

전자코를 이용한 오렌지주스의 Recoverable Oil 함량 및 품질평가

이승엽[†] · 박종대¹
서울우유 연구소, ¹한국식품연구원

Recoverable Oil Contents and Quality Evaluation of Reconstitute Orange Juice by Electronic Nose

Seung-Youp Lee[†] and Jong-Dae Park¹
Institute of Dairy Food Research, Seoul Dairy Co-op., Ansan 425-839, Korea
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

An electronic nose equipped with metal oxide sensor(MOS) was used for investigating the quality of reconstitute orange juice added different recoverable oil(cold pressed valencia oil) contents during 21 days of storage at 4°C. Quality changes in orange juice was described in terms of the sensitivity($\Delta R_{gas}/R_{air}$) of the sensors. Principal component analysis(PCA) was carried out using data obtained from twelve metal oxide sensors. The flavor of orange juice contained with the different recoverable oil contents(0.01%~0.05%) was separated in PCA plot, in which the first principal component score was correlated with the content of recoverable oil. As storage periods prolonged, no significantly different sensitivity score of orange juice was observed in electronic nose. The content of recoverable oil in orange juice was reduced rapidly within 14 days, and then the decreasing ratio was slow on the next 7 days during storage at 4°C. The sensory score for overall and orange flavor of orange juice added 0.03% recoverable oil was decreased during the 14 days and then rapidly dropped next 7 days of storage at 4°C.

Key words : orange juice, electronic nose, d-limonine, recoverable oil

서 론

현재 국내에 시판중인 100% 오렌지 주스의 대부분이 오렌지 농축액으로부터 환원된 형태로서 고유의 풍미를 갖기 위하여 향을 첨가하여 제조되고 있다. 이러한 오렌지 주스의 풍미를 결정하는 중요한 요인은 시각적으로 판단하는 고유의 색, 기호를 결정하는 맛, 그리고 휘발성 향기물질을 감지하는 냄새이다. 특히 오렌지 주스의 향기는 원료인 오렌지 농축액으로부터 기인되며, 품질 평가에 중요한 지표로 사용된다(1).

오렌지 농축액의 제조 공정을 보면 원과를 수확하여 크기별 선별 공정을 거쳐 착즙, 원심분리, 살균, 농축, 저장의 단계를 거쳐 공급된다. 이러한 제조과정중 착즙 단계에서

1차 peel oil이 분리되고, 농축단계에서 essential oil이 분리되며 원과로부터 농축과즙으로 제조되는 공정중 오렌지 고유 향미의 약 25%를 상실하게 된다(2-4). 최종 단계의 농축과즙은 음료 제조사에 판매될 때 농축단계에서 분리된 essential oil의 일부를 환원하여 공급되며, 그 essential oil(recoverable oil) 함량에 따라 최종 제품의 품질에 영향을 미치게 된다(4). 오렌지 essential oil의 90% 이상이 monoterpene hydrocarbon류의 일종인 d-limonene이며(Table 1), 향미 특성에 영향을 미치는 보조성분은 aldehydes, esters와 alcohols 등의 산화된 성분이다(1,5). 이러한 휘발성 및 비휘발성 성분들은 다른 요인들과 반응하여 오렌지 주스 향미에 중요한 영향을 미친다.

오렌지 주스의 향기성분의 분석은 주로 HPLC, GC, GC/MS 등의 기기를 이용하여 분석되어 왔으며(6-8), 복잡한 전처리과정을 거쳐야 하기 때문에 많은 시간과 노동력이 필요하여 손쉽게 사용하기 어려운 문제점을 가지고 있었

[†]Corresponding author. E-mail : mammary@seoulmilk.co.kr,
Phone : 82-31-491-3867, Fax : 82-31-491-9179

Table 1. Major components of orange essential oil (3)

Compound	Concentration
Ethanol	0.1%
Ethyl Acetate	50 ppm
Acetal	20 ppm
Hexanal	200 ppm
Ethyl butyrate	0.1%
Trans-2-hexenal	50 ppm
α -pinene	0.4%
Sabinene	0.4%
Myrcene	1.8%
Octanal	0.5%
δ -limonene	93.6%
Linalool	0.5%
Decanal	0.6%
Neral	0.2%
Geranial	0.1%
Valencene	1.7%

