

## 멜라민을 함유시킨 식품에서의 MS-전자코를 이용한 멜라민 분석

홍은정 · 노봉수\*  
서울여자대학교 식품공학과

### Analysis of Melamine in Melamine-added Foods Using Mass Spectrometry-based Electronic Nose

Eun Jeung Hong and Bong Soo Noh\*

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

**Abstract** Melamine has been used to increase the protein contents of powdered foods by adding a nitrogen source. Samples were prepared by blending melamine with powdered products such as powdered milk and coffee whitener. Melamine was added at ratios of 100:0, 80:20, 50:50, 30:70, and 0:100 (w/w), respectively. A Mass Spectrometry-based Electronic Nose and DFA (discriminant function analysis) were used to determine the amount of melamine. The electronic nose results were completely separated by the mixing ratios of melamine.

**Key words:** electronic nose, mass spectrometry, melamine, powdered milk, coffee whitener

## 서 론

멜라민은 2007년에 동물 사료에 혼합되어 문제시 되었고 2008년에 중국에서는 우유를 비롯한 유제품에 단백질 함량을 높이는 목적으로 멜라민을 첨가하여 유통하였으며 이를 먹은 어린이들이 신장 질환으로 사망하거나 치료를 받는 일이 발생하였다(1). 또한 최근에는 국내에서도 멜라민이 함유된 제품이 검출되면서 이슈가 되기도 하였다. 멜라민은 질소를 많이 함유하고 있는 구조를 이루고 있어 유제품의 품질을 측정하는 지표 중 하나인 단백질 함량 측정시 일부 분석방법에서 마치 단백질 함량이 높은 것처럼 측정되기 때문에 식품에 혼합되고 있다. 이때 멜라민은 단백질과 동일하게 반응하여 1L의 우유에 멜라민 1g을 넣으면 단백질 함량이 0.4% 증가하게 된다(2). 하지만 이러한 멜라민은 FDA에서 하루에 0.063 mg/kg body로 기준을 정하고 있으며 그 이상 섭취하게 될 경우에는 신부전증이나 신장 결석, 발열, 구토, 설사, 결석을 비롯한 여러 가지 질환이 발생할 수 있어 식품에 멜라민을 첨가하는 것은 큰 문제가 되고 있다(1). 이러한 위험성에도 불구하고 멜라민은 단백질 함량을 측정하는 과정에서 단백질과 유사한 구조로 인하여 검출하는데 어려움이 있다. 또한 멜라민은 urea로부터 합성이 되는데 합성되는 과정에서 멜라민 뿐 아니라 이와 유사한 cyanuric acid, ammelide, ammeline 등과 같은 유사물질도 함께 합성되어(3) 분석에 더욱 어려움을 주기 때

문에 이러한 유사물질의 영향을 받지 않으며 멜라민 자체만의 함량을 분석할 수 있는 방법이 요구된다.

현재 멜라민 분석에 사용되고 있는 LC(liquid chromatography)(4,5), LC-UV(liquid chromatography-UV detector), LC/MS(liquid chromatography mass spectrometry)(6), LC-MS/MS(liquid chromatography tandem mass spectrometry)(7), GC-MSD(gas chromatography-mass selective detector)(8), CZE-DAD(capillary zone electrophoresis-diode array detector)(9), LTP/MS/MS(low temperature plasma tandem mass spectrometry)(10) 방법들은 민감도는 높지만 전처리 과정이 복잡하거나 시간이 걸리는 문제점이 있어 불안감속에 유통시장에서 확산속도를 신속히 따라 잡을 수 없을 정도이다. 멜라민이 함유된 식품은 국내 뿐 아니라 세계 각 국으로 빠르게 확산되기 때문에 무엇보다도 빠르고 정확하게 분석할 수 있는 방법이 필요하다. 또한 이러한 분석 방법은 단백질 함량이나 유사물질과는 별도로 멜라민 자체만의 함량을 분석할 수 있어야 하며 많은 식품에 적용 가능해야 하기 때문에 간편하면서도 신속하게 분석할 수 있는 새로운 방안이 요구되고 있다. 복잡한 전처리 과정이 요구되고 많은 시간이 소요되는 기존 방법에 비하여 최근에 관심을 받고 있는 전자코는 전처리 과정이 필요치 않으면서 빠르고 간편하게 휘발성분 분석이 가능하다(11). 또한 비파괴적인 분석방법으로 전처리 과정에서 파괴되거나 손실되는 것을 방지하여 멜라민과 같이 향이 적은 물질을 분석하는데 효과적이다. 따라서 본 연구에서는 기존의 멜라민 분석 방법의 한계점을 극복하고자 전처리 과정이 필요치 않으면서 빠르고 간편하게 전자코로 분석할 수 있는 방법을 모색하고자 한다. 이를 토대로 유제품에 멜라민을 첨가하였는지 그 진위여부를 신속하게 파악(12)할 뿐 아니라 첨가량을 달리한 차이를 구분하여 정량적인 양까지도 예측하고자 한다. 이러한 연구를 통하여 향후 미지의 멜라민 함량이 첨가된 제품에 그 함유량을 분석 가능하게 하여 제품의 품질 관리시 활용할 수 있는 대안을 제시할 수 있을 것이다.

