

콩기름 저장 중 휘발성분에 대한 LED와 형광등 광원 조사의 영향

박인선 · 최덕주¹ · 윤예리¹ · 이윤정 · 김윤경 · 김문호¹ · 최소례¹ ·
김기화² · 동혜민² · 한현정² · 노봉수^{2*}

인천재능대학교 호텔외식조리학과, ¹인천재능대학교 한식명품조리학과, ²서울여자대학교 식품공학과

Effect of Light Emitting Diode and Fluorescent Light on Volatile Profiles of Soybean Oil during Storage

In-Seon Park, Duck-Joo Choi¹, Aye-Ree Youn¹, Youn-Jung Lee, Youn-Kyeong Kim, Mun-Ho Kim¹,
So-Rye Choi¹, Ki Hwa Kim², Hyemin Dong², Hyun Jung Han², and Bong Soo Noh^{2*}

Department of Hotel Food Service and Culinary Arts, JEI University

¹Department of Korean Master Work and Culinary Arts, JEI University

²Department of Food Science and Technology, Seoul Women's University

Abstract Soybean oil was stored in polyethylene for 12 weeks at 20°C. The influence of LED (light emitting diode) irradiation on four different wavelengths and fluorescent light was investigated. The pattern changes of volatile components in soybean oil was analyzed by electronic nose based on mass spectrometer. The obtained data from electronic nose were analyzed by discrimination function analysis. Under fluorescent light, the discriminant function first score (DF1) was significantly moved from positive position to negative one after 4-12 weeks. It means that the volatile compounds related to quality of lipid. It was shown to increase slowly due to green light of LED treatment, while blue and white LED light was influenced significantly as well as fluorescent light irradiation. Selection of LED irradiation would provide to keep good quality of soybean oil under distribution chain system.

Keywords: light emitting diode, fluorescent, electronic nose, soybean oil, lipid quality

서 론

식용 유지는 생명을 유지하는데 없어서는 안 될 3대 영양소로서, 국민소득의 증가와 함께 식생활도 다양화되고 서구화 간편화되면서 지방 함량이 높은 식품과 유지를 이용한 식품의 소비가 증가하였고 전체적인 유지 소비량도 늘어나는 추세에 있다(1). 하지만 유지는 생산에서부터 유통 및 소비에 이르기까지, 빛과 온도, 산소 등 다양한 요소에 의해 품질의 변화가 일어난다. 이러한 변화는 가수분해, 산화, 중합 등에 의한 것으로 알려져 있다(2). 또한 가정에서 사용 시의 유지의 화학적 반응은 식용유지의 종류나 품질 등에 의해 영향을 받으므로(3), 유통 및 저장과정까지의 유지의 품질 유지가 중요하게 다뤄져야 한다고 여겨진다.

대부분의 유지는 형광등 조사 하의 진열대에서 전시 및 판매되고 있는데, 이전의 연구에 따르면 형광등 조사 시에 유지의 품질 변화가 크게 일어나는 것을 알 수 있었다. 김의 지방질 산화는 형광등 하에서 가장 심하였고 다음이 백열등, 암소저장 순이었으며(4), 20%가 유지로 이루어진 약과의 저장 시에 형광등 조

사가 어두운 곳 저장군에 비해 높은 값을 나타낸 결과를 볼 수 있었다(5). 따라서 형광등 조사에 의한 유지 제품의 품질 변화가 예상되며, 콩기름과 같은 식물성 유지는 투명한 무색 저장 플라스틱 용기에 충전되어 판매되므로 보다 직접적인 영향을 받을 것이라고 판단된다.

최근 대형마트나 기업형 슈퍼마켓이 등장함에 따라 식품의 유통시장에서 다양한 색상의 형광등과 가시광선이 수많은 가공식품에 조사되고 있는데 그 예로 적육은 붉은 가시광선에서, 일부 음용수는 푸른 가시광선의 조사 아래 전시 판매되고 있다. 현재 우리나라는 백열등과 형광등의 사용을 규제하고 2008년부터 친환경 LED 조명을 신 성장산업으로 지정하여 외부간판 등 많은 분야에서 LED 조명으로 대체하고 있는 실정이다. LED는 형광등이나 백열등과 같은 기존광원에 비해 수명이 길고 전력소비가 적은 반면 수은을 사용하지 않아 친환경적이고 에너지 절약 효과가 크기 때문에 현재 차세대 광원으로 급부상하고 있다.

최근 식품들이 유통과정에서 다양한 광원들에 의해 노출되는 동안 빛 에너지나 빛의 조사가 식품의 품질에 영향을 주는 것에 기인하여 빛에 의한 식품의 변화를 알아보는 연구와 관심이 증가되고 있는 추세이다(6). 백색 LED와 형광등을 조사한 적육을 대상으로 변색과 산패여부를 살펴 본 결과 LED 사용이 효과적이라는 보고가 있으며(7), 냉동 소고기에 LED와 형광등을 조사했을 때 색도의 안정성 측면에서 LED를 조사한 것이 우수한 것으로 나타났고(8), 진열 조건 중 조도의 증가가 지방의 변색과 산패의 촉진에 미치는 영향에 대한 연구가 시도되기도 하였다(9). 또한 냉장고에 LED를 부착하여 양배추의 선도연장에 미치는 영

*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 23, 2013; revised November 27, 2013;

accepted December, 2, 2013

향이 보고되었으며(10), 식물성 유지에 함유되어 있는 불포화지방산의 대표물질 중 하나인 올레인산에 백열등 조사와 함께 감광제인 리보플라빈을 첨가하여 휘발성 물질을 동정하였고(11), 엑스트라 버진 올리브유에서 형광등 조사에 의한 일중항 산소의 산화 기작에 관한 연구가 보고되었다(12). 여기서 확인된 조건은 이 화학적 분석에 의해 분별이 가능할 정도의 변화였으나 LED파장에 따른 변화 정도는 매우 미미하여 이 화학적 분석에 의해서는 유의성이 없는 것으로 나타나, 매우 미세한 차이를 판별할 수 있는 전자코를 활용하여 분석하는 것이 바람직하다.

