

전자코를 이용한 자포니카벼 품종의 쌀과 밥 향기패턴 분류

송진*[†] · 손종록* · 박남규* · 조해영* · 장규섭**

*작물과학원, **충남대학교 식품공학과

Classification of Japonica Varieties by Volatile Component Patterns of Milled and Cooked Rice Using Electronic Nose

Jin Song*[†], Jong-Rok Son*, Nam-Kyu Park*, Hae-Young Cho**, and Kyu-Seob Chang**

*National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

**Dep. of Food Sci. & Technol, Chungnam Nat'l Univ., Daejeon 220, Korea

ABSTRACT : This study was performed to investigate the differences among the 44 varieties of Japonica rice by using the electronic nose. The volatile patterns of milled rice and its cooked rice were generated by twelve metal oxide sensors (MOS). The MSO responses were evaluated by principal component analysis and cluster analysis. Milled rice was classified into three groups; Group I included most of varieties, Group II was Daejinbyeo, Chucheongbyeo, and Group III was Mangumbyeo, Nampyeongbyeo, Shindongjinbyeo. But the discrimination of cooked rice was not identified. Also the result of correlation analysis appeared that the volatile of milled rice was not significantly related to that of cooked rice. Electronic nose system was considered as not depend on our study results sufficient to predict the volatile pattern of cooked rice.

Keywords : volatile, milled rice, cooked rice, electronic nose

향은 식품의 주요 품질요소 중의 하나로 이를 측정하기 위해 GC, GC/MS, 전자코 등 기계를 이용한 향의 분리, 동정 및 판별이나 인간의 후각에 의존한 관능검사 등에 의해 평가되어져 왔다. 전자코는 휘발성 물질과 가스센서가 반응하여 검출된 전기저항변화를 주성분분석이나 판별분석 등의 패턴 인식 소프트웨어를 이용해 감별하는 방식으로 측정하고자 하는 시료의 향을 평가하며, 근래에는 GC/MS에 의한 향분석 결과와 전자코 결과와의 분석을 통해 특정 성분과 관능 특성간 관계에 대한 연구와 전자코와 전자혀를 동시에 이용한 연구등이 발표되고 있다.

쌀이나 밥의 향기에 관한 연구는 주로 1960년대 후반부터 수행되어 왔으며 Bullard & Holguin(1977)이 쌀에서 70여 종 이상의 화합물을 분리하여 그 중 약 30종이 동정되었다고 보

고 한 바 있으며, Sugunya wongpornchai *et al.*(2004)은 쌀을 10개월간 저장하며 저장기간이 쌀의 향에 미치는 영향에 대한 연구에서 저장 중 n-hexanal, 2-pentylfuran의 함량은 증가하고, 2-acetyl-1-pyrroline의 농도는 감소하였음을 발표하였다. Joseph가 밥의 향에관해 정리하여 발표한 자료에 의하면 Yasumatsu 등은 저장된 쌀로 취반을 했을때 생성된 유리 지방산과 지방 산화에 의한 카보닐화합물에 관해, Tsugita *et al.*은 도정 정도에 따라서도 화합물의 생성이 달라지며, Kato *et al.*은 품종에 따라서도 향 화합물의 조성이 다르다는 것을 보고하였다(1984). 이렇듯 지금까지 쌀을 재료로 발표된 논문에 의하면 밥의 향이라고 동정된 화합물의 수는 약 120여종에 이르며 향미의 특징적인 향기성분으로는 α -pyrrolidone과 2-acetyl-1-pyrroline 등임이 밝혀졌으나 전자코를 이용한 쌀과 밥의 향기성분에 관한 보고는 거의 없다.

국내에서 전자코를 이용한 연구로는 참깨(신 등, 2003)나 마(이 등, 2001)를 재료로 향기패턴의 차이와 산지 판별등에 관한 연구가 있고 쌀을 재료로한 연구로는 이 등(1999)이 동진벼와 향남벼 현미의 휘발성분을 분석하여 비교하여 일반계 품종에비해 향미에서 저급 알데히드류와 알코올류가 더 많이 검출되었다고 하였고, 문 등(1996)이 향미의 방향성 성분 분석을 전자코 시스템을 이용하여 취반미가 백미상태보다 그리고 아밀로스 함량이 높을수록 방향성 성분함량의 증가를 보고한 바 있다.