\*Corresponding author: Bong Soo Noh, Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

Tel: 82-2-970-5636

Fax: 82-2-970-5977

E-mail: bsnoh@swu.ac.kr

Received August 17, 2010; revised September 30, 2010;

accepted October 3, 2010

## 재료 및 방법

### 시료

이 실험에서 사용된 멜라민, 요소, cyanuric acid는 Sigma(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였으며 분유, 커피 크림(coffee whitener)은 서울 시내 대형마트에서 구입하였다. 임의의 농도인 멜라민과 각 제품을 혼합하여 제조한 시료는 10 mL vial(Pharma Fix, Chemmea, Slovakia)에 넣고 PTFE/silicone뚜껑으로 닫은 후 분석 시료로 사용하였다.

### 전자코 분석

멜라민을 첨가한 분유와 크림에 대하여 각각의 혼합 비율에 따른 차이를 MS-전자코로 분석하고자 하였다. 각 시료가 들어 있는 vial을 300 rpm으로 교반하면서 70°C를 유지하였고 주입구 온도는 130°C인 상태에서 주입하였다. 이 때 사용한 가스는 질소(99.999%, Donga Gas, Seoul, Korea)였으며 분당 230 mL의 유속으로 흘려보냈다. 데이터 수집시간은 3분이었으며 분석 후 purge는 3분간 지속되었고 시료 사이에서의 purge도 3분간을 유지하였다. Syringe purge는 3초를 유지한 후 thermostatted tray holder에 놓은 후 head space syringe를 사용하여 2.5 mL 취하였다. 시료는 자동시료채취기가 연결된 전자코(SMart Nose300, SMart Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)로 분석하였다. 분석에 사용된 전자코는 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Marin-Epagnier, Switzerland)가 연결되어 있으며 휘발성 물질들은 70 eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온물질을 사중극자(quadrupole)질량 필터를 거친 후 특정 질량 범위(10-200 amu)에 속하는 물질을 정수 단위로 측정하여 channel수로 사용하였다(13). 각각의 시료는 4회 반복을 실시하였다.

### 판별함수 분석

판별함수 분석(DFA: discriminant function analysis)은 휘발성 향기 성분으로부터 생성되는 150여개 이상의 ion fragment 중 이온화되어 얻어진 분자들의 질량별 검출량을 기준으로 각 시료 간에 차별성이 높은 20-30여개의 fragments(m/z)를 독립변수로 선택하였다. 이때 선택한 amu값들은 멜라민의 mass spectrum에서 나타난 주요 ion fragment인 41, 42, 43, 63, 68, 83, 85, 126, 127을 선택하였다. 선택된 독립변수의 해당 감응도(intensity)값을 이용하여 다음의 식에 따라서 판별함수분석(DFA)을 실시하였으며 종속변수에 영향을 주는 독립변수를 검정하였다.

$$DFA=B_0+B_1X_1+B_2X_2+B_3X_3 \dots \dots \dots +B_nX_n$$

$B_i$ 는 coefficients를,  $x$ 는 각각의 amu값에서의 감응도를 나타낸다. 이들 독립변수 중에서 종속변수를 예측할 수 있는 판별함수 값은 DF1, DF2, DF3 ..... DF $n$ 으로 나타났다. 여러 독립변수들 중에서 종속변수에 영향력을 주는 순서를 기준으로 DF1과 DF2를 정하였다.

### 통계 분석

멜라민이 첨가된 제품의 분석은 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코를 활용하였고 각각 다른 channel의 intensity는 matrix 형태로 기록되었으며 이온화되어 얻어진 분자들 중 가장 차별성을 높게 표현하는 분자량(m/z)을 갖는 variables 그룹을 20-30개 선정하여 DFA(discriminant function analysis)를 실시하였다(13,14). 이때 사용된 소프트웨어는 SMart Nose statistical analysis software를 사용하였다.

