

## 여러 가지 LED를 처리한 전지유, 무지방 우유, LTLT, UHT, HTST 처리 우유의 휘발성분 패턴 분석

김기화 · 홍은정 · 박수지 · 강지원 · 노봉수\*  
서울여자대학교 식품공학과

### Pattern Recognition Analysis for Volatile Compounds of the Whole, Skim, UHT-, HTST-, and LTLT-Milk under LED Irradiations

Ki Hwa Kim, Eun Jeung Hong, Sue Jee Park, Jee Won Kang, and Bong Soo Noh\*  
Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

#### Abstract

The objective of this study was to analyze the pattern recognition of volatile compounds from different types of milk under LED (Light Emitting Diode) irradiation for 6 d. Yellow, red, blue, dark, and fluorescent light were produced using LED equipment. A mass spectrometry-based electronic nose and DFA (discriminant function analysis) were used to determine the change in volatiles from different types of milk under LED irradiation. As the LED exposure time was increased, DF1 of whole milk changed considerably under blue light, while that of skim milk changed significantly under red and yellow light irradiation. Among the types of milk tested, the most light-induced oxidation sample was LTLT milk under blue light. The volatile compounds that were shown to increase due to LED treatment in the electronic nose analysis, which was based on MS, were mainly acetaldehyde, propanal, pentanal, hexanal, heptanal, nonanal, 3-methyl butanal, 2-methyl propanal, 2-butanone, 2-pentanone, 2-hexanone, and 2-heptanone and 2-nonanone.

**Key words:** light emitting diode, volatile compound, milk, electronic nose

#### 서 론

우유의 열처리 공정에는 온도와 처리시간을 달리한 여러 가지 방법이 있다. 이러한 열처리의 목적은 우유의 저장 기간을 연장하기 위하여 내재된 미생물들을 부분적으로 파괴하거나 완전 멸균하는 것으로서 우유의 살균 방법에는 63°C에서 30분 처리하는 저온장시간 살균법(LTLT), 72°C에서 15초 처리하는 고온단시간 살균법(HTST), 135°C에서 2초 처리한 초고온 살균법(UHT)이 있다. 살균과정을 통하여 가열된 우유는 지방질에서 형성된 알데하이드와 메틸 케톤과 같은 카보닐 화합물들이 생성되는데 이러한 성분들은 일반적으로 가열 처리한 우유의 향미에 좋지 못한 효과를 나타내며 가공, 저장 및 유통과정 중 자연스럽게 노출되는 외부인자에 의해 영향을 받을 수 있다(Woo and Maeng, 1998).

최근 친환경을 필두로 한 시장이 대두됨에 따라 CO<sub>2</sub> 절감, 에너지 절감 등을 위해 고효율의 LED조명기구 사용이 증가하고 있다. 이에 따라 Jang 등(2010)은 LED 장치를 이용하여 식물이 잘 자라는 파장과 조도를 맞추어 식물 성장 발아를 비교 연구한 바 있으며, UV-LED를 처리하여 식물성 플랑크톤의 세포막 훼손과 사멸을 유도하는 기술(Kim and Kil, 2009)을 보고 한바 있다. 또한 식품에 적용된 사례로서 얇게 자른 당근에 UV-B를 조사하여 항산화성을 증가시킨 연구가 보고된 바 있다(USDA, 2011).

대형 마트 및 기업형 슈퍼마켓이 등장함에 따라 가공식품은 다양한 색상의 가시광선 파장에 노출되어 있다. 예를 들어 적육(red meat)은 붉은 가시광선에서 전시되어 판매되고 있으며 일부 음용수는 푸른 가시광선조사 아래 전시되고 있다. 태양광 및 형광등은 가시광선과 일부 자외선을 포함하고 있어 모든 식품은 저장 및 유통 중 두 영역의 빛 에너지 영향을 받게 된다. 가시광선은 400-780 nm의 파장을 가지며 자외선 중 UV-A 영역인 320-400 nm의 파장 조사 영향을 받는다. 이러한 파장에 따른 영향은 식품 성분에서도 연구되고 있는데 주로 낙농제품이 그 대

\*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

상이다. 일반적으로 유제품은 광감제 역할을 하는 리보플라빈을 함유하고 있어 빛에 노출되면 일중항산소와 free radical을 생성하여 휘발성 물질이나 산패취 등을 발생하게 된다. 따라서 빛에 의한 노출은 유제품의 영양가와 향미의 손실을 유발한다(Lee, 2002; Whited *et al.*, 2002). 우유는 산패되는 과정에서 acetaldehyde, methyl sulfide, dimethyl disulfide, propanal, pentanal, hexanal, heptanal, nonanal, 3-methyl butanal, 2-methyl propanal, 2-butanone, 2-pentanone, 2-hexanone, 2-heptanone, 2-nonanone 등의 생성이 보고된 바 있으며 이들은 저장 중 이취를 유발하여 문제시 되고 있는 물질로 알려져 있다(Webster *et al.*, 2009).