다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 최근 센서기술의 발달에 힘입어 향기를 손쉽게 분석할 수 있는 전자코 분석시스템이 개발되어 각종 식품 분석에 이용되고 있다(9-11). 이러한 전자코 시스템은 얇은 피막(polymer film)의 전자중합반응을 이용한 conducting polymers, 센서에 산소가 접촉하여 전자를 빼앗아 전기전도도를 상승시킨 후 향기성분내 환원성 물질에 의한 전도도 감소를 이용한 MOS(metal oxide sensors), 공명라디오파(resonance radiofrequency)를 이용한 BAW(bulk acoustic wave)와 SAW(surface acoustic wave)가 이용되고 있다(12).

최근 들어 전자코 시스템은 화학산업과 화장품 산업에 폭넓게 이용되고 있다(10). 또한 식품산업에 전자코 시스템을 이용한 보고를 보면 우유의 신선도 예측(13), 신선 오렌지 주스와 저온살균 주스, 농축환원 주스간의 향 비교 등 여러 제품의 향 분석(14), 저장기간에 따른 토마토의 향기변화(15), 홍삼분말의 저장중 향기패턴 연구(16), 저장중 김의 품질평가(17) 등이 보고되었으며 전자코를 활용한 연구가 이루어지면서 식·음료류의 품질평가 및 관리, 숙성 평가 등에 전자코 시스템이 널리 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

따라서 본 연구는 오렌지주스의 품질 및 관능적 특성에 직접적으로 영향을 미치는 recoverable oil 함량 변화 및 저장기간에 따른 향미 품질변화를 알아보고자 관능검사와 향기패턴 변화를 12개의 metal oxide sensor(MOS)로 구성된 전자코를 이용하여 주성분 분석하여 전체적인 향 패턴 분석으로 후각적 품질특성을 비교 검토하였다.

재료 및 방법

재료

LDC(Louis Dreyfus Citrus, USA)사로부터 구입한 오렌지 농축과즙(64 °Brix, 17 °Brix/Acid)에 recoverable oil(cold

pressed valencia oil, Louis Dreyfus Citrus, USA)을 각각 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05%를 첨가하여 혼합한 후 미국 FDA 규격인 11.8 °Brix로 희석하여 제조한 100% 오렌지 주스를 이용하여 실험하였다. 각각의 시료는 glass beaker에 밀봉하여 water bath에서 90°C에서 15초간 열처리 하였으며, 냉각 후 20 mL screw-capped glass tube에 15 mL씩 분주한 후 밀봉하여 전자코 분석용 시료로 사용하였으며, 950 mL polypropylene 용기에 각각 넣어 관능검사용으로 사용하였다. 열처리 온도와 시간은 tube내 시료 중심온도가 측정조건 온도에 도달하였을 때를 기준으로 하였다. 각 시료는 분석시까지 4°C 냉장고에 보관하였으며, 최종일을 기준으로 7일 간격으로 각각 제조하여 저장기간에 따른 품질변화를 검토하였다.

Table 2. Electronic nose(α -MOS FOX3000) analysis conditions

Carrier gas	Synthetic air 150 mL/min O ₂ (20%) + N ₂ > 99.95%
Sample preparation	
Quantity of sample in the vial(μ L)	125
Total volume of the vial(mL)	2.5
Incubation parameters	
Incubation time(s)	300
Incubation temp(°C)	35
Agitation speed(rpm)	500
Injection parameters	
Syringe type(mL)	2.5
Fill speed(μ L)	500
Syringe temp(°C)	40
Flushing time(s)	120
Injection volume(μ L/s)	125
Injection speed(μ L/s)	125
Acquisition parameters	
Acquisition time(s)	120
Acquisition period(s)	0.5
Delay(s)	300