### 멜라민 함량 예측

각각의 혼합 비율을 달리하여 멜라민을 식품에 첨가한 시료를 전자코 분석을 통하여 상관관계식을 설정하고 이를 토대로 미지의 멜라민 양이 함유되었을 때 그 함량을 예측하고자 하였다. 0, 30, 50, 80, 100%의 멜라민이 혼합된 분유, 커피 크림 시료의 전자코 데이터를 통계처리하여 얻어진 DF1 값과 멜라민 농도간의 관계를 토대로 표준곡선을 만들고 미지의 시료(20, 40, 70, 90%)를 전자코로 분석하여 통계처리한 후 표준곡선을 적용하여 멜라민 함량을 예측하였다.

### 유사물질의 영향

멜라민은 요소로부터 합성되며 부산물로 cyanuric acid가 생성되므로 이러한 물질들이 멜라민 분석에 영향을 주지 않는지 알아보기 위하여 농도별(4.7, 9, 13% 첨가) 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 멜라민 함량 분석

유제품에 멜라민이 혼합된 시료를 제조하여 mass spectrum을 바탕으로 한 전자코를 이용하여 분석하였다. 멜라민은 비휘발성 물질이지만 전자코에 있는 shaking incubater에서 일정 온도(70°C)의 열을 가하고 MS system에 의해 다시 ion fragment로 만들어 준 후 생성된 일부 분해산물을 기반으로 분석하였다. 전자코로 측정된 10-200 amu 값들 중 멜라민이 나타내는 주요 amu 값인 41, 42, 43, 63, 68, 83, 85, 126, 127 amu에서 감응도 값들을 이용하여 DFA 통계처리를 통해 시료간의 차이와 멜라민 함량간의 관계로부터 멜라민의 함량을 분석하였다. DFA는 선택된 ion fragment를 나타내는 amu에서 감응도 값을 이용하여 종속변수에 영향을 주는 독립변수를 검정한 것으로 종속변수를 예측할 수 있는 판별함수값인 독립변수 중 영향력이 큰 DF1과 DF2로 시료간의 차이를 판별하였다. Lim 등(13)은 원산지가 다른 쇠고기를 전자코로 측정하여 이를 구분한 바 있으며 이때 원산지간 차이가 큰 amu에서 감응도 값 4가지를 선별하여 DFA 통계처리 하였다. 또한 종류가 다른 주류(보드카, 위스키, 맥주, 와인 등)를 전자코로 분석하여 향기성분의 ion fragment에서의 감응도 값들을 DFA 통계처리한 결과 주류의 종류에 따라 구분이 가능하였다(14). Son 등(11)은 전자코를 이용하여 들기름이 혼합된 참기름을 판별하였는데 이때 amu 53을 비롯하여 들기름 혼합비율에 따라 차이가 큰 amu값들을 선별하여 이들의 감응도 값으로 DFA 통계처리한 결과 그 혼합비율에 따라 혼합된 기름간의 판별이 가능하였다. Fig. 1A는 분유에 멜라민의 함량을 달리하여 전자코로 분석한 후 통계 처리한 결과로 첨가량에 따라 처리구들이 뚜렷이 구분되었다. 이는 판별함수 분석에서 얻어진 DF1 값이  $r^2=0.9988$ ,  $F=1839.6$ , DF2는  $r^2=0.9570$ ,  $F=50.1$ 로 멜라민 함유량이 증가함에 따라 주로 DF1 값의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있다. 멜라민 첨가량과 통계처리하여 얻은 DF1 값을 막대그래프로 나타내면 Fig. 1B와 같다. 멜라민 첨가량이 증가할수록 전자코 결과에서 얻은 DF1 값은 일정하게 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타났다.

커피 크림에 멜라민을 첨가한 경우에도 분유와 마찬가지로 멜라민 함량에 따라 처리구들간의 차이가 뚜렷하게 구분되었으며 (Fig. 2A) 멜라민 함유량이 증가함에 따라 DF1 값이 감소하는 경향을 보였다(Fig. 2B). 커피 크림의 경우 DF1 값이  $r^2=0.9973$ ,  $F=817.8$ 이고 DF2는  $r^2=0.9487$ ,  $F=41.6$ 로 멜라민 함량에 따라 DF1 값의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있다. 이러한 결과를 통해 전자코를 이용하여 각 제품에 멜라민의 첨가 여부와 정량적인 분