Valero 등(2001)은 UHT처리한 전지유와 무지방 우유의 저장기간에 따른 휘발성분 변화를 연구한 바 있으며 Contarini 등(2002)은 저온살균유, 초고온살균유, 병포장 살균우유를 purge and trap과 solid phase microextraction을 이용하여 향기성분을 분석한 바 있다. 또한 Webster 등(2009)은 포장재를 통한 특정 파장 조절로 우유 중 리보플라빈의 excitation을 막아 광산화에 의한 휘발성분을 조절하였으며 Wold 등(2005)은 리보플라빈의 흡수 파장에 해당하는 400, 446, 570 nm 영역 외에도 포피린과 chlorine에 의한 흡수파장에 의하여 유제품의 광산화 이취를 생성할 수 있다고 보고한 바 있다. 이상의 연구에서는 특정 우유의 향기성분에 초점을 맞추었거나 저장기간 중 파장에 의한 변화를 알아보았으나 우유의 지방함량과 열처리 조건을 달리한 우유를 대상으로 선택적 파장을 조사하여 비교 분석한 연구는 진행된 바 없었다.

따라서 본 연구에서는 다양하고 세분화된 형태의 우유를 가시광선 파장에서 일정 기간 동안 저장하였을 때 특정 파장에 의해 영향을 받는지 알아보기 위하여 다양한 가시광선 파장에 따른 식품의 저장 중 화학반응의 정도의 차이를 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코(MS-전자코)를 이용하여 살펴보고자 한다.

Labreche 등(2005)은 전자코 분석을 통하여 우유의 품질 수명을 결정하는 것이 가능하다고 보고한 바 있으며 이와 같은 맥락으로 Capone 등(2001)은 저장 기간에 따른 UHT 처리 우유 및 저온 살균유를 전자코 분석한 결과 지방 산패의 측정 가능성을 보여주었다. 또한 Chung 등(2008)은 다양한 시유의 관능적 특성 연구를 위하여 휘발 성분을 전자코로 분석한 결과 지방 조성 및 칼슘 강화 여부 및 유당 분해 여부에 따라 우유군이 분리된 것으로 나타났다. 따라서 이러한 전자코 분석은 미세한 변화를 보다 정확히 측정하기 위한 방법으로 적합하며 전처리가 필요 없기 때문에 저장된 우유의 미세한 변화까지도 감지할 수 있어 품질변화를 보다 정확히 예상할 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구에서는 파장 선별에 의한 광 환경 조절에 따른 우유의 변화 여부를 알아보하고자 LED를 이용한 선택적 파장 조사에 의하여 생성된 휘발성분을 MS-전자코를 이용

하여 분석하고 이를 토대로 종합적인 분포 및 profiling이 가능한 패턴 분석을 통하여 파장에 따른 우유의 광산화 정도를 판별하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 전지유, 무지방우유, 각기 다른 조건에서 열처리한 우유는 시중 마트에서(Seoul, Korea)에서 구입하였으며 전지유는 서울우유의 우유와 멸균유, 파스퇴르 후레쉬 제품을 사용하였고 무지방 우유는 파스퇴르사의 무지방 우유(지방함량 0 g/100 mL)를 사용하였다. 열처리에 따른 우유는 파스퇴르 후레쉬 제품(LTLT처리 우유), 서울우유(HTST처리 우유), 서울우유의 멸균유(UHT처리 우유)를 사용하였다.