휘발성분을 측정하는 기기로는 GC-MS가 있지만 본 실험에서는 식물 유지의 저장 과정 중의 미세한 변화를 측정하게 되었으므로, 전자코가 필요한 GC-MS로 분석하기에는 다소 어려움이 따른다. 한편 전자코(electronic nose, EN)는 시료 간 휘발성분 차이를 통계적 접근법으로 판별하는 분석법으로서 전자코 과정이 필요 없으므로, 전자코 과정에서 미세한 성분들이 손실될 우려가 없다. 또한 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코 시스템에서는 시료로부터 발생한 휘발성분으로 시료간의 차이를 구별할 수 있는데, mass spectrometer에서 얻어진 ion fragment를 토대로 분석한 뒤 다변량 분석으로 통계 처리하면 더욱 정교하고 정확한 분석 값을 얻을 수 있다. 최근 전자코를 이용하여 다양한 식품의 품질관리를 시도하고 있는데(13,14), 포장방법과 저장기간에 따라 더덕의 품질변화를 전자코로 측정 한 보고(15), 저장기간에 따른 UHT 처리우유 및 저온 살균유와 팜오일을 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코로 분석하여 지방산패의 측정을 가능하게 한 보고(16,17), 제조조건과 저장기간에 따른 유채유의 향기패턴을 분석한 보고(18) 등이 있다. 또한, 지방함량과 열처리를 달리한 우유에서 각기 다른 파장의 LED를 처리하여 일어나는 품질변화를 mass spectrometer를 바탕으로 한 전자코로 관찰하기도 하였다(19).

이에 본 연구에서는 형광등 및 각기 다른 파장에서의 LED가 유지의 품질에 미치는 영향을 알아보고자 식물성 유지 중 대표

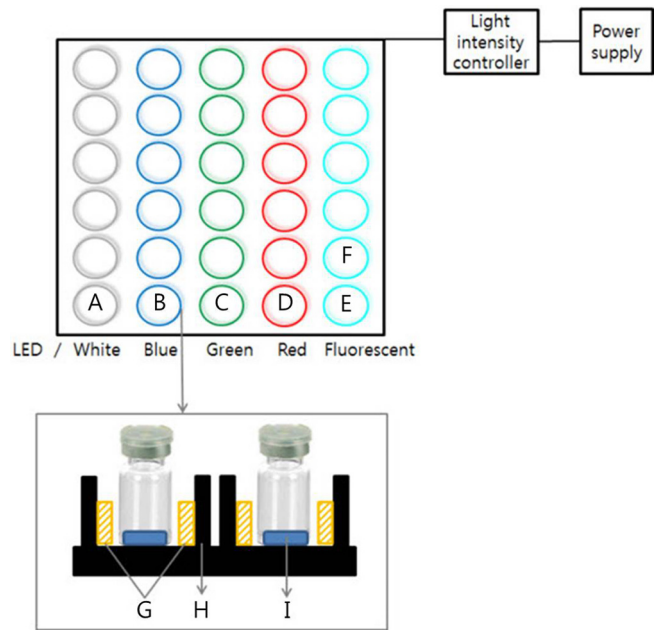


Fig. 1. Schematic diagram of LED irradiation system for soybean oil with the selected LED wavelength. A: white, B: blue, C: green, D: red, E: fluorescent, F: sample place, G: LED, H: light protector, I: sample

적인 시판 콩기름을 대상으로 형광등과 더불어 4가지 특정 파장에 해당하는 LED 장치를 설계하고 조사에 의한 콩기름의 휘발성분의 패턴변화를 전자코 분석을 이용하여 관찰하고자 하였다. 본 연구를 통하여 콩기름의 유통과정 중의 미세한 변화를 초기 단계부터 감지 가능한 분석을 수행하고자 하였으며, 여러 가지 광원 중 콩기름의 품질 변화를 최소화 할 수 있는 파장을 선택하여 제시하고자 한다.