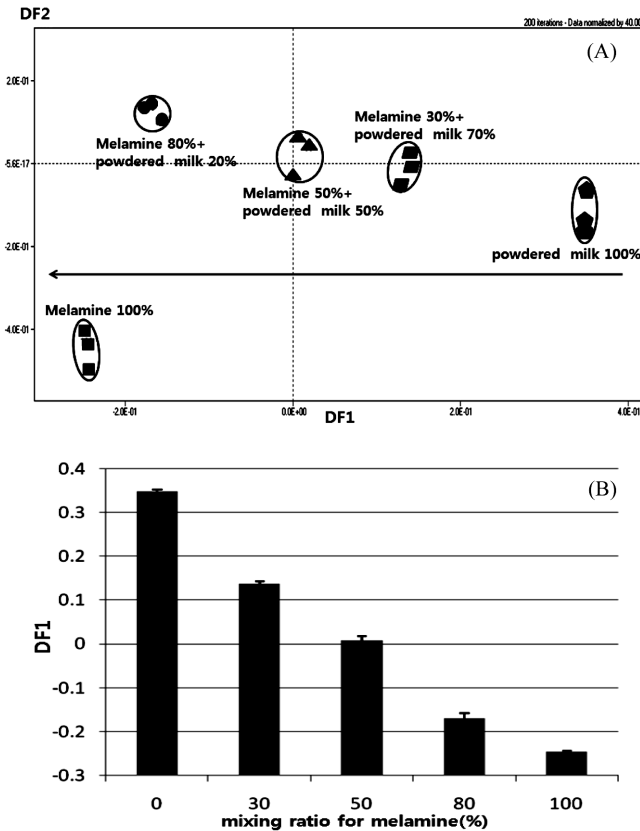


Fig. 1. Discriminant function analysis of the obtained data by electronic nose for melamine and powdered milk (A), correlation between DF1 and mixing ratio of melamine and powdered milk (B).

석 가능성을 확인하였으며 멜라민 함유량과 전자코에서 얻은 DF1 값 간에 높은 상관관계를 보이는 것으로 보아 상관관계식을 통하여 멜라민 함량 예측이 가능할 것이라 여겨진다.

분유와 커피 크림에 멜라민을 첨가한 시료를 전자코로 분석하여 ion fragments 값을 얻었으며 이를 통계분석하여 구한 DF1 값들과 멜라민 함유량의 상관관계식을 각각 구하였다(Table 1). x는 멜라민 함량(%)이고 y는 DF1 값이다. 분유의 경우  $y = -0.006x + 0.327$ 의 식을 구하였으며  $r^2 = 0.991$ 로 높은 상관관계를 갖는다. 커피 크림은  $y = -0.006x + 0.316$ 의 식을 얻었고  $r^2 = 0.994$ 로 멜라민 함유량과 DF1 값 간에 높은 상관관계를 갖는 것을 확인하였다. 위에서 얻은 상관관계식은 결정계수( $r^2$ )가 1.0에 가까워 미지의 멜라민 함유량이 첨가된 시료를 전자코로 분석하여 통계처리한 후 얻은 DF1 값을 대입하면 멜라민의 양을 예측할 수 있었다. 이를 토대로 미지의 멜라민 양을 첨가하였을 때 그 정도를 예측할 수 있는지 알아보기 위해 20, 40, 70, 90%의 멜라민을 분유, 커피 크림과 혼합한 것을 전자코로 분석하였다.

그 결과 멜라민 함유량이 증가함에 따라 판별함수 분석에서 얻은 DF1 값이 감소하였으며 분유와 커피 크림 모두 멜라민 함유량이 증가함에 따라 DF1 값이 양의 방향에서 음의 방향으로 일정한 간격을 유지하는 경향을 보이며 위치하였다(Fig. 3). 또한 멜라민 첨가량과 DF1 값을 통해 얻은 상관관계식을 이용하여 미지의 시료를 적용한 결과 적은 오차 범위 내에서 멜라민의 함량 예측이 가능하였다(Table 1). 이처럼 기존의 분석방법들과는 달리 전자코를 전혀 하지 않고도 빠른 시간 내에 멜라민의 첨가 유무를 전자코를 이용하여 분석하는 것이 가능하였다.