### LED처리

각기 다른 파장을 조사하기 위하여 파랑, 노랑, 빨강색의 LED장치(B&B Co., Seoul, Korea)를 사용하였고 LED 장치의 파란색은 가시광선영역의 380-490 nm의 영역에 해당하며 노란색은 570-590 nm, 빨간색은 620-780 nm에 해당한다(Hwang *et al.*, 2007). 이와 함께 일반 조명에 해당하는 형광등과 빛을 차단한 조건인 암실을 함께 비교 분석하였고 모든 처리구는 4°C 조건하에 6일 동안 저장하였다(Fig. 1). 시료는 1 g을 10 mL vial(Pharma Fix, Chemmea, Slovakia)에 넣은 후 PTFE/silicone 뚜껑으로 닫은 후 분석 시료로 사용하였다.

### 전자코에 의한 분석

각각의 시료 1 g을 10 mL vial에 넣은 다음 70°C에서 8 분간 300 rpm으로 교반하고 110°C의 주입구 온도를 유지한 가운데 주입하였다. Syringe purge는 3초를 유지한 후 thermostatted tray holder에 놓은 후 2.5 mL를 취하여 시료로 사용하였다. 시료는 자동시료채취기가 연결된 전자코(SMart Nose300, SMart Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)로 분석하였다. 분석에 사용된 전자코는 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Masin-Epagnier, Switzerland)가 연결되어 있으며 휘발성 물질들은 70 eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온물질을 사중극자



Fig. 1. Equipment for LED irradiation of milk products.

(quadrupole) 질량 필터링을 거친 후 특정 질량 범위(10-200 amu)에 속하는 물질을 정수단위로 측정하여 channel 수로 사용하였다. 실험분석 초기에 공기 시료를 대조구로 사용하였으며 각각의 시료는 3회 반복을 실시하였다.

#### 판별함수분석(Discriminant function analysis: DFA)

판별함수 분석은 휘발성 향기성분으로부터 생성되는 10에서 200 amu의 ion fragment 중 각 시료간에 차별성이 높은 20-30여개의 fragment(m/z)를 독립변수로 선택한다. 선택된 독립변수의 해당 감응도 값을 이용하여 다음 식에 따라 판별함수분석(DFA)을 실시하였으며 종속변수에 영향을 주는 독립변수를 검정하였다.

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

$B_0$ 는 상수이고  $B_1$ 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 비교하여 각 시료간의 휘발성분의 차이를 전체적인 패턴으로 나타내었다.

#### 통계분석

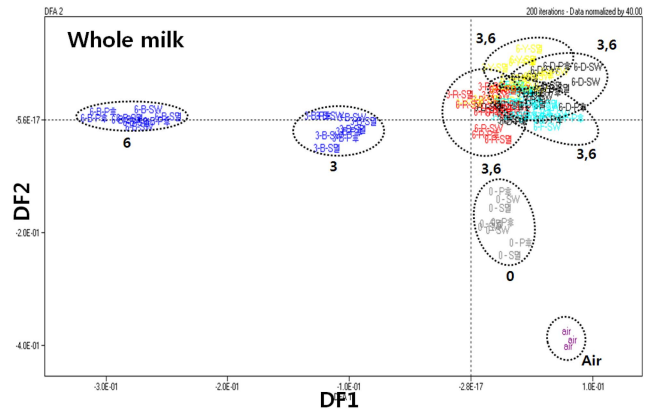
각기 다른 channel의 감응도는 matrix형태로 기록되었으며 이온화되어 얻어진 분자들 중 차별성이 높은 분자량(m/z)을 갖는 variables 그룹을 20-30개 선정하여 판별함수 분석을 실시하였다. 이때 사용된 소프트웨어는 SMart Nose statistical analysis software를 사용하였다.

### 결과 및 고찰

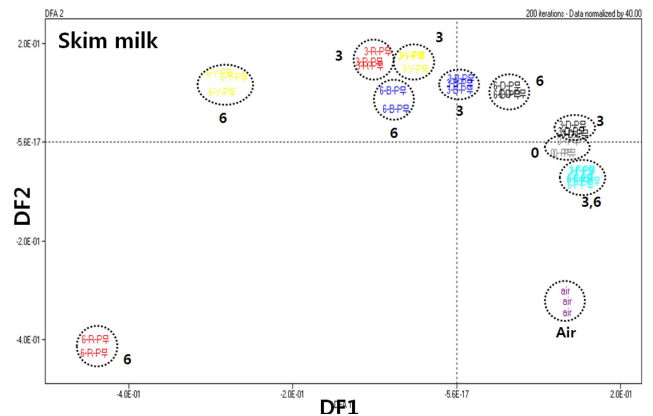
지방함량이 다른 전지유와 무지방 우유를 대상으로 광산화로 인한 지방의 산패를 비교 분석하였다. 또한 살균 처리 조건에 따른 영향을 고려하여 UHT, HTST, LTLT 처리한 우유에 LED를 이용하여 광산화에 의한 변화를 전자코 분석을 통하여 알아보았다. 본 실험에 활용된 전자코는 mass spectrometer를 바탕으로 분석하는 기기로서 전처리 과정 없이 시료내의 휘발성분을 한꺼번에 ion fragments로 분해한 후 이 ion fragments를 패턴 분석하였다. 이 방법은 시료간에 차별성이 있는지를 여부를 파악하고 이를 토대로 시료간의 품질변화 정도를 예측할 수 있는데 GC, GC-MS와 달리 구체적인 성분으로 동정하지 않은 상태에서 전체적인 패턴으로 판별하는 패턴인식방법이다.