Metal oxide sensor로 구성된 전자코에 의한 측정

오렌지 주스의 향기 패턴 분석은 Farnworth 등의 방법(18)을 일부 수정하여 실시하였으며, 분석에 이용된 전자코는(α -FOX 3000 Electronic Nose System, Alpha M.O.S., Toulouse, France) 12개의 metal oxide sensor(MOS), 즉 SY/LG, SY/G, SY/AA, SY/gH, SY/gCTI, SY/gCT, T30/1, P10/1, P10/2, P40/1, T70/2, PA2로 구성되어 있다. 각 향기패턴 구별을 위한 센서들 중 P10/1, P10/2, SY/AA, SY/gCT 센서들은 non polar volatiles를, PA2, T30/1, SY/gCTI 센서들은 유기용매들을 감지하며, P40/1, SY/LG 센서들은 fluoride 및 chloride들을, SY/G 센서는 ammonia 및 sulfur 화합물을, T70/2 센서는 식품향기와 휘발성분들을 감지한다(16). Table 2는 전자코(MOS α -FOX 3000) 분석조건을 나타낸 것이다.

주성분 분석

전자코 향기 분석결과 얻어진 각 센서의 감응도($\Delta R_{gas}/R_{air}$) 즉, 공기 저항값(R_{air})에 대한 시료 휘발성 성분의 저항값(R_{gas})의 변화율로 각 12개의 센서 값들은 alpha soft software program(version 8.0)을 이용하여 주성분 분석(Principal Component Analysis; PCA)을 실행하여 제 1 주성분 값 및 제 2 주성분 값을 구하였다.

Recoverable oil 정량 분석

Recoverable oil 정량 분석은 Scott와 Veldhuis의 방법(19)을 일부 수정하여 실시하였다. Scott oil 분석방법은 산축매에 의한 산화-환원반응을 이용한 것으로 Fig 1은 recoverable oil 분석에 대한 반응과정을 나타낸 것이다 분석에 사용되는 표준용액은 0.0247 N bromide-bromate solution을 사용하며, bromate와 bromide 이온은 산성조건에서 bromine으로 변환되어진다. Bromide는 methyl orange 보다 d-limonene에 있는 이중결합과 높은 친화력을 가지고 있다. d-limonene에 있는 모든 이중결합과 반응하여 bromated 되어진 후 methyl

후 0.0247 N bromide-bromate 용액을 넣어 투명해질 때의 양(mL)을 측정하여 다음의 계산식으로 recoverable oil 함량을 구하였다.

$$\% \text{ OIL(v/v)} = [\text{mLs Br-BrO}_3(\text{Sample}) - \text{mLs Br-BrO}_3(\text{Blank})] \times 0.004$$

관능검사

Recoverable oil 농도별 저장기간별 향과 맛의 변화를 알아보기 위하여 recoverable oil 농도별로 0.01, 0.03, 0.05%를 농축과즙에 첨가하여 혼합한 후, 미국 FDA 기준인 11.8 °Brix로 희석하여 저장기간 최종일을 기준으로 7일 간격으로 시료를 제조하여 4°C 냉장 보관 후 관능검사 시료로 사용하였다. 관능검사 항목을 결정하기위해 profile test(20)를 실시하였으며, 패널이 느낄 수 있는 냄새와 맛을 기록하는 향미 프로파일 기록표를 만들어 시판중인 오렌지주스를 대상으로 4°C의 시료를 40 mL씩 플라스틱컵에 담아 밀폐된 공간에서 제품의 특성인 냄새 성분과 맛 성분을 기록하도록 하였으며, 각각의 특성에 따른 강도를 9점 척도법으로 표현하도록 하였다(겨우 느낄수 있는 강도: 1점, 강한 느낌: 9점). 이러한 profile test 결과에 따라 신맛(sour), 단맛(sweet), 오렌지향미(orange flavor)의 강도, 총체적 관능(overall taste) 등의 검사 항목을 결정하고 각각의 항목에 대하여 훈련된 관능검사 요원 30명을 대상으로 관능검사를 실시하였다. 오렌지 향미의 경우 향 강도에 따른 9점 척도법(매우 약하다: 1점, 매우 강하다: 9점)으로 실시하였으며, 총체적 관능검사는 맛의 강도에 따라 9점 척도법(매우 맛이 없다: 1점, 매우 맛있다: 9점)으로 실시하였다