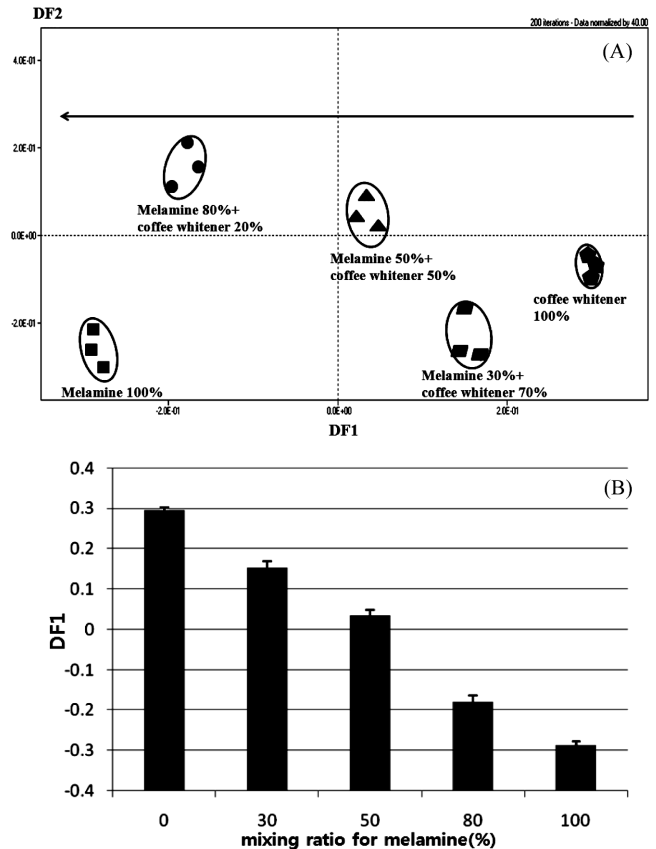


Fig. 2. Discriminant function analysis of the obtained data by electronic nose for melamine and coffee whitener (A), correlation between DF1 and mixing ratio of melamine and coffee whitener (B).

멜라민 유사물질의 대한 영향 분석

본 분석방법이 요소나 멜라민이 합성되는 과정에서 함께 생성되는 cyanuric acid와 같이 유사한 구조를 지닌 다른 물질의 영향을 받지 않으면서 멜라민 자체만의 함유를 분석한 것인지 확인해 보았다. 유사물질간의 차이를 알아보고자 분유에 cyanuric acid, 요소, 멜라민을 각각 혼합하여 전자코로 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 본 분석방법은 멜라민 함량에 초점을 둔 것이기 때문에 통계처리시 멜라민의 mass spectrum에서 나타나는 ion fragment를 선택적으로 선별하였으며 멜라민 함량에 따라 DF1 값에 영향을 많이 받으므로 DF1 값을 중심으로 비교하였다. Cyanuric acid를 분유에 농도(4.7, 9, 13%)별로 혼합한 결과(Fig. 4A) 분유 자체만을 측정할 것과 cyanuric acid를 첨가한 것 간에 미세한 차이는 있으나 cyanuric acid 첨가량에 따라 DF1 값 간의 일정한 경향을 보이지 않았으며 농도에 따른 값 간의 차이도 적어 멜라민 분석에 cyanuric acid가 거의 영향을 주지 않는 것으로 보인다. 요소를 분유에 혼합하였을 때(Fig. 4B) cyanuric acid와 마찬가지로 분유 자체만을 측정할 것과 요소를 농도별로 혼합한 것 간에 DF1 값의 차이는 거의 없는 것으로 나타났으며 요소 첨가농도에 따른 경향도 보이지 않은 것으로 보아 본 분석방법이 요소 첨가 여부에 영향을 거의 받지 않는 것으로 보인다. 반면 분유에 멜라민을 농도별로 혼합한 결과(Fig. 4C) 분유에 멜라민 첨가량이 증가함에 따라 DF1 값이 양의 방향에서 음의 방향으로 일정한 경향을 보이며 뚜렷이 구분되어 위치하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 본 분석방법이 cyanuric acid나 요소와 같은 유사물질의