#### 지방 함량에 따른 우유 분석

지방이 함유된 우유의 경우(Fig. 2)와 100g당 지방 함량이 0g인 무지방 우유(Fig. 3)를 각기 다른 파장에 6일 동



**Fig. 2. Discriminant function analysis of the electronic nose data.** Whole milk samples were treated under different LED irradiation for 6 d. Each color mean colors of LED irradiation and numbers mean exposure time (d) under LED condition (DF1,  $r^2=0.9828$ ,  $F=467.40$ ; DF2,  $r^2=0.9583$ ,  $F=188.07$ ), (Black, under darkness; Sky blue, under fluorescent light; Blue, under blue light; Red, under red light; Yellow, under yellow light).



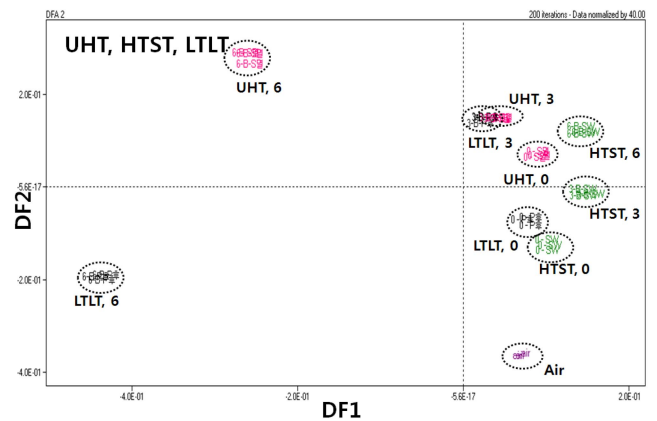
**Fig. 3. Discriminant function analysis of the electronic nose data.** Skim milk samples were treated under different LED irradiation for 6 d. Each color mean colors of LED irradiation and numbers mean exposure time (d) under LED condition (DF1,  $r^2=0.9996$ ,  $F=5252.10$ ; DF2,  $r^2=0.9948$ ,  $F=382.58$ ), (Black, under darkness; Sky blue, under fluorescent light; Blue, under blue light; Red, under red light; Yellow, under yellow light).

안 노출시켰을 때 그 차이를 분석한 결과이다. 판별함수 분석을 통해 시료간의 차이를 갖는 수십 개의 ion fragment가 갖고 있는 특성의 의미를 함축하여 DF1과 DF2에 의한 2차원 그래프로 표현하여 시료간의 차이를 구별하였다. 일반적으로 시료 분석 시 고유의 향이 없는 공기를 기준으로 다른 시료에서 휘발 성분이 어느 정도 생성되었는지 그 차이를 비교하게 된다. 상대적인 대조구에 해당하는 공기는 DF1값이 양의 방향에 위치하고 자리 잡고 있는 반면 휘발성분이 생성된 시료의 경우 DF1값이 음의 방향에 위치하고 있다(Fig. 2). 이처럼 시료의 DF1값이 양의 방향