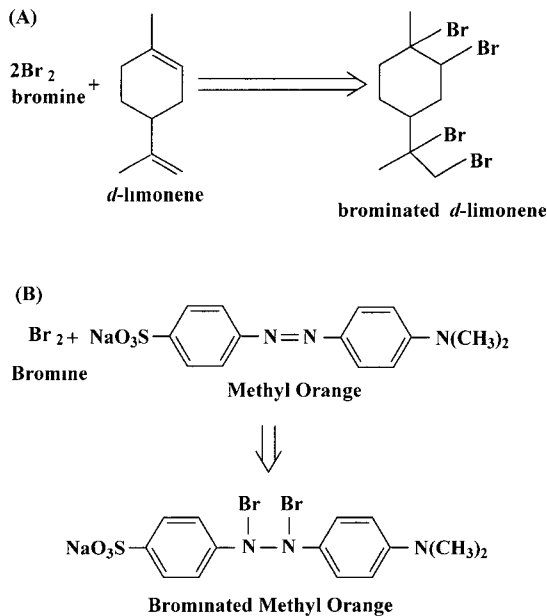


Fig. 1. The reaction of bromine with the methyl orange and d-limonene.

orange(오렌지 핑크색)에 있는 이중결합과 반응하여 bromated methyl orange 형태로 되어 투명하게 변하게 된다.

시료 25 mL을 500 mL flask에 넣은 후 2-propanol 25 mL을 넣고 5 mm glass beads를 넣어서 흔들어준다. 석면 가운 장치를 이용하여 약 10분간 가열한 후 가운 증류하여 얻은 시료에 hydrochloric methyl orange 용액 10 mL을 넣어 잘 혼든 후 0.0247 N bromide-bromate 용액을 넣어 투명해질 때의 양(mL)을 측정하고, blank는 2-propanol 25 mL에 hydrochloric methyl orange 용액 10 mL을 넣어 잘 혼든

결과 및 고찰

Metal oxide sensor로 구성된 전자코에 의한 향기 패턴 분석

오렌지 농축에 recoverable oil 농도별 처리에 따른 휘발성 향기성분의 패턴 변화를 알아보기 위하여 12개의 센서가 장착된 전자코를 이용하여 분석하였다 Fig. 2는 오렌지 농축과즙 과정에서 발생하는 cold pressed valencia oil을 recoverable oil로 간주하여 처리한 결과 향기 패턴 변화를 나타낸 것이다 주성분 분석 결과 전체 향 패턴을 나타내는 정보인 제1 주성분 값의 기여율은 99.84%를 나타내었으며, 농도가 A에서 E로 증가함에 따라 제1 주성분 값의 분포가 0.05~0.1 부근으로 이동하는 경향을 보였다. 주성분 분석의 discrimination index는 89로서 첨가 농도에 따른 향기 패턴이 명확히 구별되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Edward 등(21)이 보고한 recoverable oil 농도가 증가함에 따라 제 1 주성분 값이 -0.5~0.0으로 이동하는 결과와 상반되는 결과를 나타낸 것이다.

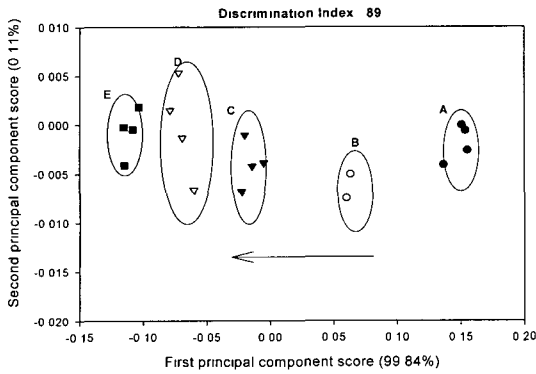


Fig. 2. Principal component analysis(PCA) plot from the obtained data using electronic nose on orange juice flavor at different concentration.

Added recoverable oil contents · A(0.01%), B(0.02%), C(0.03%), D(0.04%), E(0.05%)

Table 3은 recoverable oil 함량을 0.03% 처리시 저장기간에 따른 향미 변화를 MOS 전자코를 이용하여 분석한 결과 각 센서에 감지된 반응값을 나타낸 것이다. 각 센서의 반응값은 대조구에 비해서 저장기간의 변화에 따라 약간 감소하는 경향을 나타냈으며, SY/AA 센서에서는 오렌지 향미가 전혀 반응하지 않았다.