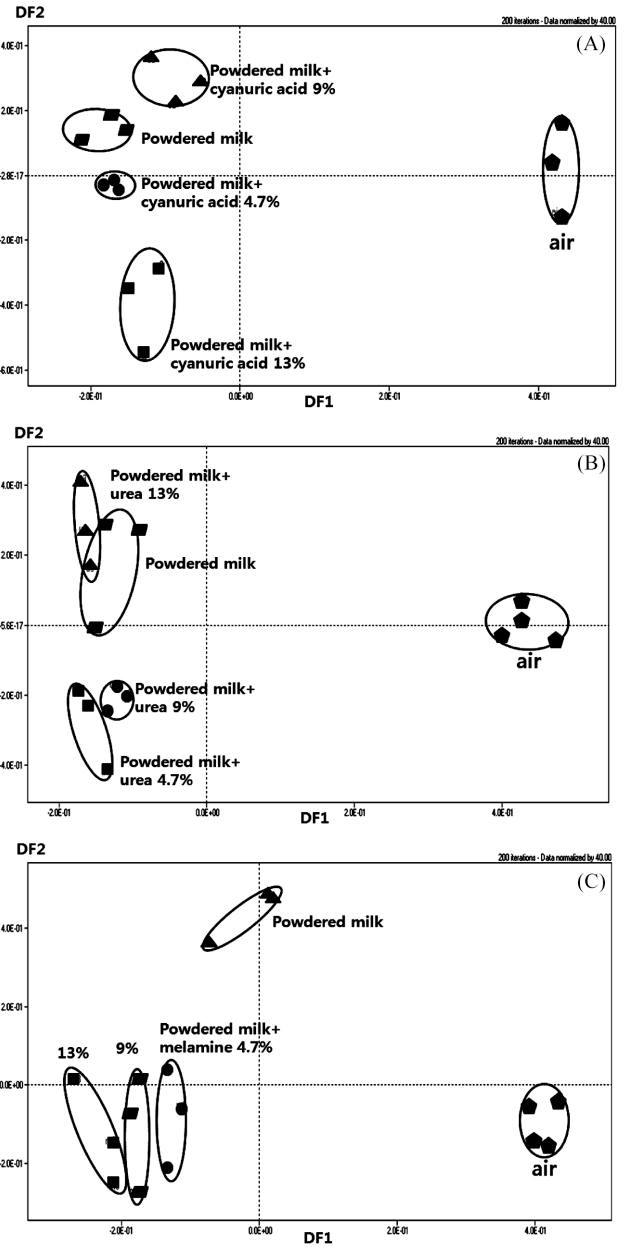
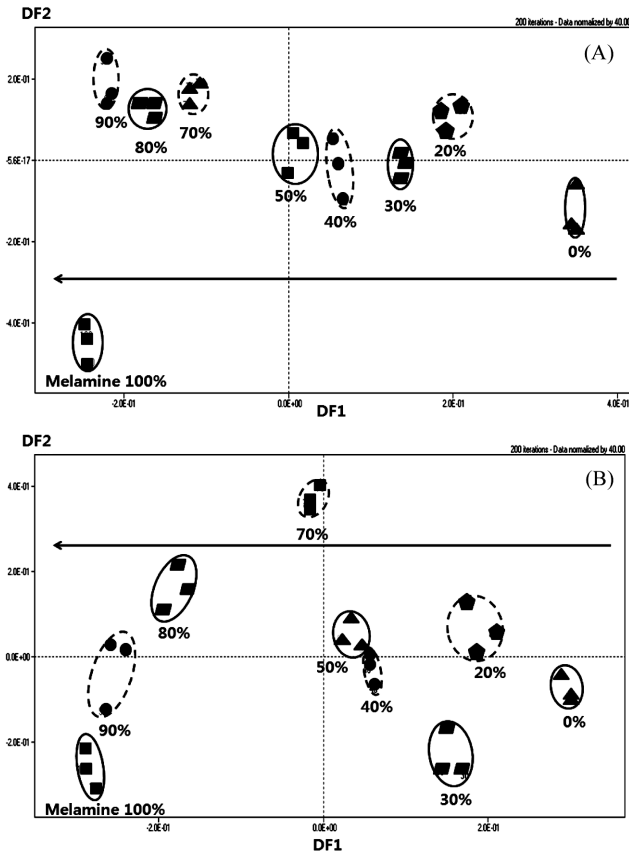


Fig. 3. Discriminant function analysis of the obtained data by electronic nose for melamine and powdered milk (A), melamine and coffee whitener (B). Dotted line means unknown sample.

영향을 거의 받지 않으면서 멜라민 자체만의 양을 분석 가능하다는 것을 보여주었다.

커피 크림도 분유와 유사한 결과를 나타냈다. Cyanuric acid나 urea를 커피 크림에 혼합할 경우(Fig. 5A, Fig. 5B) 혼합양에 따라 일정한 경향을 보이지 않으며 커피 크림 자체와도 큰 차이를 보이지 않지만 멜라민을 혼합하였을 경우에는 DF1의 영향을 받아 멜라민 혼합량이 증가함에 따라 양의 방향에서 음의 방향으로 일정한 경향을 보이며 위치하였다(Fig. 5C). 분유와 커피 크림에 cyanuric acid나 요소를 첨가하였을 때 영향을 아예 끼치지 않는다면 첨가 유무에 상관없이 시료 자체와 유사물질을 첨가한 처리구가 동일하게 나타나야 하지만 본 결과에서는 미세한 차이를

Fig. 4. Discriminant function analysis of the obtained data by electronic nose for cyanuric acid and powdered milk (A), urea and powdered milk (B), melamine and powdered milk (C).