본 연구는 한국에서 주로 재배되고 있는 자포니카 품종 44개를 12개의 metal oxide sensor(MOS)로 구성된 전자코 시스템으로 품종이 다른 일반미의 쌀과 밥의 향 패턴을 분석하여 전자코에 의한 품종간 구분을 시도해 보고, 동일 품종일 경우 취반 전과 후의 향 패턴이 지니는 상관관계를 살펴보고자 하였다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6789 (E-mail) songjin@rda.go.kr

<Received July 27, 2005>

재료 및 방법

시험재료

본 실험에 사용된 쌀은 2004년에 작물과학원 남양 시험 포장에서 오대벼를 비롯한 자포니카 44품종을 재배 생산하여 도정 후 시험에 사용하였다(표 1).

시료의 입형 및 이화학특성 조사

사용된 시료의 일반적인 특성으로는 캘리퍼스를 사용하여 품종마다 백미의 길이, 너비, 두께를 10회 측정하여 평균값을 사용하였으며 아밀로스함량은 William 방법(1977)에 준해 요오드 비색법에 따라 비색계를 이용하여 흡광도를 측정하여 구하였다.

쌀과 밥의 전자코 분석 조건 및 방법

쌀의 전자코 분석을 위한 방법으로는 백미 시료 3g을 20ml sealing tube에 칭량하고 밀봉하고 60°C까지 승온시킨 다음 500rpm으로 30분간 headspace generation time을 진행시킨 후 sensor를 통과시켜 방향성 성분 비율을 측정하였고, 밥의

분석은 백미 시료 3g을 20ml sealing tube에 칭량한 후 동량의 물을 넣어 밀봉하고 95°C 수조에서 15분간 호화시킨 후 40°C로 식힌 것을 분석시료로 하였다. 호화되어 준비된 시료는 전자코 장치에서 60°C까지 승온시킨 다음 500rpm으로 15분간 headspace generation time을 진행시킨 후 쌀과 동일한 방법으로 분석하여 수치화 하였다. 쌀과 밥 품종당 시료는 각 6반복으로 동일한 조건에서 실험을 하여 각 성분의 정량적인 조성비율을 저항값으로 환산하여 수치화 하였고, 통계분석은 SAS(V8.1)를 이용한 주성분분석과 군집분석을 실시하였다. 분석에 이용된 전자코는 α -FOX 3000 Electronic Nose System (Alpha MOS France)으로 기기의 분석조건은 표 2와 같고, 사용된 센서의 사양과 각 센서별 감응하는 향의 종류는 표 3에 표시하였다.

결과 및 고찰

시료의 입형과 아밀로스함량

우리나라에서 재배되는 주요 자포니카 쌀 중 시험에 사용된 44품종 백미의 입형과 아밀로스 함량은 표 4에서 보는 바와

Table 1. List of samples tested.

Sample No.	Variety	Sample No.	Variety	Sample No.	Variety	Sample No.	Variety
1	Odaebyeo	12	Dunnaebyeo	23	Ansungbyeo	34	Donganbyeo
2	Jinbubyeo	13	Hwaseongbyeo	24	Sampyeongbyeo	35	Hwasambyeo
3	Sangjubyeo	14	Seoanbyeo	25	Seokjeongbyeo	36	Nampeongbyeo
4	Sambaedbyeo	15	Hwayeongbyeo	26	Cheongmyeongbyeo	37	Shindongjinbyeo
5	Junghwabyeo	16	Hwajungbyeo	27	Daejinbyeo	38	Saechucheongbyeo
6	Sangmibyeo	17	Juanbyeo	28	Chucheongbyeo	39	Junambyeo
7	Munjangbyeo	18	Naepungbyeo	29	Ilpumbyeo	40	Dongjinbyeo
8	Jungsanbyeo	19	Surabyeo	30	Mangeumbyeo	41	Saegaehwabyeo
9	Taebongbyeo	20	Wonhwangbyeo	31	Dacanbyeo	42	Dongjinbyeo
10	Saesangjubyeo	21	Hwabongbyeo	32	Hwashinbyeo	43	Geumnanbyeo
11	Jinmibyeo	22	Kwanganbyeo	33	Ilmibyeo	44	Samkwangbyeo

Table 2. Electronic nose conditions for the analysis of volatile pattern of 44 rice varieties of milled rice and their cooked rice.