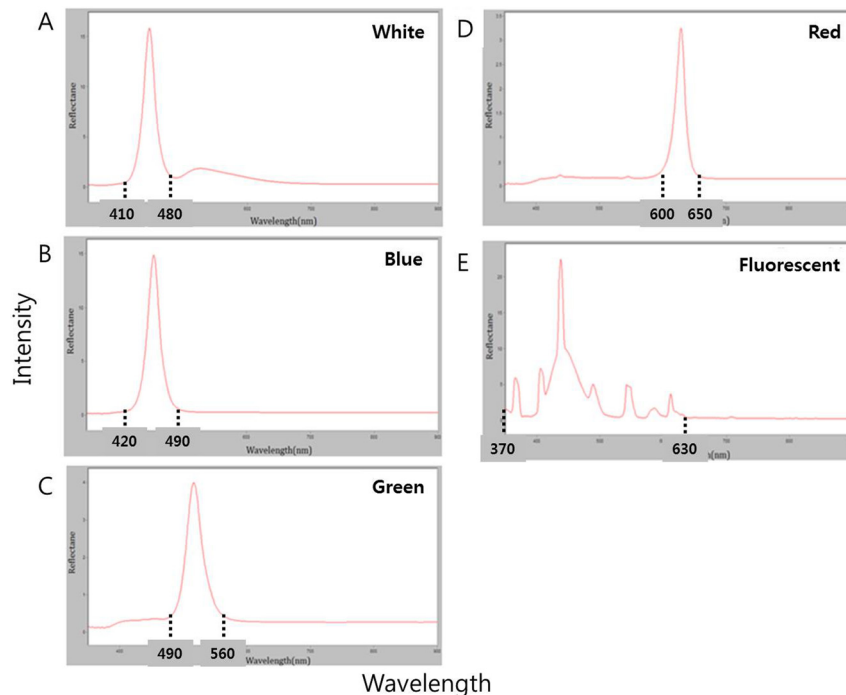


Fig. 2. Intensity of LED at each wavelength.

재료 및 방법

시료

본 실험에서는 사용된 시료는 50 mL 콩기름(유통기한 2년, Sajo, Seoul, Korea)으로 빛이 차단된 상태로 제조사에서 구입하여 사용하였다. 5 mL polyethylene (PE) bottle에 담아 시료를 4 g 취하여 넣고 25°C 항온기(VS-1203P3N, Vision Scientific Co. Ltd., Daejeon, Korea)에 보관하면서 각각 4주, 8주, 12주 동안 파장이 다른 빛의 조사에 따른 영향을 관찰하였고 암실 처리구에 해당하는 시료는 알루미늄 호일로 싸서 빛을 차단시켰다. 각 주에 해당하는 시료는 각각 다른 용기에 담아 보관하였다.

LED (Light Emitting Diode) 장치

형광등과 자기 다른 파장을 가진 흰색, 파란색, 초록색, 빨간색의 LED 장치(B&B Co., Seoul, Korea)를 설치하였다. 시료구의 지름은 2.5 cm로 하여 시료를 72개까지 놓을 수 있도록 하였고 LED 장치의 전체 크기는 가로×세로가 34×41 cm로 제작하였다. 또한, 각각의 LED 광원은 시료구에 시료를 놓았을 때 양쪽에서 조사되게 하였으며 다른 광원이 해당 광원의 시료에 영향을 주는 것을 방지하도록 각각의 시료구 옆에는 빛 보호대(light protector)를 설치하였다(Fig. 1). LED 광원은 단파장을 가진 흰색 광원을 가장 왼쪽에 위치하게 하고 이후 파란색, 초록색, 빨간색의 LED를 조사하게 하였으며 가장 우측에 형광등을 조사하도록 제작하였다. 각각의 광원에 해당하는 LED는 Near Infrared Spectrophotometer (LabSpec. Pro., Analytical Spectral Device, Inc., Boulder, CO, USA)를 이용하여 각 광원에서 최고의 intensity를 보여주는 파장에서(Fig. 2) 모든 LED가 일정한 light response intensity 값을 갖도록 조절하여 light intensity controller (DC 12-24V, 8A, B&B Co.)로 고정된 뒤 실험에 사용하였다. 본 실험에서는 4가지 파장의 LED와 함께 일반 조명에 해당하는 형광등 처리구와 빛을 차단한 조건인 암실 처리구를 만들고 이를 함께 비교 분석하였다.

전자코에 의한 분석

LED 및 형광등 등 각각의 광원에서 처리한 콩기름에서 1 g의 시료를 취하여 10 mL vial (Pharma fix, Chemmea, Slovakia)에 넣은 후 PTFE/silicone 뚜껑으로 밀봉하여 이를 시료 처리구로 사용하였다. 일정한 분석 조건을 유지하기 위해, 160°C에서 15분간 350 rpm으로 교반하고 주입구 온도가 90°C로 유지되게 한 후 시료를 주입하였다. Syringe purge는 9.9초를 유지한 후 thermostatted tray holder에 놓고, 시료병의 headspace의 기체 성분 2.5 mL를 취한 후 주입하였다. 분석에 사용된 전자코(SMART Nose300, SMART Nose, Marin-Epagnier, Switzerland)는 자동시료채취기(CombiPAL, CTC analytics, Zwingen, Switzerland)와 질량분석기(Quadrupole Mass Spectrometer, Balzers Instruments, Marin-Epagnier, Switzerland)가 연결되어 있으며, 휘발성 물질들을 70 eV에서 이온화시켜 180초 동안 생성된 이온물질을 사중극자(quadrupole) 질량 필터링을 거친 후 특정 질량범위(10-200 amu)에 속하는 물질을 정수단위로 측정하였다. 공기(air)를 대조구로 사용하였으며 각각의 시료는 3회 반복 측정 실시하였다. 이온화되어 얻어진 분자들은 공기 대조구를 토대로 표준화하였으며 이 중 가장 차별성이 높게 표현되는 분자량(m/z)을 갖는 variable 그룹을 선정하여 이를 통계 분석하였다.

판별함수분석

전자코 분석에서 휘발성 향기성분으로부터 생성되는 10-200 amu의 ion fragment 중 각 시료 간에 차별성이 높은 30개 미만의 fragment (m/z)를 독립변수로 선택하고 해당 감응도 값을 이용하여 판별함수 분석(discriminant function analysis; DFA)을 실시하였으며 이 때 통계 프로그램은 SMART Nose® statistical analysis software (Version 1.51, THOPAS Soft Creation, Marin-Epagnier, Switzerland)를 사용하였다.

