높은 강도를 보여주었고, 60°C 열풍 건조 천마가 전체적으로 1~4점을 나타내어 가장 낮은 강도를 보여 주었다. 그리고 40°C 천마의 경우 위에서 언급한 관능적 특성외에 텁텁한 뒤맛이 강하게 느껴졌다. 단맛의 경우 동결 건조 천마가 6점으로 생천마 보다 높은 강도를 나타내었고, 60°C 열풍 건조 천마가 4점으로 40°C 열풍건조 천마의 3점보다 높은 단맛을 느끼는 것으로 평가되었다. 이는 60°C 열풍건조의 경우 가열에 의해 맛과 향의 변성이 일어나 쓴맛이나 쿰쿰한 냄새 등의 부정적인 특성이 감소하고, 상대적으로 단맛이 강하게 평가된 것으로 보인다.

냄새의 경우도 맛과 마찬가지로 생천마를 동결건조, 40°C,

Table 1. Sensory evaluation of organoleptic characteristics of raw, freezed-dried and hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma*

Organoleptic characteristics	Raw	Freezed dried	40°C hot air-dried	60°C hot air-dried
fresh odor (신선한 냄새)	5 ¹⁾	2	1	1
fish odor (비린내)	5	2	1	1
grassy odor (풀냄새)	5	2	2	1
sewage odor (쿰쿰한 냄새)	5	2	1	1
sweetness (단맛)	5	6	3	4
bitterness (쓴맛)	5	4	2	1
astringency taste (떫은 맛)	5	3	2	1
bad and salty taste (짭짤한 맛)	5	2	2	1

¹⁾1: very week, 5: moderate, 9: very strong

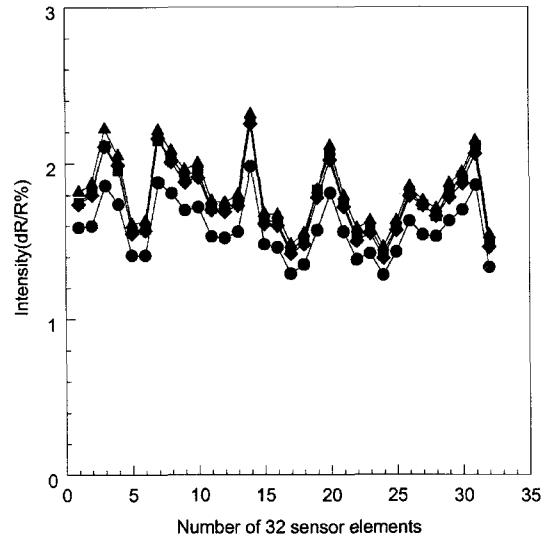
60°C 열풍 건조할 수록 모든 관능적 특성들의 강도가 낮아졌다. 40°C 및 60°C 열풍건조 천마의 경우 Table 1에서 언급한 관능적 특성외에 가열에 의한 고소한 단냄새가 강하게 나타났다.

Table 1의 결과는 생천마를 동결 건조 및 열풍건조함에 따라 생천마 고유의 맛과 향이 상당히 변화되는 것을 보여주고 있다. 60°C 열풍건조의 경우 생천마와 가장 큰 차이를 보여주어 관능적 특성의 차이가 가장 크게 나타났으며, 동결 건조천마가 생천마와 가장 유사한 관능적 특성을 보여주었다. 40°C와 60°C로 온도를 달리한 열풍건조 천마시료사이에는 거의 차이가 없었다.

이상과 같이 생천마를 동결건조나 열풍건조를 하게되면 생천마에서 거부감으로 느낄 수 있었던 비린내, 쓴맛, 떫은맛, 짭짤한 맛 등의 부정적인 관능적 특성들은 상당히 감소되고, 단맛은 어느 정도 유지되어 식품의 가공 및 이용에 활용도를 높일 수 있을 것으로 평가되었다. 따라서 건조 방법에 따라 달라지는 관능적 특성을 고려하여 가공시 각각의 특성을 살려서 적합하게 소재화하는 것이 바람직 할 것이다.

전자코에 의한 향기 패턴 분석

생천마와 동결 건조, 40, 60°C 열풍 건조 천마의 감응도(% dR/R)의 변화를 보면 Fig. 2와 같다. 전자코의 감응도는 32개 conducting polymer 센서의 저항 변화를 나타낸다. 즉 감응도(intensity)는 센서가 시료의 향에 노출되기 이전의 센서 저항값에 대한 시료 공기(head space)에 노출되었을 때의 상대적인 저항값의 변화율이다. Fig. 2에서 각 시료마다 센서 감응도를 보면 생천마 1.280~1.980, 동결건조 천마 1.420~2.270, 40°C 열풍건조 천마 1.390~2.250, 60°C 열풍건조 천마 1.540~2.310로 나타나 생천마에서 가장 낮고, 60°C 열풍건조 천마에서 가장 높은 감응도를 나타내었다. 이것은 생천마가 냄새에 관한 관능적 특성의 모든 면에서 가장 높은 점수를 받은 관능 검사의 결과와는 일치하지 않는다. 이는 관능검사