Table 3. Response of each sensor by the electronic nose on 0.03% cold pressed oil added reconstitute orange juice during storage periods

Sensor model	Response of each sensor ¹⁾			
	Control	7 day	14 day	21 day
SY/LG	0.087457	0.080629	0.081851	0.078411
SY/G	-0.150173	-0.147176	-0.149602	-0.142938
SY/AA	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
SY/gH	-0.158509	-0.154461	-0.156568	-0.149537
SY/gCTI	-0.194715	-0.189908	-0.192325	-0.185675
SY/gCT	-0.111421	-0.110988	-0.112957	-0.107123
T30/1	0.061311	0.060735	0.063054	0.059849
P10/1	0.046686	0.046048	0.047712	0.045142
P10/2	0.050621	0.050621	0.051651	0.048757
P40/1	0.052805	0.052110	0.054332	0.051452
T70/2	0.047332	0.046741	0.048361	0.045874
PA2	0.065139	0.065203	0.067563	0.064018

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

Recoverable oil 정량 분석

Fig. 3은 보존 기간에 따른 recoverable oil 함량의 변화를 나타낸 것이다. Recoverable oil 0.05% 처리구의 경우 7일째 까지 급격히 감소되어지고 21일까지 완만한 감소를 나타냈다. 0.03% 처리구와 0.01% 처리구의 경우 14일까지 완만한 감소를 나타냈으며 21일까지는 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. Moshonas와 Shaw의 보고(22)에 의하면 멸균액에 오렌지 주스를 담아 멸균상태로 보존한 결과 2개월까지 오일 함량이 약 50% 감소하는 것으로 보고 되었으며, 이러한 감소는 용기 표면과의 반응으로 인한 d-limonene의 분해

와 일부 α -terpineol로의 변환으로 보고되고 있다. 오렌지 주스의 주된 향미인 d-limonene의 감소는 변형된 일부 다른 향미, 특히 보존기간이 경과함에 따라 증가되어지는 ethyl acetate, furfural과 α -terpineol 성분의 보조적 역할과 더불어 관능에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

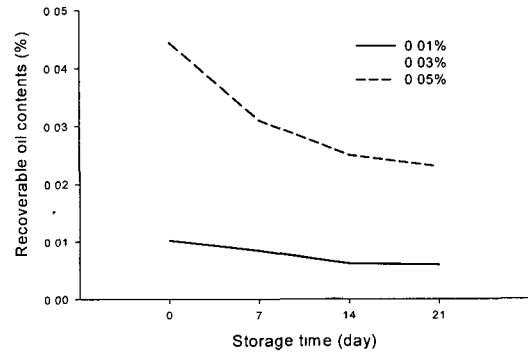


Fig. 3. Changes of residual recoverable oil contents in reconstitute orange juice treated different concentrations with cold pressed valencia oil during storage at 4°C.

관능적 특성

Recoverable oil 농도별 처리가 관능검사에 미치는 영향을 조사하기 위하여 훈련된 30명의 패널을 대상으로 신맛(sour), 단맛(sweet), 오렌지 향미(orange odor), 총체적인 관능(overall taste)으로 나누어 조사하였다.