결과 및 고찰

각 광원의 파장은 파장 측정기(LabSpec. Pro., Analytical Spectral Device, Inc., Boulder, CO, USA)를 이용하여 측정된 최대 흡광을 나타내는 파장이 자기 다를 수 있었다. 흰색 LED가 410-480, 파란색이 420-490, 초록색이 490-560, 빨간색이 600-650이었으며 fluorescent LED는 370-630 nm으로 나머지 LED 광원들의 파장을 합친 범위보다 폭 넓은 파장을 가진 것을 알 수 있었다(Fig. 2). 흰색 LED의 경우 410-480 nm 이외에 550-650 nm에서 또 다른 흡광도를 보여주는 peak가 있는 것으로도 알려져 있으나 본 실험에 이용된 흰색 LED의 경우 단일 peak의 흡광을 보여주는 것을 사용하였다. 또한 각각 LED 광원의 light response intensity 값이 서로 다르게 나타났는데, 파장에 의한 차이를 관찰하기 위해 각 LED 광원의 빛의 세기를 일정하게 조절하여 파장에 따른 콩기름의 품질 변화를 측정하였다.

식물성 유지가 유통되는 기간은 품질 변화의 초기에 해당하는 시기이며 이 기간 동안의 변화는 아주 미세하게 일어난다. 하지만 이 초기 변화 기간이 지나면 산패가 빠르게 진행되는데 이 정도는 초기 변화 기간 중의 미세한 변화에 비례하여 급속하게 진행된다. 따라서 유통기간 중의 미세한 변화는 이후 가정에서 사용할 때의 콩기름 품질에 굉장히 중요한 영향을 끼친다.

먼저 PE병에 담은 시판 콩기름을 파장이 다른 LED 광원과 형광등을 조사한 것과 암실에서 저장한 것을 0, 4, 8, 12주 동안 전자코로 분석하였다. 콩기름에 조사한 광원은 형광등과 흰색, 파란색, 초록색, 빨간색 LED이었으며 빛을 조사하지 않은 암실상태를 포함하여 모두 6가지 광원조건에서 변화되는 휘발성분 패턴을 분석하였다. 전자코 분석 시 판별함수 분석의 결과는 10-200 amu의 ion fragment 중 각 시료 간에 차별성이 높은 수십 개의 fragment를 독립변수로 선택하고 이들 중에서 감응도 값에 해당하는 종속변수에 영향을 많이 준 discriminant function first score (DF1)와 discriminant function second score (DF2)를 대상으로 x축에는 DF1, y축에 DF2로 나타낸 2차원의 그래프로 표현하였다. 판별함수에서 통계적 유의도는 시료간의 차이를 집단 중심값들 간의 일반화된 거리를 측정함으로써 검증할 수 있었다. 또한 거리 차이를 더욱 정확하게 볼 수 있도록 각 처리구를 x축, 이에 따른 DF1값을 y축으로 하여 막대그래프로 나타내었다.

저장 기간별로 각 광원에 의한 휘발성분 패턴변화를 Fig. 3, 4에서 나타내었는데, 저장 4주째에는 DF1의 F값이 8334.20이고 DF2의 F값이 145.47로서 DF1이 DF2에 대해 미치는 영향력이 약 57.3배로 DF1에 의한 차이로 각 광원에 의한 영향을 비교하여 그 차별성을 판단할 수 있었다(Fig. 3). 공기를 기준으로 할 때, 공기로부터 음의 방향으로 상대적으로 더 멀리 위치할수록 휘발성분이 많이 생성되는 시료임을 알 수 있다. 따라서 DF1의 거리로써 각 시료에서 발생된 휘발성분의 상대적인 양을 예상할 수 있다. 저장 0일째의 콩기름은 공기 대조구와 암실 처리구와 같이

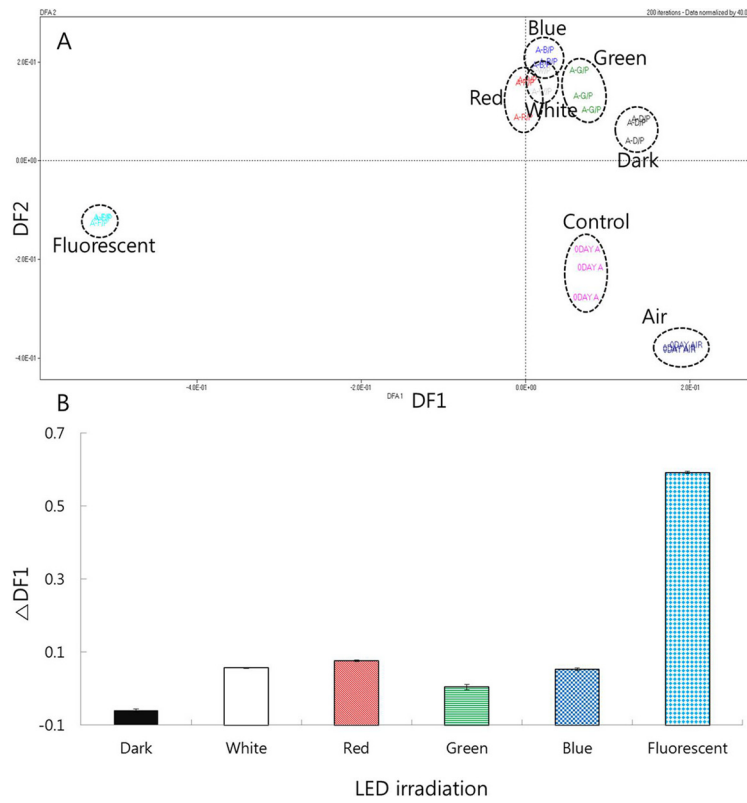


Fig. 3. DFA plot of the obtained data from electronic nose for soybean oil in PE bottle under different lights after 4 weeks (DF1: $R^2=0.9997$, $F=8334.20$; DF2: $R^2=0.9845$, $F=145.47$) (A), The difference of DF1 between control (not irradiation lights in no storage) and different lights irradiation and darkness treatments after 4 weeks (B). $\Delta DF1$ ($DF1_{LED}-DF1_{control}$).