Conditions	Sample analytical condition		
	Milled rice	Cooked rice	
Procedure and specification	Headspace generation time (sec)	1800	900
	Generation Temp. (°C)	60	60
	Agitation speed (rpm)	500	500
Sensor array system headspace injection	Injected volume (μ l)	2500	2500
	Syringe Temp. (°C)	65	65
Sensor array system acquisition parameters	Acquisition time (sec)	120	120
	Time between two injection (sec)	1800	900
	Air flow rate (ml/min)	150	150
	Sample mass/vol. (g)	5	3

Table 3. Metal oxide sensors used in the electronic nose system.

Sensor No.	MOS sensor	Target chemicals	Sensor No.	MOS sensor	Target chemicals
1	SY/AA	Nonpolar volatiles	7	PA2	Organic solvent
2	SYg/CT	"	8	SY/G	Ammonia and sulfur
3	P10/1	"	9	SY/LG	Fluoride and chloride
4	P10/2	"	10	P40/1	"
5	SY/gCT1	Organic solvent	11	T70/2	Food aroma & volatile
6	T30/1	"	12	SY/Gh	Alcohol, Aromatic compounds

같이 백미의 길이는 4.77~5.86mm, 너비는 2.77~3.16mm로서 장폭비가 1.61~1.85의 범위를 나타내어 농촌진흥청의 조사기준에 의할 때 입형이 모두 장폭비 2.00이하인 1단위에 속하는 단립형이었고, 아밀로스 함량은 16.3~20.7%로 평균 함량 18.9%의 쌀이었다.

쌀과 밥 향의 주성분분석 및 군집분석 결과

일반계 쌀 44품종의 백미와 취반미를 12개의 센서를 장착한 전자코를 이용하여 향을 측정하고 그 값을 각 성분의 정량적인 조성비율을 저항값으로 환산하여 수치화 한 평균값에 대

해 적용된 주성분 분석결과는 표5와 같다. MOS센서를 사용하여 얻어진 향에 대하여 고유치가 1이상인 주성분은 쌀과 밥 모두 2개로서 쌀의 경우 제1주성분은 83.3%, 제2주성분은 10.5%를 설명할 수 있었으며 누적기여율은 93.8%였고, 밥에서 제1주성분은 84.5%, 제2주성분은 10.5%를 설명할 수 있었고 누적기여율은 95.0%로서 쌀과 밥 모두 제1주성분의 값만으로도 향기패턴 구분에 필요한 충분한 정보를 얻을 수 있었다.

한편 고유벡터 및 센서와 주성분과의 상관분석 결과 고유벡터를 살펴보면 밥의 향 측정시 12개의 센서는 제1주성분과 제2주성분에 골고루 영향을 주었으나 쌀의 향 측정에 있어 1번센

Table 4. Grain size and amylose contents of milled rice.