Fig. 4(A)는 recoverable oil 농도별 처리에 따른 총체적 관능검사 결과를 나타낸 것으로 0.01%와 0.03% 처리구의 경우 0일차부터 14일차까지 거의 변화가 없었으며, 14일차 이후 0.03% 처리구에서 급격히 감소하였다. 0.05% 처리구의 경우 0일차에는 4.4에서 7일차 5.4, 14일차 5.6으로 증가 하였으나 21일차에는 4.53으로 급격히 감소하는 경향을 나타냈다. Fig. 4(B)는 recoverable oil 농도별 처리에 따른 오렌지 풍미에 대한 관능검사 결과를 나타낸 것이다. 0.05% 처리구의 경우 0일차에서 0.01%와 0.03% 처리구에 비해 가장 낮은 관능검사 결과를 나타냈으며, 7일차에서 오렌지 풍미가 높은 것으로 나타났으나 보존기간이 지남에 따라 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 0.03% 처리구의 경우 0일차에서 높은 관능검사 결과를 나타냈으며 14일차까지는 거의 변화가 없었으나, 14일차 이후 급격히 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 이상적인 주스가 0.03%의 essential oil을 함유한 제품이라고 보고한 Famworth 등의 보고(18)와 유사하며 0.03% recoverable oil을 함유한 주스의 관능검사가 Fig. 4에 나타난 결과처럼 0.01%와 0.05% 처리한 주스에 비하여 높은 관능적 평가를 받은 것으로 나타났다. 특히 오렌지 풍미의 경우 0.03% 처리구에서 14일차 까지 다른 처리구에 비하여 높은 관능 점수를 나타냄으로써 관능적으로 적합한 recoverable oil 함량은 0.03%이며 보존 기간은 4°C에서 14일이 적합한 것으로 나타났다.

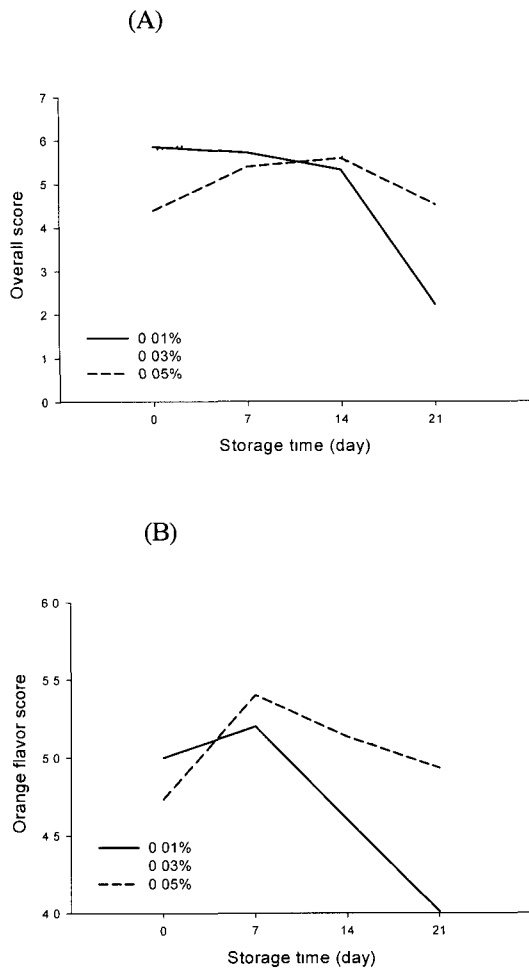


Fig. 4. Changes of overall and orange flavor score in orange juice treated different concentrations with recoverable oil during storage at 4°C.

요 약

Recoverable oil 농도별 처리에 따른 MOS(metal oxide sensor) 전자코를 이용한 향기 패턴 분석 결과 오일 함량이 증가함에 따라 제 1 주성분 값의 분포가 0.05~0.1 부근으로 이동하는 경향을 나타내었으며, 주성분 분석의 discrimination index가 89로서 첨가 농도에 따른 향기 패턴이 명확히 구별되고 있는 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 향미 변화는 거의 없었으며 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 저장기간에 따른 recoverable oil 잔존량을 분석한 결과 0.01%와 0.03%의 경우 14일까지는 완만한 감소를 나타냈으며, 21일까지는 거의 변화가 없었으나 0.05%의 경우 7일까지 급격히 감소되어지고 21일까지 완만한 감소를 나타내었다. 저장기간에 따른 총체적 관능검사 결과 0.03% 처리구의 경우 0일차부터 14일차까지 거의 변화가 없었으며, 14일차 이후 급격한 감소를 나타내었다. 오렌지 풍미에 대한 관능검사

결과에서도 0.03% 처리구의 경우 14일째까지 거의 변화가 없었으나 14일째 이후 급격한 감소를 나타내었다.