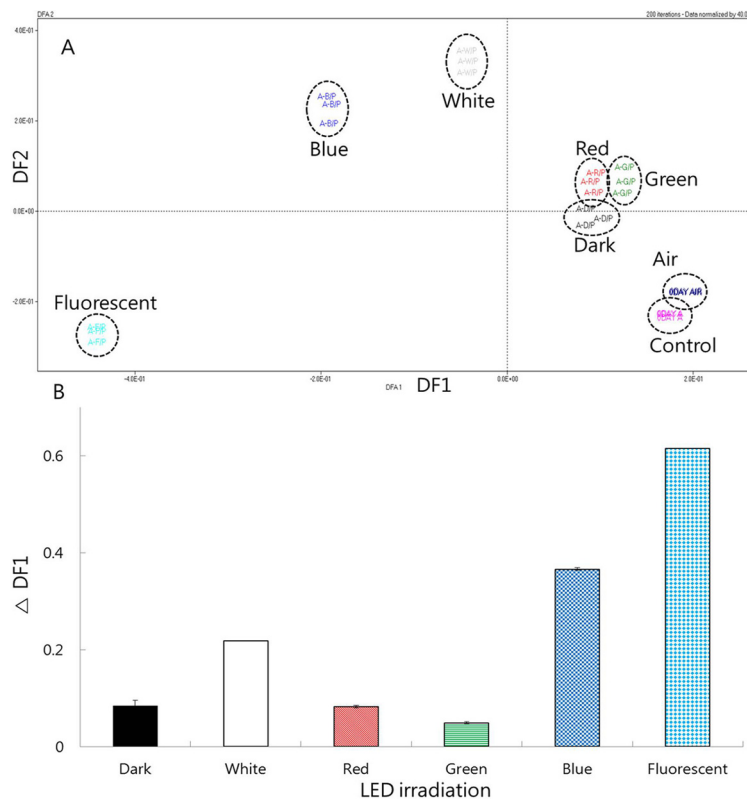


Fig. 4. DFA plot of the obtained data from electronic nose for soybean oil in PE bottle under different lights after 12 weeks (DF1: $R^2=0.9997$, $F=7843.50$; DF2: $R^2=0.9928$, $F=316.93$) (A), The difference of DF1 between control (not irradiation lights in no storage) and different lights irradiation and darkness treatments after 12 weeks (B). $\Delta DF1$ ($DF1_{LED}-DF1_{control}$).

DF1값이 양의 방향에 위치하고 있는 반면, 형광등을 조사한 콩기름은 DF1의 음의 방향에 위치하는 것을 보여 주었다(Fig. 3A). 또한 다른 LED 처리구와 비교하여도 상대적으로 음의 방향쪽으로 치우쳐 위치하고 있음을 볼 수 있었다. 이것은 암실에서 보관된 것이나 저장 초기 시점의 콩기름에 비해 형광등을 조사한 콩기름의 휘발성분이 증가하였음을 의미한다.

저장 4주째에는 모든 LED 처리구들이 암실 처리구와 마찬가지로 대조구와 DF1의 거리 차이를 거의 보이지 않았으며, 이것은 형광등을 제외한 모든 처리구에서 품질의 변화가 거의 진행되지 않아 휘발성분이 생성되지 않았음을 보여준다(Fig. 3A). DF1값을 나타내는 x축의 위치 값에서 대조구 값을 뺀 DF1으로 나타낸 2차원 막대그래프로 비교하여 보았을 때(Fig. 3B) 암실 처리구가 가장 낮은 품질 변화를 보였다. 다른 LED 처리구에서는 암실 처리구에 비해서는 조금 더 많은 휘발성분의 변화를 보였지만 형광등 처리구에 비해서는 상대적으로 매우 미미한 변화 정도를 보여주어, 휘발성분이 거의 생성되지 않은 것으로 여겨지며 초록색 LED 처리구에서도 매우 미미한 휘발성분의 변화가 감지되었다.

12주째에는 DF1과 DF2의 비가 24.75배로 나타나 이것은 DF1과 DF2에 의해서 비교적 뚜렷하게 구분되어지는 것을 알 수 있었다(Fig. 4A). DF1의 음의 방향으로 상대적으로 멀게 위치한 것이 형광등 처리구 다음으로 파란색, 흰색 LED 처리구 순으로 휘발성분의 생성 정도를 나타낸 반면, 빨간색과 초록색 LED 그리고 암실 처리구는 DF1의 이동거리(DF1)가 가장 짧게 나타나 대조구와 차이를 거의 보이지 않아, 품질 변화가 적게 일어났음을 예상할 수 있었다(Fig. 4B). 이러한 결과는 Lee 등(20)이 시판 대두유를 무색, 적색, 녹색, 투명 셀로판지에 직사광선을 조사시킨 후 산화방지효과를 살펴 본 결과 초록색 셀로판지가 산화방지효과가 가장 크게 나타난 것과 일치하는 결과를 보여 준 것이다. 이것은 초록색 셀로판지를 사용하는 경우 무색 셀로판지에 비하여 440-565 nm의 단파장의 광선은 거의 흡수하여 단파장의 광선 투과율이 무색 셀로판에 비하여 현저하게 적었음을 보여 주었다. 즉 품질 변화를 방지하기 위해서는 자외선과 같은 단파장을 차단하는 방법이 효과적인 것을 시사한다. 본 연구에서는 초록색 LED 처리구가 암실 처리구와 함께 대조구로부터의 거리 차이(DF1)가 가장 적어, 콩기름의 품질 변화가 적었다. 즉, 파란색 단파장 LED를 조사하는 경우보다 광선에 의한 콩기름의 품질 변화를 방지하는 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다. 또한 형광등 광원 조사 시에 콩기름의 큰 품질 변화가 일어나는 것을 볼 수 있었으며, 이러한 결과는 슈퍼마켓이나 시장에서 기존의 형광등 불빛 아래에서 기름이 유통되는 동안 기름의 품질이 상대적으로 과다하게 영향을 받고 있다는 것을 의미하며 따라서 형광등 조명하에서 전시 판매할 경우 품질 변화가 촉진되고 있음을 알 수 있다.