Table 1. Prediction of melamine in mixture of melamine and powdered products. Melamine contents of unknown samples were predicted using the following equation.

Addition amount of melamine (%)	Powdered milk		Coffee whitener	
	DF1	Predicted value (%)	DF1	Predicted value (%)
20	0.195±0.013	20.019±0.323	0.190±0.016	20.955±2.671
40	0.060±0.006	42.57±1.077	0.056±0.004	43.191±0.691
70	-0.116±0.008	72.116±1.345	-0.076±0.015	65.362±1.843
90	-0.218±0.004	89.095±0.809	-0.254±0.015	95.041±2.552

<sup>1)</sup>Y=DF1, x=concentration of melamine

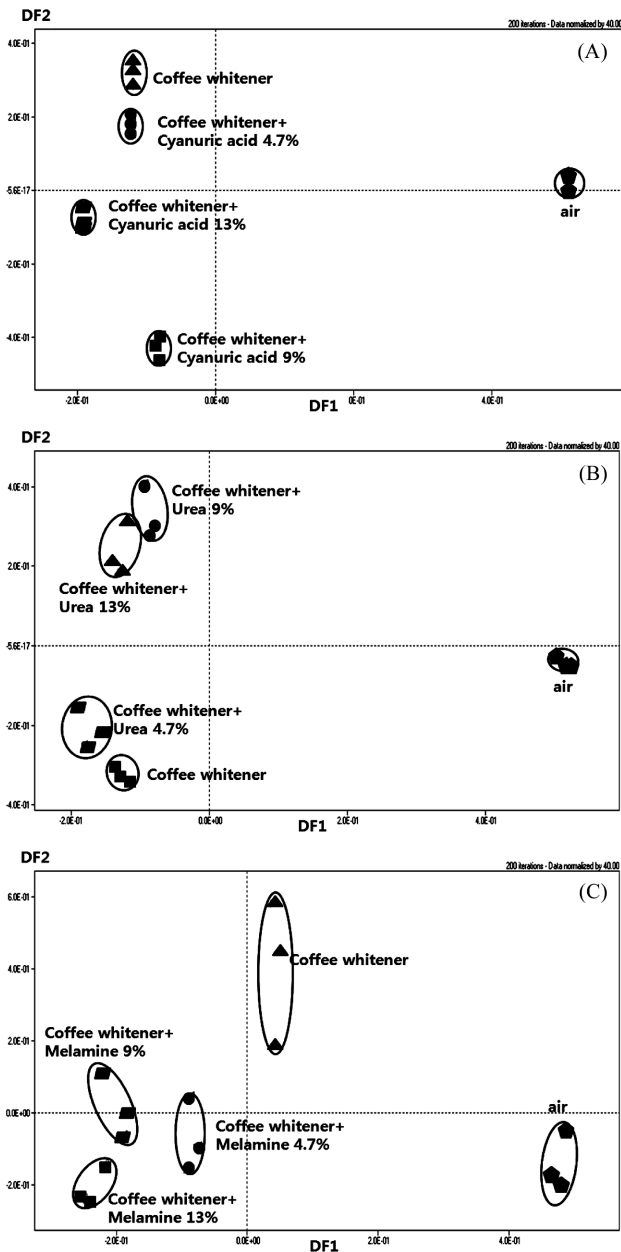


Fig. 5. Discriminant function analysis of the obtained data by electronic nose for cyanuric acid and coffee whitener (A), urea and coffee whitener (B), melamine and coffee whitener (C).

보이는 것으로 보아 본 분석방법이 멜라민뿐만 아니라 유사물질의 함유 여부에 따라 영향을 미세하게 받는 것으로 보인다. 그러나 이러한 차이에도 불구하고 유기공 제품에서 멜라민의 함유 여부는 신속하게 판정할 수 있었다. 따라서 전자코를 이용한 멜라민 분석방법은 향후 제품의 품질관리에도 활용 가능할 것으로 기대된다. 본 방법은 전자코 분석을 이용한 1차 screening 방법으로서의 가능성 여부를 조사한 것으로 melamine의 함량 10-30% 정도로 많이 함유된 경우의 1차 가공품 분석에 용이하며 이러한 1차 가공품을 이용하여 제조 가공한 2, 3차 가공품의 함량은 제품의 matrix의 차이로 보다 정밀한 분석방법에 의해 이루어져야 할 것이다.