참고문헌

- Ahmed, E.M., Dennison, R.A. and Shaw, P.E. (1978b) Effect of selected oil and essence volatile components on flavor quality of pumpout orange juice. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 368-372
- Johnson, J.D. and Vora, J.D. (1983) Natural citrus essences. *Food Technol.*, 37, 92-93
- Johnson, J.R., Braddock, R.J. and Chen, C.S. (1996) Flavor losses in orange juice during ultrafiltration and subsequent evaporation. *J. Food Sci.*, 61(3), 540-543
- Kimball, D.A. (1999) Citrus processing. In: *A complete guide 2nd ed.*, p.73-140
- Ahmed, E.M., Dennison, R.A., Dougherty, R.H. and Shaw, P.E. (1978a) Flavor and odor thresholds in water of selected orange juice components. *J. Agric. Food Chem.*, 26, 187-191
- Lin, J.C.C., Nagy S. and Klim, M. (1993) Application of pattern recognition techniques to sensory and gas chromatographic flavor profiles of natural orange aroma. *Food Technol.*, 47, 235-245
- Tonder, D., Petersen, M.A., Poll, L. and Olsen, C.E. (1997) Discrimination between freshly made and stored reconstituted orange juice using GC odor profiling and aroma values. *Food Chem.*, 61, 223-229
- Selli, S., Cabaroglu, T. and Canbas, A. (2004) Volatile flavour components of orange juice obtained from the cv. Kozan of Turkey. *J. Food Comp. Anal.*, 17, 789-796
- Mielle, P. (1996) Electronic noses: Towards the objective instrumental characterization of food aroma. *Trends in Food Sci. Technol.*, 7, 432-438
- Bartlett, P.N., Elliott, J.M. and Gardner, J.W. (1997) Electronic noses and their application in the food industry. *Food Technol.*, 51, 44-48
- Dickinson, T.A., White, J., Kauer, J.S. and Walt, D.R. (1998) Current trends in 'artificial-nose' technology. *Trends in Biotechnol.*, 16, 250-258
- 김성란 (1997) 전자코(Electronic Nose)에 의한 식품의 향미 분석. *식품과학과 산업*, 30, 126-133
- Yang, Y.M., Noh, B.S. and Hong, H.K. (1999) Prediction of freshness for milk by the portable electronic nose. *Food Eng. Prog.*, 3, 45-50
- Bazemore, R., Russel, R. and Slims, C. (1996) Comparison

- of fresh squeezed orange juice analysis by electronic nose, sensory taste panel and GC FID. The 3rd Olfaction and Electronic Nose Symposium, Miami, Florida, U.S.A.
15. Amalia, Z.B., Joroen, L., Stijin, S., Corrado, D.N. and Bart, M.N. (2004) Electronic nose systems to study shelf life and cultivar effect on tomato aroma profile. *Sens. Actuators B*, 97, 324-333
 16. Shin, J.A., Kwon, J.H. and Lee, K.T. (2003) Aroma analysis by the electronic nose on red ginseng powder treated with gamma radiation, methyl bromide and phosphine. *J. Food Sci. Technol.*, 35, 825-829
 17. Cho, Y.S. and Noh, B.S. (2002) Quality evaluation of dried layer (*Porphyra yezoensis Ueda*) using electronic nose based on metal oxide sensor or GC with SAW sensor during storage. *J. Food Sci. Technol.*, 34, 947-953
 18. Farnworth, E.R., Robin, C.M., Denise, C., Stephane, L., Martin, C and Kelley, P.K. (2002) Use of an electronic nose to study the contribution of volatiles to orange juice flavor. *J. Food Quality*, 25, 569-576
 19. Scott, W.C. and Veldhuis, M.K. (1966) Rapid estimation of recoverable oil in citrus juices by bromate titration. *A.O.A.C.*, 49, 628-633
 20. 김광옥 · 이영춘, (1999) 식품의 관능검사. 학연사, p199-209
 21. Edward, R.F., Robin C.M., Denise C., Stephane, L., Martin, C. and Kelley, P.K. (2002) Use of an electronic nose to study the contribution of volatiles to orange juice flavor. *J. Food Quality*, 25, 569-576
 22. Moshonas, M.G. and Shaw, P.E. (1989) Changes in composition of volatile components in aseptically packaged orange juice during storage. *J. Agric. Food Chem.*, 37, 157-161

(접수 2005년 5월 4일, 채택 2005년 7월 22일)