판별분석 시 선택했던 ion fragment중 가장 큰 영향을 끼쳤던 것을 차례대로 10가지 선택한 뒤, 12주 저장 처리구 별로 각 fragment에 해당하는 반응 값을 그래프로 나타내었다(Fig. 5). 모든 구에서 41, 42, 43, 44 amu의 ion fragment가 주요하게 영향의 대부분을 차지하는 것으로 나타났으며, 암실 처리구에서 가장 낮으며 형광등 처리구에서는 암실 처리구의 4배에 해당하는 높은 값을 나타내면서, 가장 큰 영향을 끼치는 것을 볼 수 있었다. 또한 형광등 처리구 다음으로 파란색과 흰색 LED 처리구 순서대로 큰 영향을 나타냈으며, 다른 amu 구간에서도 변화된 정도를 보여주었다. 또한 이는 Fig. 4 와 매우 유사한 결과임을 알 수 있다. Fig. 4에서 유사한 값을 나타내던 암실과 초록색, 빨간색 LED

처리구는 Fig. 5에서 보면 약간의 차이를 나타내었다. 암실 처리구 다음으로 초록색 LED 처리구에서 가장 낮은 영향력을 보였는데, 이 역시 초록색 LED 처리 시에 콩기름의 품질 변화가 가장 적게 일어난다는 것을 시사해준다.

광원 중 콩기름 품질의 변화를 크게 일으키는 것이 판명된 형광등을 제외한 뒤, LED 광원과 암실을 사용하여 저장기간에 따른 휘발성분의 품질변화를 보았다(Fig. 6). 암실 처리구는 대조구와 밀접하게 위치하였으며, 저장 12주째까지도 저장기간에 따른 변화가 크지 않음을 보여 주었다. 이것은 암실 처리시에 저장기간에 따른 품질 변화가 거의 이루어지지 않음을 시사해준다. 반면 LED 처리구에서는 저장기간이 경과함에 따라 DF1의 음의 방향으로 위치하여 거리의 차이가 나타나고 있음을 알 수 있었다.

가장 많은 품질 변화가 일어난 파란색 LED 처리구의 경우 저장 8주째까지 적은 변화를 보이다가 12주째에 큰 변화를 보여, 저장 후기에 주로 품질 변화를 일으키는 것으로 나타내었다. Kim 등(21)은 지방이 함유된 전지유에 여러 가지 파장의 LED를 조사한 후 휘발성분 패턴변화를 분석한 결과 조사기간이 증가함에 따라 파란색 LED 광원에서 DF1의 값이 크게 감소하는 경향을 보여 준 바 있는데 이것은 다른 파장보다 파란색 LED 조건하에서 휘발성분의 생성이 많이 일어나는 것을 보여 주는 것이다. Webster 등은 휘발성분의 생성을 지연시키는데 446 nm의 파장을 막는 것이 도움이 된다고 보고(22)한 바 있으며, 본 실험에서도 380-490 nm에 해당하는 파란색 LED 광원에서 가장 큰 변화를 보인 것과 유사한 결과를 보여 주었다. 비교적 큰 변화를 나타낸 흰색 LED 처리구는 저장 8주째까지 품질 변화를 거의 일으키지 않다가 저장 12주째에 매우 큰 변화를 나타내어, 파란색 LED 처리구와 같이 저장 후기에 품질 변화를 일으키는 것으로 예상된다. 빨간색과 초록색 LED 처리구의 경우에는 저장 8주째에 변화가 나타났다가 12주째에서는 8주에 비해 덜 변화된 것으로 나타났다. 이것은 초기의 휘발성분의 생성속도가 비교적 빨라 발생한 현상으로, 12주째에 생성된 휘발성분이 상대적으로 적어 다시 꺾여진 것으로 추측된다. 혹은 저장 중 휘발성분이 타 물질로 변화 및 휘발되어 오히려 전자코에서 측정되는 휘발성분이 감소한 것으로 나타날 수도 있다. 따라서, 빨간색과 초록색 LED 처리구는 상대적으로 저장 초기에 큰 품질 변화를 일으키는 것으로 추측된다. 하지만 초록색 LED 처리구에서는 콩기름 품질 변화가 나타나기는 하나, 그 정도가 다른 LED 처리구에 비해 상대적으로 적으며 암실 처리구와 큰 차이를 나타내지 않았다.

위 실험과 같이 암실 혹은 초록색 LED 처리 시에 콩기름의 품질 변화가 가장 적은 것으로 나타나 저장 시 용이할 것으로 판단된다. 또한 LED 광원 중 파란색과 백색 LED는 형광등에 비해서는 비교적 낮은 품질 변화를 일으키지만 가끔적이면 피해야 할 것으로 사료되는 바이다.