Sample NO.	Grain(mm)		L/W ratio	Amylose (%)	Sample NO.	Grain(mm)		L/W ratio	Amylose (%)
	Length	Width				Length	Width		
1	5.15	3.00	1.71	18.3	23	5.37	2.98	1.80	19.6
2	4.95	2.93	1.69	16.3	24	5.15	3.01	1.71	19.0
3	4.78	2.83	1.69	18.7	25	5.11	2.92	1.75	19.3
4	5.01	2.82	1.78	17.9	26	4.98	2.92	1.71	19.9
5	4.96	2.81	1.77	17.1	27	5.12	3.00	1.71	20.1
6	4.77	3.07	1.74	17.2	28	4.91	2.95	1.66	19.8
7	5.13	2.84	1.80	18.2	29	5.01	3.11	1.61	19.7
8	5.27	2.85	1.85	20.2	30	4.86	2.87	1.69	19.3
9	4.80	2.8	1.75	17.0	31	5.19	2.97	1.75	19.0
10	5.02	2.91	1.72	17.6	32	5.00	3.02	1.65	19.6
11	5.12	2.87	1.79	17.5	33	5.17	3.00	1.73	18.9
12	5.00	2.89	1.73	18.3	34	5.17	3.02	1.71	19.6
13	5.27	3.01	1.76	20.0	35	4.77	2.94	1.83	18.6
14	5.14	3.02	1.70	18.7	36	5.00	2.94	1.70	19.3
15	5.16	2.92	1.77	18.5	37	5.86	3.16	1.85	19.4
16	5.38	2.96	1.82	20.3	38	4.94	2.92	1.69	19.6
17	5.06	3.05	1.66	18.9	39	5.19	3.11	1.67	19.7
18	4.95	2.81	1.76	20.0	40	4.96	2.95	1.68	19.2
19	5.20	2.93	1.78	19.6	41	5.18	2.92	1.77	19.5
20	4.84	2.94	1.64	19.3	42	5.16	3.06	1.69	20.3
21	5.45	2.96	1.84	20.4	43	4.90	2.90	1.69	20.7
22	5.03	3.06	1.65	19.3	44	5.41	2.99	1.81	18.9
LSD (5%)						0.17	0.07	0.07	1.57
Mean						5.10	2.95	1.73	18.9
Standard deviation						0.27	0.12	0.10	1.43

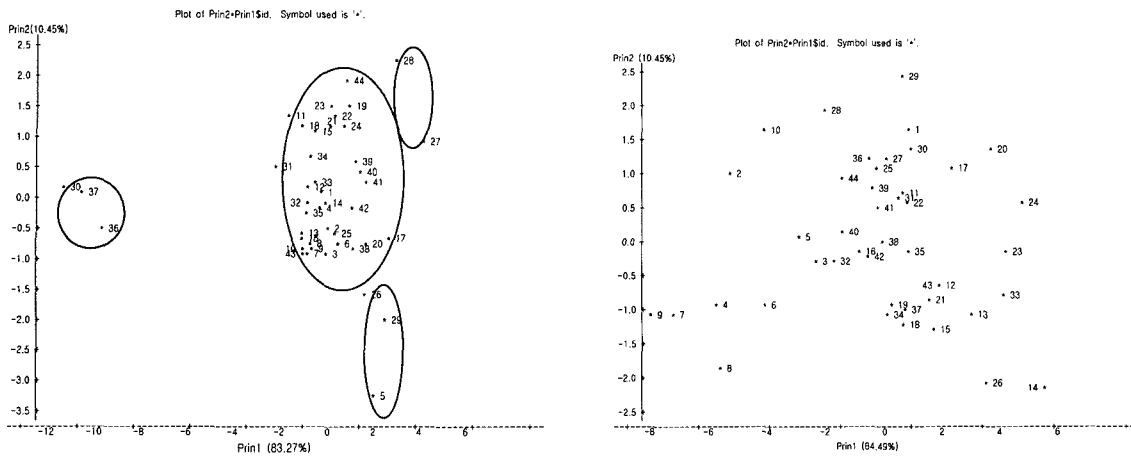


Fig. 1. Principal component analysis (PCA) plot of 44 rice varieties of milled rice (left) and their cooked rices (right).

Table 5. Eigenvalues of the correlation matrix and proportion of variation explained by principal components.