**Fig. 2. Intensity of aroma of *Gastrodiae Rhizoma* by thirty two sensor elements**

● - ● : raw, ■ - ■ : freezed dried, ◆ - ◆ : 40°C hot-air dried, ▲ - ▲ : 60°C hot-air dried

에 의한 특성 평가시 생천미를 기준으로 검사 항목을 선정하고 각각의 항목별로 평가가 이루어졌기 때문이며, 전자코는 이런 기준없이 냄새라는 휘발성 성분 전체와 반응하였기 때문인 것으로 보여진다. 즉 열풍 건조 천마의 경우 관능검사 요원들은 가열에 의해 생성된 가열취(cooking flavor)를 배제하고, 신선한 생천마 고유의 관능적 특성들을 5점 기준으로하여 평가하였기 때문에 낮은 점수 값을 얻은 것이고, 전자코는 생천마의 고유한 각각의 관능적 특성들보다는 가열취와 같은 전체 냄새를 더 강하게 인식하여 60°C 열풍 건조 천마가 생천마보다 높은 감응도를 나타낸 것으로 보여진다.

한편 본 시험에 사용된 32개 모든 센서들은 접촉하는 향기 물질들에 따라 감응도가 모두 다르다⁽¹²⁾. Fig. 2에서 보면 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 30, 31번의 센서가 다른 센서에 비해 높은 저항값의 변화를 나타내어 특히 민감하게 반응하는 것을 알 수 있다. 이것은 천마의 향기 패턴 분석에 다른 센서들 보다 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 30, 31번의 센서들이 더 적합하다는 것을 시사하는 것이다. 앞서 제시한 10개의 센서는 amines, short chain alcohols, carboxylic acids의 화합물에 $2\% < R < 5\%$ ⁽¹²⁾로 반응하는 것으로 보아 천마에서 강하게 느껴지는 향기 패턴은 주로 위의 화합물 계통일 것으로 추정된다.

건조 방법이 다른 천마의 향기 패턴의 차이를 보기 위해 각 센서의 표준화된(normalised) 감응도에 대하여 주성분 분석을 실시한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 보면 누적기여율(cumulative proportion)의 의미라 할 수 있는 고유값(eigen value)이 제1주성분은 28.93%, 제2주성분은 21.96%였다. 이것은 제1주성분이나 제2주성분만으로는 판별화(dis-crimination)에 필요한 정보가 충분하지 않음을 나타내고 있다. 주성분분석이나 판별분석 및 Sammon map과 같이 mapping에 의해 구분된 집단간의 차이를 정량화하기 위해 Mahalanobis distance를 사용하여 품질특성값(quality factor)을 계산하였다⁽¹⁷⁾. 품질특성값은 시료가 분별화 되는지 판단하는 기

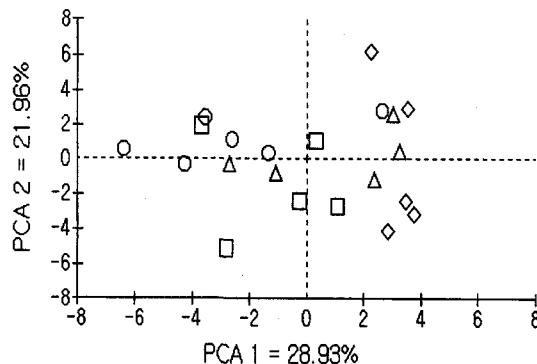


Fig. 3. Principal component analysis for normalised pattern of *Gastrodiae Rhizoma* by thirty two elements

○ : raw, □ : freeze-dried, △ : 40°C hot-air dried, ◇ : 60°C hot-air dried

Table 2. Quality factor for normalised patterns of *Gastrodiae Rhizoma* by thirty two conducting polymer sensor elements

Samples	Quality factor
A ¹⁾ : B ²⁾	0.868
A : C ³⁾	1.147
A : D ⁴⁾	1.524
B : C	0.787
B : D	1.111
C : D	0.597

¹⁾raw *Gastrodiae Rhizoma*

²⁾freeze-dried *Gastrodiae Rhizoma*

³⁾40°C hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma*

⁴⁾60°C hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma*

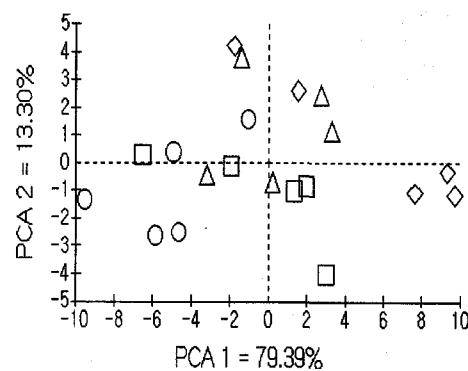


Fig. 4. Principal component analysis for normalised pattern of *Gastrodiae Rhizoma* by sensitive ten sensor elements