대형마트 및 소매점에서 식용 유지를 전시 판매할 때에 백색 형광등을 일반적으로 사용하고 있으나 LED 광원을 사용하는 것이 기름의 품질변화를 최소화하는데 바람직하며 기름의 유통기간이나 저장기간을 연장하는데 도움이 될 것으로 사료된다. 본 연구의 결과로 미루어볼 때 형광등 및 파란색, 백색 LED 조사 하에서 전시 판매하는 것은 식용 유지의 품질 변화를 촉진시키므로 매우 좋지 않다고 판단된다. 대신 초록색 LED 조사 하에서 전시 판매하는 것이 매우 바람직하다. 암실에서 보관하는 것이 가장 바람직하지만 시중에서 전시 판매 시에 빛은 불가피하게 필요하므로, 위와 같은 초록색 LED 광원 조사 하에 판매하는 것이 좋을 것이라고 여겨진다.

LED를 식품에 적용할 때 향후 포장용기 선정 시 특정 파장에

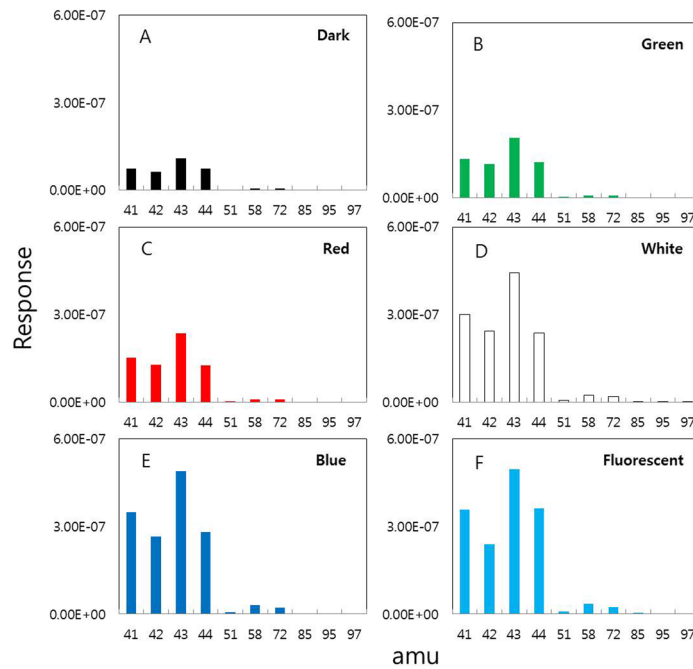


Fig. 5. Response value of electronic nose at various ion fragment for soybean oil in PE bottle under different LED irradiation after 12 weeks.

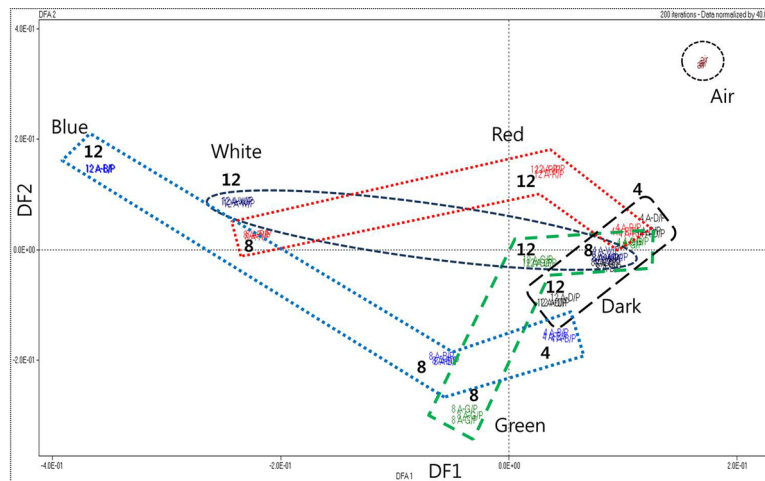


Fig. 6. DFA plot of the obtained data from electronic nose for soybean oil in PE bottle under LED irradiation and darkness during 12 weeks (DF1: $R^2=0.9997$, $F=8907.20$; DF2: $R^2=0.9987$, $F=1796.20$).

대한 선택적 투과성을 갖는 소재의 설정이나 지방의 판매 시 품질 변화가 덜 일어나는 포장의 조명등 설정에 적용 가능할 것으로 예상된다. 본 연구를 통하여 콩기름의 경우 유통, 저장되는 동안 조사되는 광원에도 유지의 품질 변화를 감지할 수 있어, 품질 변화를 초기에 진단하고 유지의 유통기한 재설정이나 품질 유지 및 저장 기간을 연장하는데 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 전자코를 이용하여 시판 콩기름의 휘발성분이 포장에 영향을 받는지 알아보고자 암실과 형광등 및 파장이 다른 LED 광원을 PE 용기에 조사하면서 12주 동안 변화되는 휘발성분의 패턴 변화를 분석하였다. 콩기름의 휘발성분의 변화는 저장기간

동안 암실 처리구에서 가장 적고 천천히 일어났으며, 형광등 처리구에서 가장 크고 급격한 변화가 일어나는 것을 보여주었다. 저장 초기인 4주에는 형광등 처리구를 제외한 모든 처리구에서 미세한 변화가 일어났으며, 저장 12주에는 형광등 처리구 다음으로 파란색과 백색 LED 처리구에서 큰 변화를 보여준 반면 초록색 LED 처리구에서는 변화가 적었다.