으로부터 음의 방향으로 이동 할수록 휘발성분이 많이 생성된 것을 의미한다. 분석 결과 DF1값이  $r^2=0.9828$ ,  $F=467.40$ 이고 DF2는  $r^2=0.9583$ ,  $F=188.07$ 로 DF1과 DF2의 F값이 차이가 3배 정도로 나타난 것으로 보아 x축 방향을 중심으로 y축의 두 방향에 따라 모두 영향을 받아 구분되었다. Fig. 2와 3에 나타난 시료의 색상은 각각 LED를 조사한 색상을 의미하며 대조구(검정색)로서 빛을 조사하지 않은 암실을 사용하였다. 그 결과 조사 기간이 증가함에 따라 파란색 LED 파장에서 DF1값이 크게 감소하는 경향으로 나타났다. 이는 전지유를 다양한 파장의 LED 처리한 결과 저장기간이 지남에 따라 다른 파장보다 파란색 파장의 LED조건 하에서 휘발 성분의 생성의 변화가 많이 나타남을 알 수 있다. 반면 무지방 우유의 경우에는 DF1의 F값(5252.10)이 DF2의 F값(382.58)에 비하여 월등히 차이가 나는데 이는 두 시료간의 차별성이 y축의 DF2보다는 x축의 DF1에 의해 구분될 수 있음을 의미하는 것으로 DF1의 음의 방향과 양의 방향으로서의 차이에 따라 시료 중에 휘발 성분이 많이 생성됨을 의미하게 된다(Fig. 3). 붉은색 LED 조사 조건에서는 저장기간이 지남에 따라 DF1값이 양의 방향에서 음의 방향으로 위치가 이동하는 것으로 보아 붉은색 LED의 파장영역인 620-780 nm에서 상대적으로 변화가 더 일어났음을 알 수 있으며 그 다음으로 노란색 파장에서도 변화를 보인 것으로 나타났다. 서로 다른 파장에서 LED가 조사되었을 때 지방유무에 따라 광산화의 변화 정도가 달라지는 경향을 알 수 있었다(Fig. 2, 3). Webster(2006)는 전지유를 대상으로 380-500 nm대의 파장을 막는 것이 광산화에 의한 이취를 막는데 가장 효과적이라고 밝힌 바 있다. 그 중에서도 446 nm 파장을 막는 것은 휘발성분의 생성을 지연시키는 데 도움이 된다고 보고한 바 있어 본 실험에서 전지유를 대상으로 한 결과 380-490 nm에 해당하는 파란색 파장에서 가장 큰 변화를 보인 것과 일치하는 경향을 나타냈다.

**열처리 정도에 따른 우유 분석**

전지유에 가장 많이 영향을 준 것이 푸른색 파장임을 고려하여(Fig. 2) UHT, HTST, LTLT 처리 전지유를 파란색의 LED를 조사하였을 때 저장일수에 따라 비교한 것을 Fig. 4에 나타냈다. 각 시료에 나타난 색상은 열처리 정도에 따라 분류하였으며 녹색은 HTST, 핑크색은 UHT, 검정은 LTLT 처리유를 나타낸다. LED를 조사하지 않고 저장 초기인 상태를 대조구로 하였을 때 가장 낮은 온도에서 살균 처리한 LTLT 처리 우유의  $\Delta DF1(DF1_{LED처리구}-DF1_{대조구})$ 값이 UHT 처리한 우유와 HTST처리한 우유의  $\Delta DF1$ 값에 비해 큰 차이를 나타낸 것으로 보아 파란색 LED 하에서 LTLT 처리한 우유의 변화가 크게 나타났음을 알 수 있었다. LTLT 처리 우유의 경우 살균 처리 이후에 잔존하는 내열성이 강한 균종이 특이적으로 많이 검출되었다고 보



**Fig. 4. Discriminant function analysis of the electronic nose data.** Those samples for UHT, HTST, LTLT milk were treated under blue LED irradiation for 6 d. Each color mean different methods of heat treated milk and numbers mean exposure time (d) under LED condition (DF1,  $r^2=0.9996$ ,  $F=5937.80$ ; DF2,  $r^2=0.9986$ ,  $F=1633.80$ ), (Green, HTST treated milk; Black, LTLT treated milk; Pink, UHT treated milk).

고된 바 있으며(Kim *et al.*, 2003), 이러한 내열성 저온균에 의한 우유 및 유제품의 품질 결함은 다른 부패세균과 비슷해서 심한 이상취 즉, 쓴맛, 부패취, 불쾌취, 곰팡이냄새, 산패취, 과일취, 효모취 등이 발생한다고 보고한 바 있다(Washam *et al.*, 1977). 이를 토대로 열처리에 따른 우유의 종류 중 LTLT 처리 우유에서 가장 큰 변화를 나타낸 것은 저온 살균 후 존재하는 미생물의 영향에 의하여 생성된 휘발성분의 차이인 것으로 예상된다.