Parameters	Milled rice		Cooked rice		
	PC1	PC2	PC1	PC2	
Eigenvalue	9.992	1.157	10.14	1.254	
Proportion(%)	83.27	10.45	84.49	10.45	
Seonsor No.	1	0.010	0.874	-0.295	0.279
	2	-0.202	0.164	-0.297	0.282
	3	0.307	0.151	0.275	0.336
	4	0.312	0.074	0.297	0.215
	5	-0.299	0.123	-0.298	0.274
	6	0.303	0.123	0.580	0.304
	7	0.295	0.181	0.283	0.312
	8	-0.304	0.123	-0.300	0.255
	9	0.273	-0.221	0.280	-0.32
	10	0.308	0.134	0.274	0.334
	11	0.309	0.084	0.286	0.254
	12	-0.303	0.173	-0.298	0.271

서는 제1주성분에 영향을 주지 못했고, 제2주성분에는 높은 상관관을 보이는 것으로 나타났다. 1번 센서는 hydrocarbon, methane, propane 등 비극성 방향물질들을 감지하는 센서로서 MOS를 이용한 쌀 시료의 향 측정에서 특히 변별력을 주는 센서로서 작용하고 있음을 알 수 있었다.

그림 1은 쌀과 밥의 향측정 주성분분석 결과를 그림으로 나타낸 것으로 품종별 쌀 시료일 경우 향은 크게 4개의 그룹으로 구분이 되어졌다. 특히 제1주성분 값이 -12에서 -8 사이에 놓여진 만금, 남평, 신동진벼는 다른 41품종과 구별이 되는 것으로 나타나 이들 세 품종의 향 성분 중 어떠한 특정성분이 전자코에 의한 향 패턴을 구분 지어주었는지에 대해서는 추후 GC/MS로 확인해볼 충분한 가치가 있을 것으로 생각되어진다. 한편 같은 품종 밥의 향 패턴결과는 태봉, 문장벼 2품종만 다른 품종과 구분되는 향기패턴을 보여주었을 뿐 대부분 밥의 향기는 품종간 판별이 어려운 것으로 나타났다. 이것은 밥을 했을때 쌀이 지니고있는 품종 고유의 향 패턴이 물과 열을 가하여 조리되는 과정에서 발생한 물리적 및 화학적 변화

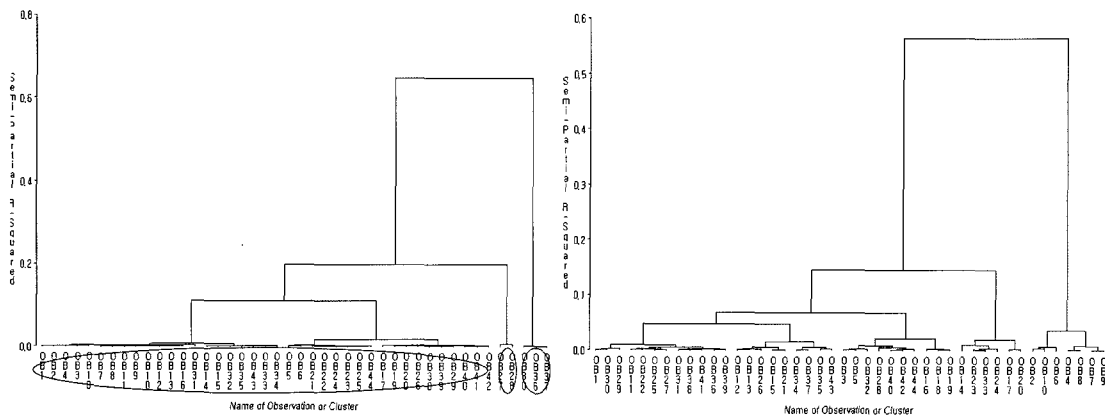


Fig. 2. Dendrogram of 44 milled rices of (left) and their cooked rices(right) linkage method based on volatile patterns.

에 의해 크게 달라진 결과이며 따라서 쌀에서보다 밥에서 품종 고유한 향의 패턴을 찾기가 어려웠던 것으로 판단된다.

그림 2는 일반계 44품종의 쌀과 밥에 대한 전자코 분석결과를 군집분석을 통해 얻어진 결과이다. 군집분석 결과도 주성분분석과 비슷했으며 3개의 그룹으로 분류를 할 수 있어 만금, 남평, 신동진쌀이 한 개의 그룹으로 대진, 추청쌀이 또 다른 그룹으로 분류되어 이들 다섯 품종의 쌀을 제외한 나머지 39품종의 향과 구별되었다.