○ : raw, □ : freeze-dried, △ : 40°C hot-air dried, ◇ : 60°C hot-air dried

Table 3. Quality factor for normalised patterns of *Gastrodiae Rhizoma* by sensitive ten conducting polymer sensor elements

Samples	Quality factor
A ¹⁾ : B ²⁾	1.226
A : C ³⁾	1.720
A : D ⁴⁾	2.366
B : C	0.667
B : D	1.234
C : D	1.142

¹⁾raw *Gastrodiae Rhizoma*

²⁾freeze-dried *Gastrodiae Rhizoma*

³⁾40°C hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma*

⁴⁾60°C hot-air dried *Gastrodiae Rhizoma*

준값으로 2이상 일 때 시료들 간 향기패턴의 차이가 있다고 판단한다⁽¹⁸⁾. 생천마를 비롯한 동결 건조 천마, 40°C, 60°C 열풍건조 천마의 32개 센서 모두에 대한 감응도를 주성분분석했을 때 품질특성값은 Table 2와 같이 모두 2미만의 값을 나타내어 향기 패턴의 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉 민감한 센서의 선정없이 32개 센서 감응도 모두를 주성분 분석했을 경우 생천마와 동결 건조, 열풍 건조한 천마 사이에는 향기 패턴의 차이를 보이지 않아 감응도가 높은 10개의 민감한 센서들만을 선정하여 주성분분석 하였다. 3, 4, 7, 8, 9, 10, 14, 20, 30, 31번의 센서는 감응도가 1.740~2.310로 다른 센서에 비해 높아 상대적으로 민감하였다. 따라서 10개의 민감한 센서들의 감응도에 대해서 주성분 분석한 결과와 이에 따른 향기 패턴 차이를 판단하기 위한 품질특성값은 Fig. 4 및 Table 3과 같다. Fig. 4에서 보면 제1주성분의 고유값이 79.39%로 매우 높게 나타나 제 1주성분만으로도 분별화에 필요한 정보가 충분하다는 것을 보여주었다. 또한 Table 3에서 품질 특성값은 생천마와 60°C 열풍 건조 천마 사이에는 2.366으로 향기 패턴의 차이가 있는 것으로 나타났고, 다른 시료 간에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이것은 전자코가 Table 1에서 생천마와 관능적 특성의 강도 차이가 가장 큰 60°C 열풍 건조한 천마와는 분별이 가능하다는 것을 나타내고 있는 것이다. 또 40°C 열풍 건조 천마와 60°C의 열풍 건조 천마, 동결 건조 천마와 40°C 열풍 건조 천마는 신선한 냄새를 비롯하여 모든 냄새의 관능적 특성 항목에서 강도 차

이가 없거나 존재한다하더라도 1정도의 극히 작은 강도 차이를 보여주었는데 이와 같은 관능적 특성 차이는 전자코의 향기 패턴 분석 결과 품질특성값이 2미만으로 작게 나타난 것과도 일치하는 경향이었다. 또한 신선한 냄새를 비롯한 냄새의 관능적 특성 강도가 5로 가장 큰 생천마와 1의 값을 나타낸 60°C 열풍 건조 천마사이에는 전자코에서도 향기패턴의 차이가 있는 것으로 나타나 관능 검사 결과와도 일치하는 상관성을 보여주었다.

여기서는 전자코에 의해 분석한 결과만을 주성분분석하여 건조 방법에 따른 천마 시료들간의 차이를 판별하였으나 전자코에 의한 분석 결과와 함께 GC나 관능 검사 등의 기존의 일반적인 방법에 의한 결과를 함께 통계분석하는 경우 보다 높은 신뢰도를 제공 할 것으로 보인다. 또한 conducting polymer 센서는 선택성(selectivity)은 좋으나 감응도(sensitivity)는 낮은 것으로 알려져 있다⁽¹⁶⁾. 이런 문제점을 보완하여 감응도는 좋으나 선택성은 낮은 metal oxide 센서를 병용한다면 선택성과 감응도가 개선될 수 있어 보다 신뢰 할 수 있는 데이터를 확보할 수 있을 것이다.