**생성된 휘발성 물질의 감응도 비교**

Table 1은 푸른색 LED에서 3, 6일 동안 전지유를 저장하였을 때 mass spectrum의 감응도 차이를 백분율(%)로 나타낸 것이다. 저장 일수에 따른 이러한 변화는 매우 미미하기 때문에 시각적으로 판단하기에는 어려움이 예상되어 편의상 백분율(%)로 나타내어 감응도의 변화를 관찰하였다. 우유가 산패되었을 때 생성되는 휘발성분으로 알려진(Webster *et al.*, 2009) acetaldehyde, methyl sulfide, dimethyl disulfide, propanal, *n*-pentanal, *n*-hexanal, heptanal, nonanal, 3-methyl butanal, 2-methyl propanal, 2-butanone, 2-pentanone, 2-hexanone, 2-heptanone, 2-nonanone의 물질을 중심으로 LED를 처리한 우유의 휘발성분 변화를 비교하였다. 판별함수 분석시 나타나는 10-200 amu 값 중 40 amu 이하는 공기 중에 포함된 성분에 해당되는 것이므로 이를 제외하고 40-200 amu 내에서 나타나는 물질의 major peak만을 대상으로 하였으며 휘발 성분의 mass spectrum 중에 major ion fragment를 음영으로 표시하였다. LED처리에 따른 감응도 값의 변화차이를 백분율(%)로 나타냈고 백분율이 증가한 것은 LED 저장 조건에서 우유가 광산화



에 의해 산패되면서 생성된 휘발성분이 증가한 것을 의미한다. 세로축의 amu는 10-200 amu 중 가장 많은 변화를 보인 LTLT 처리유를 중심으로 저장 6일째에 50% 이상 증가한 amu값만을 나타내었다. 또한 amu에 따라 휘발성분의 감응도 증가 정도가 500%이하로 증가(●)한 것, 500-1000%로 증가(●●), 1000%이상 증가(●●●)한 것으로 표기하였다. 푸른색 LED하에서 열처리 방법에 따른 휘발성분의 생성을 백분율로 Table 1에 나타냈고 그 생성의 정도를 앞서 설명한 약어로 표기하였다.

43 amu값에서의 감응도 변화를 보면 푸른색 LED하에서 UHT와 LTLT 처리유의 경우 저장 6일이 지났을 때 휘발성 물질이 약 180% 증가하였다. LED조사 시간에 따라 전지유로부터 생성된 휘발성분물의 major peak는 43 amu의 ion fragment를 비롯하여 5개 내외의 ion fragment가 다음의 물질들과 일치하고 있어 이들은 2-methyl propanal(m/z: 41,43), 2-butanone(m/z: 43,72), 2-pentanone(m/z: 43), 2-hexanone(m/z: 43,57,58), 2-heptanone(m/z: 43,58), 2-nonanone(m/z: 41,43,58), 등이 생성된 것으로 예상되어지며 UHT 처리유의 경우 생성된 휘발성분물의 major peak는 감응도의 변화 정도가 약 160% 정도 증가한 44 amu의 ion fragment를 비롯하여 다음의 물질들과 일치하고 있어 이들은 acetaldehyde(m/z: 43,44)와 hexanal(m/z: 41,43, 44,56), 3-methyl butanal(m/z: 41,43,44,58,71)이 생성된 것으로 예상되었다.

Table 2는 붉은 색과 노란 색 LED 하에서 무지방 우유로부터 휘발성분이 생성된 것을 나타낸 것으로 Table 1에 비하여 감응도가 500% 이상 증가한 성분(●●, ●●●)이 많은 것을 알 수 있으며 이를 통하여 전지유의 경우 푸른색과 파장 하에서의 보관보다 무지방 우유의 노란색과 붉은 계통의 파장 영역에서 더 많은 변화가 생성되었음을 알 수 있다. 43 amu에서의 ion fragment를 비롯한 휘발성분의 major peak들과 감응도의 증가한 양이 1000% 증가한 ion fragment(●●●)를 토대로 볼 때 2-methyl propanal, 2-butanone, 2-pentanone, 2-hexanone, 2-heptanone, 2-nonanone 등이 생성된 것으로 예상되며 이 성분들은 앞선 Table 1의 전지유에 비하여 휘발성분들이 약 3배 정도 이상 증가한 것을 알 수 있다.