파란색과 흰색 LED 처리구는 저장 12주째에서 급격한 휘발성분의 변화가 나타났다. 하지만 빨간색과 초록색 LED 조사 시에는 8주째에 급격한 휘발성분이 생성된 것에 비하여, 저장 12주째에는 휘발성분의 변화가 매우 감소하는 것을 보여주었다. 또한 초록색 LED 처리구에서 가장 적은 변화를 보였다.

이러한 결과를 토대로 볼 때 초록색 LED 광원에서 콩기름을 전시 판매하는 것이 바람직하며, 형광등과 파란색, 백색 LED 광

원은 바람직하지 못한 것으로 판단된다. 또한, 전시 판매가 아니라면 암실에서 저장하는 것이 가장 바람직할 것으로 예상되는 바이다.

감사의 글

본 논문은 2012년 한국연구재단 기본연구지원 사업과제 2012R1A1A200683 및 한식재단 한식특성화 3차년도과제 지원에 의해 수행된 연구결과이며 지원에 감사드립니다.

References

1. Im JK. Oil industry: Development of food industry and training program as a higher value-added business. *Food Ind.* 181: 10-37 (2004)
2. Im DK, Choi W, Shin DH, Jung YS. Antioxidative effect of propolis extract on palm oil and lard. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 622-626 (1994)
3. Saguy IS, Dana D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumers aspects. *J. Food Eng.* 56: 143-152 (2003)
4. Jo KS, Kim JK, Shin HS. Effect of storage conditions on the oxidative stability of lipid in roasted and roasted-seasoned laver (*porphyra tenera*). *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 902-908 (1995)
5. Min BA, Lee JH, Lee SR. Effects of frying oils and storage conditions on the rancidity of *yackwa*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 17: 114-120 (1985)
6. Wu MC, Hou CY, Jiang CM, Wang YT, Wang CY, Chen HH, Chang HM. A novel approach of LED light radiation improves the antioxidant activity of pea seedings. *Food Chem.* 101: 1753-1758 (2007)
7. Kyle S. LED lighting extends color shelf life for three beef products compared with fluorescent lighting. MS thesis, Kansas State University, Manhattan, KS, USA (2012)
8. Michael JO, James RC. Light emitting diode effects on color stability of frozen beef. BS thesis, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA (2010)
9. Lee JH. Photooxidation and photosensitized oxidation of linoleic acid, milk and lard. PhD. thesis, Ohio State University, Columbus, OH, USA (2002)
10. Park SY, Chang MS, Choi JH, Kim BS, Lee HR, Ham KH. Effect of a refrigerator with LED on functional composition changes and freshness prolongation of cabbage. *Korean J. Food Preserv.* 14: 113-118 (2007)
11. Yang SO, Chang PS, Lee JH. Effects of riboflavin-photosensitized oxidation on the formation of volatile compounds in oleic acid model systems. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 717-722 (2005)
12. Jung MY, Chio DS, Park KH, Lee B, Min DB. Luminescence spectroscopic observation of singlet oxygen formation in extra virgin olive as affected by irradiation light wavelengths, 1,4-diazabicycol[2,2,2]octane, irradiation time and oxygen bubbling. *J. Food Sci.* 76: 59-63 (2011)
13. Kim SM, Noh BS. Characteristics of shelf-life of soybean curd by electronic noses. *Korean J. Sci. Agric. Machinery* 27: 241-248 (2002)
14. Hong EJ, Son HJ, Choi JY, Noh BS. Authentication of rapeseed oil using an electronic nose based on mass spectrometry. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 105-109 (2011)
15. Park IS, Youn AR, Choi DJ, Lee YJ, Kim YK, Kim MH, Choi SR, Kim KH, Noh BS. Effect of different packing methods in *Codonopsis lanceolata* for fresh-cut product on the patterns recognition of flavor analysis during storage. *Food Eng. Prog.* 16: 355-361 (2012)
16. Capone S, Epifani M, Quaranta F, Siciliano P, Taurino A, Vasanelli L. Monitoring of rancidity of milk by means of an electronic nose and a dynamic PCA analysis. *Sensor. Actuat. B-Chem.* 78: 174-179 (2001)
17. Gan HL, Tan CP, Che Man YB, Nor AI, Nazimah SAH. Monitoring the storage stability of RBD palm olein using the electronic nose. *Food Chem.* 89: 271-282 (2004)
18. Lim CL, Hong EJ, Son HJ, Kim JE, Noh BS. Effects of roasting condition and storage time on changes in volatile compounds in rapeseed oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 291-302 (2011)
19. Kim KH, Hong EJ, Park SJ, Kang JW, Noh BS. Pattern recognition analysis for volatile compounds of the whole, skim, UHT-, HTST-, and LTLT-milk under LED irradiations. *Korean J. Food Sci. An. Resour.* 31: 596-602 (2011)
20. Lee YS, Kim DH. Effects of colored transparent cellophane films and colorless transparent cellophane films coated respectively with pyridine, benzophenone, and p-aminobenzoic acid on the sunlight accelerated oxidation of edible soybean oil. *Korean J. Food Sci. Technol.* 4:239-244 (1972)
21. Kim KH, Park SJ, Noh BS. Comparison of volatile compounds from vegetable oils under light emitting diode irradiation using MS-based electronic nose. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 1055-1063 (2012)
22. Webster JB, Duncan SE, Marcy JE, O'keefe SF. Controlling light oxidation flavor in milk by blocking riboflavin excitation wavelengths by interference. *J. Food Sci.* 74: 390-398 (2009)