주성분분석 및 군집분석에 의한 쌀 품종 분류

44품종 쌀의 향을 전자코로 분석하여 주성분 및 군집분석을 통해 품종을 향 패턴으로 구분한 결과는 표 6과 같다. 표와 같이 쌀의 향은 3개의 그룹으로 구분이 되어졌고, 1군에 속하는 품종은 오대벼, 일품벼를 포함한 총 39품종으로서 시험에

Table 6. Classification of volatile patterns of rice using electronic nose.

Type	Varieties	
I	Odaebyeo, Jinbubyeo, Sangjubyeo, Sambaedbyeo, Junghwabyeo, Sangmibyeo, Munjangbyeo, Jungsanbyeo, Taebongbyeo, Saesangjubyeo, Jinmibyeo, Dunnaebyeo, Hwaseongbyeo, Seonbyeo, Hwayeongbyeo, Hwajungbyeo, Juanbyeo, Naepungbyeo, Surabyeo, Wonhwangbyeo, Hwabongbyeo,	
	Kwanganbyeo, Ansungbyeo, Sampyeongbyeo, Seokjeongbyeo, Cheongmyeongbyeo, Daejinbyeo, Chucheongbyeo, Ilpumbyeo, Mangeumbyeo, Daeanbyeo, Hwashinbyeo, Ilmibyeo, Donganbyeo, Hwasambyeo, Nampeongbyeo, Shindongjinbyeo, Saechucheongbyeo, Junambyeo, Dongjin 1byeo, Saegachwabyeo, Dongjinbyeo, Geumnanbyeo, Samkwangbyeo	
	II	Daejinbyeo, Chucheongbyeo
	III	Mangumbyeo, Nampyeongbyeo, Shindongjinbyeo

사용된 공시재료의 대부분을 차지함으로써 쌀은 향에의한 품종간 구분이 어려움을 알 수 있었고, 2군에 속하는 품종은 대진벼와 추청벼이며 3군에는 만금벼, 남평벼, 신동진벼의 3품종이었다. 한편 조 등(2002)은 전자코를 이용한 검정현미의 산지판별 실험결과 MOS센서와 conducting polymer 센서를 혼합하였을때 판별효과를 높일 수 있었다고 보고한 바 있어 기계적인 보완이 있다면 앞으로 전자코로 쌀 품종구분을 시도하고자 할때 보다 효과적일 수 있을것으로 기대된다.

전자코를 이용한 쌀과 밥 향 분석 결과의 상관관계

쌀로 밥을 지을때 발생하는 향기는 쌀을 구성하고 있는 특정 성분이 열에 의하여 분해 또는 분해물의 중합반응에 의해 생성된 가열 향기로서 pyrazine류와 carbonyl 화합물이 주성분으로 알려져있다. 표 7은 12개의 MOS로 측정된 동일 품종 쌀과 밥의 향을 상관분석을 한 결과로서 취반 전과 후 쌀과 밥의 향은 서로 상관관계에 유의성이 없어 쌀의 향 측정으로 취반 후 밥의 향을 예측하는 것은 어려울 것으로 생각된다.

적 요

전자코를 이용하여 한국에서 주로 재배되고 있는 자포니카 44품종의 쌀과 밥의 향 패턴을 분석하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 백미 44품종의 향은 주성분분석과 군집분석결과 만금, 남평, 신동진쌀이 한 그룹으로, 대진, 추청쌀이 또 다른 그룹 분류되어 나머지 39품종 쌀의 향과는 구분이 되는 것으로 나타났다.
2. 밥의 향은 분석결과 44품종들이 제1주성분 값 -8에서 +6 사이에서 고른 분포를 보이며 품종간 구분은 되어지지 않았다.
3. 쌀과 밥의 향 측정에 사용된 12개의 MOS센서가 얻은 값을 상관관계 분석한 결과 쌀의 향과 밥의 향과는 서로 유의

Table 7. Correlation coefficients among 12 MOS sensor responses of 44 rice and its cooked rice.