본 실험은 각기 다른 LED처리에 따른 우유의 광산화를 연구한 것으로 지방을 함유한 우유의 경우는 푸른색 파장에서, 무지방 우유의 경우에는 붉은 계통의 파장에서 변화를 보였으며 살균 처리에 따른 우유들 중에서는 LTLT 처리한 우유가 휘발성분의 생성에서 많은 변화를 보였다. 이는 유제품의 저장, 보관, 유통 중에 사용되는 다양한 파장에 따른 불빛이 지방함유제품의 산패에 영향을 미칠 수 있으며 미세한 변화이기는 하나 이들 생성물질을 예상하여 봄으로서 향후 저장 및 유통 관리에 적용 가능할 것

로 보인다. 본 연구에서는 각 휘발 성분에 관한 정량적인 분석이 이루어 지지 않아 추가적으로 GC/MS를 이용한 분석이 요구되지만 GC를 이용한 분석에서는 미량 성분의 검출이 용이하지 못하여 농축 등의 추가적인 전처리 과정이 필요하고 전처리 방법에 따라 다소 차이가 발생할 수 있으므로 이러한 단점을 보완하여 GC/MS를 이용한 정량적 분석의 실험이 향후 더 진행되어야 할 것이다.

기존의 우유 포장재로 사용되는 PET pak은 모든 영역의 파장을 차단하지 못하며 최근 시중의 판매되는 포장소재 다양화로 인하여 투명 또는 반투명 포장재를 사용한 유제품이 유통되고 있다. 따라서 유제품의 품질 향상을 위해 유통 및 보관 중 생길 수 있는 우유의 변화를 최소화하는 노력이 필요할 것이다. 이에 본 연구는 우유의 유통 및 보관 중 유해한 파장으로부터 노출을 최소화하고자 연구 하였고 실험결과를 토대로 변질이 가장 많이 일어난 파장을 알아봄으로써 우유의 보관 시 차단이 권장되는 파장을 알아보고자 하였다. 이러한 결과를 바탕으로 우유의 포장용기 선정 시 특정 파장에 대한 선택적 투과성을 갖는 소재의 설정 및 우유의 판매 시 변질이 덜 일어나는 파장의 조명등 설정에 적용 가능할 것으로 예상된다. 본 연구는 향후 치즈를 비롯한 다양한 유제품의 유통 및 품질관리에 이용가능 할 것으로 보이며 앞으로 유제품뿐만 아니라 가시광선 파장이 다양한 식품에 미치는 영향에 대한 연구가 다루어져야 할 것으로 사료된다.