요 약

Conducting polymer 센서가 부착된 전자코를 이용하여 생천마와 동결 건조 천마, 40°C 및 60°C 열풍건조 천마의 향기패턴을 측정하고, 관능 평가와 연관시켜 비교 분석해보고

자 하였다. 맛과 냄새의 관능적 특성 모두 생천마를 동결건조, 40°C, 60°C로 열풍건조 할수록 모든 관능적 특성들의 강도가 낮아졌다. 즉 생천마가 맛과 냄새에 대한 모든 관능적 특성의 강도가 가장 높았고, 60°C 열풍 건조 천마에서 가장 낮았다. 천마의 향기에 대한 전자코의 감응도(intensity)는 60°C 열풍 건조 천마가 가장 높았고, 생천마에서 가장 낮았다. 32개 센서의 표준화된 감응도에 대해서 주성분 분석을 실시했을 때 제1주성분과 제2주성분의 고유값은 각각 28.93%, 21.96%를 나타내었고, 건조 방법이 각기 다른 시료 사이의 품질특성값은 모두 2미만의 값을 나타내어 건조 방법에 따른 시료사이의 향기 패턴은 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 감응도 변화가 1.740~2.310로 상대적으로 큰 10개의 민감한 센서만을 선택하여 주성분분석한 결과 제1주성분의 고유값은 79.39%로 높아졌고, 생천마와 60°C 열풍건조 천마 사이의 품질특성값도 2.366으로 나타나 건조방법에 따른 천마의 향기패턴의 차이가 있는 것으로 나타났다.

문 헌

1. Society of Oriental Medicine. The Modern Oriental Medicine, pp. 446-447. Hakchang-Sa, Seoul, Korea (1993)
2. Ku, B.H. Experimental studies on the pharmaceutical effects of *Gastrodiae elata*. M.S. thesis, Kyung-Hee Univ., Seoul, Korea (1991)
3. Huang, J.H. Comparison studies on pharmacological properties of injection *Gastrodia elata*, gastrodin-free fraction and gastrodin. Chung-Kuo-Hsueh-Ko-Hsueh-Yuan Hsueh-Pao 11: 147-152 (1989)
4. Huang, Z.L. Recent developments in pharmacological study and clinical application of *Gastrodia elata* in China. Chung-Hsi-I-Chieh-Ho-Tsa-Chih 5: 251-258 (1985)
5. Wu, H.Q., Xie, L., Jin, X.N., Ge, Q., Jin, H. and Liu, G.Q. The effect of vanillin on the fully amygdala-kindled seizures in the rat. Yao-Hsueh-Hsueh-Pao 24: 482-489 (1989)
6. Paik, Y.S., Song, J.K., Yoon, C.H., Chung, K.S. and Yun-Choi, H.S. Anti-platelet and anti-thrombotic effects of *Gastrodia elata*. Korean J. Pharmacogn. 26: 385-389 (1995)
7. Kim, E.J., Ji, G.E. and Kang, Y.H. Effects of *Gastrodia Rhizoma* extracts on global coronary circulation in rats. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 213-220 (1994)
8. Chung, H.S. and Ji, G.E. Composition and functionality of *Chonma*. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 213-220 (1994)
9. Mielle, P. Electronic nose Towards the objective instrumental characterization of food aroma. Trends Food Sci. Technol. 7: 432-438 (1996)
10. Bartlett, P.N., J. M. Elliott and J.W. Gadner. Electronic nose and their application in the food industry. Food Chem. 51: 44-55 (1997)
11. Abe, H., Yoshimura Sasaki, S. Automated odor-sensing system based on plural semiconductor gas sensors and computerized pattern recognition techniques. Anal. Chem. Acta. 194: 1-9 (1987)
12. Lee, B.Y. Application of electronic nose for aroma analysis of persimmon vinegar concentrates(in Korean). Korean J. Food Sci. Techol. 31: 314-321 (1991)
13. Lee, B.Y. and Yang, Y.M. Analysis of aroma patterns of Nagaimo, Ichimo and Tsukuneimo by the Electronic nose. Korean J. Food Sci. Techol. 33: 24-27 (2001)
14. Noh, B.S., Ko, J.W., and Kim, S.J. Application of electronic nose in discrimination of the habitat for special agricultural products. Korean J. Food Sci. Techol. 30: 1051-1057 (1998)
15. Noh, B.S., Yang, Y.M., Lee, T.S., Hong, H.K., Kwon, C.H., and Sung, Y.K. Prediction of fermentation time of Korean style soybean paste by using the portable electronic nose (in Korean). Korean J. Food Sci. Techol. 30(2): 356-362 (1998)
16. Hodgins, D. The Electronic Nose: Sensor array-based instruments that emulate the human nose. pp. 338-371. In: Techniques for Analyzing Food Aroma. Marsili, R. (eds.). Marcel Dekker Inc., New York. (1997)
17. Kim., S.R. Aroma analysis of food by electronic nose. Food science and industry. 30: 126-133 (1997)
18. Aromanews. Aromaccan PLC, U.K., August, pp. 1 (1997)

(2001년 9월 14일 접수)