Cooked rice Rice sensor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-0.157	-0.165	0.191	0.190	-0.163	0.091	0.100	-0.151	0.189	0.209	0.098	-0.161
2	-0.149	-0.102	0.027	0.046	-0.103	0.193	0.153	-0.123	0.061	0.035	0.202	-0.102
3	-0.024	-0.058	0.153	0.137	-0.048	0.054	0.088	-0.038	0.079	0.148	0.051	-0.043
4	-0.029	-0.065	0.130	0.124	-0.055	0.026	0.064	-0.046	0.095	0.123	0.024	-0.053
5	-0.150	-0.102	0.025	0.043	-0.101	0.162	0.119	-0.120	0.073	0.037	0.173	-0.103
6	0.030	-0.012	0.143	0.117	-0.002	0.018	0.051	0.008	0.035	0.142	0.009	-0.000
7	0.001	-0.038	0.181	0.155	-0.026	0.073	0.103	-0.017	0.039	0.182	0.064	-0.024
8	-0.096	-0.047	-0.024	-0.013	-0.054	0.116	0.071	-0.059	-0.010	-0.010	0.121	-0.049
9	0.141	0.112	-0.128	-0.126	0.110	-0.196	-0.176	0.134	-0.082	-0.134	-0.200	0.114
10	-0.024	-0.056	0.133	0.121	-0.047	0.043	0.075	-0.036	0.075	0.128	0.040	-0.042
11	0.008	-0.035	0.147	0.129	-0.024	0.030	0.068	-0.015	0.057	0.143	0.023	-0.023
12	-0.139	-0.090	-0.004	0.015	-0.093	0.148	0.104	-0.102	0.035	0.009	0.158	-0.089

성이 없어 전자코를 이용하여 쌀시료로 취반 후 밥의 향을 예측하는 것은 어려운 것으로 나타났다.

인용문헌

- AACC. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. 8th ed. 1990. Method 44-15A. Method 46-13. Method 08-01. Method 55-10. Method 54-40A. AACC Method 56-61A.
- Buratti, S., S. Benedetti, M. Scampicchio, and E. C. Pangerod. 2004. Characterization and classification of Italian barbera wines by using an electronic nose and an amperometric electronic tongue. *Analytica Chimica Acta*. 525 : 133-139.
- 조연수, 한기영, 김정호, 김수정, 노봉수. 2002. 전자코를 이용한 김정현미의 산지판별. *한국식품과학회지* 34(1) : 136-139.
- Corrado Di Natale, Antonella Macagnano, Eugenio Martinelli, Emanuela Proietti, Roberto Paolesse, Lorena Castellari, Stefano Campani, and Arnaldo D'Amico. 2001. Electronic nose based investigation of the sensorial properties of peaches and nectarines. *Sensors and Actuators B* 77 : 561-566.
- 작물과학원. 2004. 시험연구보고서.
- Joseph A. Maga. 1984. Rice product volatiles : A Review. *J. Agric. Food Chem.* 32. 964-970.
- 이부용, 양영민. 2001. 전자코에 의한 장마, 단마, 대화마의 향기패턴 분석. *한국식품과학회지* 33(1). : 24-27.
- 이종철, 김영희. 1999. 한국산 향미와 일반미의 휘발성 성분 비교. *한국식품영양과학회지*. 28(2) : 299-304.
- 문형인, 이재학, 이동진. 1966. 전자코 시스템에 의한 향미의 방향성 성분 분석. *한국작물학회지* 41(6) : 672-677.
- 농촌진흥청. 1995. 농사시험연구조사기준
- 신정아, 이기택. 2003. 전자코를 이용한 혼합 참기름의 판별 연구. *한국식품과학회지*. 35(4) : 648-652.
- Roger W. Bullard and Gilber Holguin. 1977. Volatile Components of Unprocessed Rice (*Oryza sativa* L.) *J. Agric. Food Chem.* 25: 99-103.
- Sugunya Wongpornchai, Kanchana Dumri, Sakda Jongkaewattana, and Boonmee Siri. 2004. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice(*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105. *Food Chemistry*. 87 : 407-414.
- Williams, P. C., F. D. Fuzina, and I. Hlynka. 1970. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* 47 : 411-420.