## 요 약

멜라민을 첨가하는 제품들에 대한 기존의 분석법의 한계를 극복하고자 전자코를 이용하여 멜라민 첨가 진위 여부와 첨가 함량의 차이를 분석하였다. 그 결과 멜라민을 분유와 커피 크림에 농도별로 첨가하였을 때 차이가 뚜렷이 구분되었으며 이를 통해 얻은 멜라민 농도와 DF1간의 상관관계식(분유:  $DF1 = -0.006x(\text{멜라민 농도}) + 0.327$ , 커피 크림:  $DF1 = -0.006x + 0.316$ )을 바탕으로 멜라민 함량을 적은 오차 범위 내에서 예측 가능하였다. 또한 멜라민을 urea로부터 합성하는 과정에서 생성되는 부산물인 cyanuric acid는 멜라민과 유사하여 기존의 분석방법으로는 쉽게 구분되지 않지만 전자코를 통하여 확연히 구분되었다. 멜라민을 분유나 커피 크림에 첨가하였을 경우에는 농도별로 차이를 보였으며 urea 혹은 cyanuric acid 첨가 유무에 따라서는 미세한 차이는 보였지만 첨가양에 따른 일정한 경향을 나타내지 않은 것으로 보아 유사물질의 영향을 거의 받지 않으면서 멜라민 자체만의 분석이 가능한 것으로 보인다. 이러한 연구를 통하여 향후 미지의 멜라민 함량이 첨가된 1차 가공품에 대한 함유량을 분석하는 것이 가능하며 제품의 품질관리시 활용할 수 있는 대안을 제시할 수 있을 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 2010년도 서울여자대학교 교내학술 특별연구비에 의하여 수행되었음을 감사드립니다.

## 문 헌

1. Woon JH, Lim KJ. Understanding and response of melamine in food. *Food Industry* 206: 51-65 (2008)
2. Hau AK, Kwan TH, Li PK. Melamine toxicity and the kidney. *J. Am. Soc. Nephrol.* 20: 245-250 (2009)
3. Kang HG. Mini-review: Melamine related urinary stone disease. *J. Korean Soc. Pediatric Nephrol.* 13: 21-25 (2009)
4. Ehling S, Tefera S, Ho IP. High-performance liquid chromatographic method for the simultaneous detection of the adulteration of cereal flours with melamine and related triazine by-products ammeline, ammelide, and cyanuric acid food additives and contaminants. *Food Addit. Contam.* 24: 1319-1325 (2007)
5. Chou SS, Hwang DF, Lee HF. High performance liquid chromatographic determination of cyromazine and its derivative melamine in poultry meats and eggs. *J. Food Drug Anal.* 11: 290-295 (2003)
6. Qing WQ, Xin FK, Wei S, Qiang RH, Rong Z, Hui SC. Highly sensitive detection of melamine based on reversed phase liquid chromatography mass spectrometry. *Chinese Sci. Bull.* 54: 732-737 (2009)
7. Filigenzi MS, Tor ER, Poppenga RH, Aston LA, Puschner B. The determination of melamine in muscle tissue by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Sp.* 21: 4027-4032 (2007)
8. Yokley RA, Mayer LC, Rezaaiyan R, Manuli ME, Cheung MW. Analytical method for the determination of cyromazine and melamine residues in soil using LC-UV and GC-MSD. *J. Agr. Food Chem.* 48: 3352-3358 (2000)
9. Yan N, Zhou L, Zhu Z, Chen X. Analytical method for the determination of cyromazine and melamine residues in soil using LC-UV and GC-MSD. *J. Agr. Food Chem.* 57: 807-811 (2009)
10. Huang GM, Yang ZO, Cooks RG. High-throughput trace melamine analysis in complex mixtures. *Chem. Commun.* 5: 556-558 (2009)

11. Son HJ, Kang JH, Hong EJ, Lim CL, Choi JY, Noh BS. Authentication of sesame oil with addition of perilla oil using electronic nose based on mass spectrometry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 609-614 (2009)
12. Kang JH, Son HJ, Hong EJ, Noh BS. Discrimination of grading pungency for red peppers spice using electronic nose based on mass spectrometer. *Food Eng. Prog.* 14: 35-40 (2010)
13. Lim CL, Son HJ, Hong EJ, Noh BS. Discrimination of geographical origin of beef using electronic nose based on mass spectrometer. *Korean J. Food Sci Technol.* 40: 717-720 (2008)
14. Ragazzo-Sanchez JA, Chalier P, Chevalier D, Calderon-Santoyo M, Ghommidh C. Identification of different alcoholic beverages by electronic nose coupled to GC. *Sensor. Actuat. B-Chem.* 134: 43-48 (2008)