## 요 약

본 연구는 우유의 지방산패가 특정 파장에 의해 변화되는 것을 토대로 어떠한 파장이 영향을 주는지 알아보기 위하여 전지유, 무지방 우유와 LTLT, HTST, UHT 처리한 우유를 대상으로 각기 다른 파장의 LED로 처리한 후 이들의 휘발성분 생성패턴을 6일 동안 저장하면서 MS-전자코로 분석하였다. 전자코를 통해 얻어진 데이터는 판별함수분석을 통해 분석하였다. 우유의 종류별로 전지유는 파란색 파장하에서 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났고 무지방은 빨강, 노랑색 파장 하에서 산패에 영향을 미쳤다. 전지유의 영향을 가장 많이 준 파란 빛 파장으로 LTLT, HTST, UHT처리한 우유의 변화 정도를 알아본 결과 LTLT 처리한 우유의  $\Delta DF1$ 값이 UHT처리한 우유와 HTST처리한 우유의  $\Delta DF1$ 값보다 크게 변화하는 것으로 보아 품질 변화가 많이 일어난 것으로 나타났다. LED 처리를 함에 따라 acetaldehyde, propanal, pentanal, hexanal, heptanal, nonanal, 3-methyl butanal, 2-methyl propanal, 2-butanone, 2-pentanone, 2-hexanone, 2-heptanone and 2-nonanone 등에 해당하는 amu값에서의 감응도 값이 변화한 것으로 보아 이들 물질이 생성된 것으로 예상되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년도 서울여자대학교 교내 학술 특별 연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- Buchin, S., Delague, V., Duboz, G., Berdague, J. L., Beuvier, E., Pochet, S., and Grappin, R. (1988) Influence of pasteurization and fat composition of milk on the volatile compounds and flavor characteristics of a semi-hard cheese. *J. Dairy Sci.* **81**, 3097-3108.
- Capone, S., Epifani, M., Quaranta, F., Siciliano, P., Taurino, A., and Vasanelli, L. (2001) Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis. *Sensor. Actuator. B.* **78**, 174-179
- Chung, S. J., Lim, C. L., and Noh, B. S. (2008) Understanding the Sensory Characteristics of various types of milk using descriptive analysis and electronic nose. *Korean J. Food Sci. Technol.* **40**, 47-55.
- Contarini, G. and Povolo, M. (2002) Volatile fraction of milk: comparison between purge and trap and solid phase microextraction technique. *J. Agric. Food Chem.* **50**, 7350-7355.
- Hwang, M. G., Cho, M. R., Shin, S. W., Lee, S. H., Lee, J. S., and Jung, B. M. (2007) Comparison of chromaticity coordinate and dominant wavelength for general R/G/B/W LEDs light source. *Proceed. Korean Inst. Illum. Electric. Instal. Eng.* **18**, 15-21.
- Jang, W. L. and Lee, W. L. (2010) A study on growth of plants using the LED. *Proceed. Korean Inst. Illum. Electric. Instal. Eng.*, Seoul, Korea, pp. 121-124.
- Jung, S. C., Kim, K. H., Chung, M. E., Kim, S. I., Byun, S. K., Lee, D. S., Park, S. W., Cho, N. I., and Kim, O. K. (2003) A study on the quality changes of whole market milk by storage conditions in Korea. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* **21**, 23-39.
- Kim, E. R., Jung, B. M., Yu, B. H., Jung, H. K., Kang, K. H., and Chun, H. N. (2003) Comparative characterization of the bacteria isolated from market milk treated with ESL and conventional system. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **23**, 327-332.
- Kim, S. Y. and Kil, G. S. (2009) The comparison on the inactivity of phytoplanktons for the application of UV-LED and medium pressure mercury lamp. *Proceed. 2009 Ann. Meeting Korean Soc. Marine Eng.*, Seoul, Korea, pp. 447-448.
- Labreche, S., Bazzo, S., Cade, S., and Chanie, E. (2005) Shelf life determination by electronic nose: application to milk. *Sensor. Actuator. B.* **106**, 199-206.
- Lee, J. H. (2002) Photooxidation and photosensitized oxidation of linoleic acid, milk, and lard. Ph.D. thesis, Ohio State Univ., OH, USA.
- Mortensen, G., Bertelsen, G., Mortensen, B., and Stapelfeldt, H. (2004) Light-induced changes in packaged cheeses-A review. *Int. Dairy J.* **14**, 85-102.
- United States Department of Agriculture(USDA). Ultraviolet light boosts carrots' antioxidant value. Available from: <http://www.ars.usda.gov/is/pr/2011/110105.htm>. Accessed Jan. 12, 2011.
- Valero, E., Villamiel, M., Miralles, B., Sanz, J., and Martinez-Castro, I.(2001) Changes in flavour and volatile components during storage of whole and skimmed UHT milk. *Food Chem.* **72**, 51-58.
- Washam, C. J., Olson, H. C., and Vedamuthu, E. R. (1977) Heat resistant psychrotrophic bacteria isolated from pasteurized milk. *J. Food Prot.* **40**, 101-108.
- Webster, J. B., Duncan, S. E., Marcy J.E., and O'keefe, S. F. (2009) Controlling light oxidation flavor in milk by blocking riboflavin excitation wavelengths by interference. *J. Food Sci.* **74**, 390-398.
- Webster, J. B. (2006) Changes in aromatic chemistry and sensory quality of milk due to light wavelength. Ph.D. thesis, Virginia Polytechnic Institute and State Univ., VA, USA.
- Whited, L. J., Hammomd, B. H., Chapman, K. W., and Boor, K. J. (2002) Vitamin A degradation and light-oxidized flavor defects in milk. *J. Dairy Sci.* **85**, 351-354.
- Wold, J. P., Veberg, A., Lundby, F., Nilsen, A. N., and Moan, J. (2005) Influence of storage time and color of light on photooxidation in cheese: A study based on sensory analysis and fluorescence spectroscopy. *Int. Dairy J.* **16**, 1218-1226.
- Woo, S. J. and Maeng, Y. S. (1998) Nutrition of Milk and Dairy Product. Hyo Il Mun Hwa Sa, Seoul, Korea, pp. 161-164.

(Received 2011.3.28/Revised 1st 2011.6.18, 2nd 2011.7.18/  
Accepted 2011.8.21)