

재가열 튀김유의 이화학적 특성과 전자코에 의한 향기 패턴 분석

김남숙 · 신정아 · 이기택[†]

충남대학교 식품공학과

Physiochemical Properties of Repeated Deep-frying Oil and Odor Pattern Analysis by Electronic Nose System

Nam-Sook Kim, Jung-Ah Shin and Ki-Teak Lee[†]

Dept. of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract

Chemical characteristics of soybean oil after deep-frying with potato sticks (200 g, 10% w/w of soybean oil) were studied according to the 34 deep-frying times. After consecutive 34 deep-frying, total polyunsaturated FA contents was gradually decreased while the total saturated FA and *trans* FA were increased. Acid value and peroxide value were increased while iodine value decreased, respectively. The Hunter L* value decreased while each a* and b* value were gradually increased. Electronic nose equipped with 12 metal oxide sensors was used for the discrimination of odor pattern of frying oils against the times of deep-frying. The proportions of 1st and 2nd principal component analysis showed 75.97% and 21.23%, respectively. While 6 among total 12 sensors well responded to discrimination of odor in the repeated frying oils, suggesting that the odor pattern of each oil after deep-frying would be discriminated against fresh soybean oil, especially after 14 times. From the results, electronic nose could differentiate the degree of quality deterioration of the repeated deep-frying oils.

Key words : Soybean oil, repeated deep-frying oil, physiochemical property, electronic nose.

서 론

산업 사회의 발달은 인간의 생활 양식을 변화시켰을 뿐만 아니라 식생활에도 영향을 미쳐 식품에 대한 소비자들의 기호가 다양해지게 되었다. 또한 경제적인 여유로 인해 외식 산업이 발달하게 되었고 이와 더불어 여러 종류의 가공 식품들도 개발되고 있는 실정이다. 그 중에서도 튀김 식품은 독특한 맛과 조리 상의 간편성이 뛰어나 지속적인 소비의 증가가 기대된다. 튀김은 식용 유지를 이용하는 조리 방법의 하나로 최근 식생활의 다양화로 일반 가정에서도 튀김 조리의 기회가 증가하고 있다. 튀김 식품에서 유지는 식품에 흡수되어 독특한 향미와 조직감을 부여하고 물보다 고온의 열 전달 매체로 작용한다. 한편 튀김유는 고온에서 장시간 가열될 때 가속화된 자동 산화에 의해 과산화물이 급격히 형성되고 이 과산화물은 계속 산화되어 2차 생성물인 alcohol류, aldehyde류 등과 같은 휘발성 물질과 이중체, 삼중체, epoxides 등과 같은 중합체를 형성하게 되어 유지의 향미나 유지의 품질에

나쁜 영향을 주게 된다(Shin HS 1996). 또한 튀김시 재료 중에 함유되어 있는 전분이나 단백질 등은 열에 의해서 전분의 α -화, 단백질의 변성을 유발시키고, 튀김 과정 중 튀김 재료로부터 떨어져 나온 미세한 입자는 기름 중에 오래 잔존되어 상당히 변질한 상태가 되어 튀김유의 품질 저하를 초래하게 된다. 튀김유는 산패 정도가 적을 때에는 큰 문제가 없지만 산패가 급속히 진행되어 사용 한계를 넘은 튀김유는 사용을 중지하여야 한다. 그런 튀김유의 산패 정도는 튀김 재료의 종류, 튀김 방법, 튀김 온도 등에 따라 다르게 나타나며 튀김 후 남은 튀김유는 다시 새로운 기름을 보충하여 재사용하는 경우가 많기 때문에 튀김유의 사용 한계를 일률적으로 설정하기는 매우 곤란하다. 튀김에 사용된 튀김물과 튀김유의 품질 저하 사이의 관계를 규명, 수립하여 이들에 따른 품질 평가에 대한 설정 기준의 마련이 요구될 뿐만 아니라 간편한 분석 방법도 요구되고 있다. Lee *et al*(1994), Lee *et al* (2000)은 화학적 분석 방법인 산가, Henick 법, Wijs 법 등을 이용하여 가열 산화에 의한 대두유의 특성을 보고한 바 있으며 산가, 과산화물가, 요오드가 등을 통하여 감자 튀김유의 물리, 화학적 특성을 분석한 바 있다. 그러나 위에서 제시한 요오드가, 산가, Henick 법 등에 의한 화학적 분석 방법은

[†] Corresponding author : Ki-Teak Lee, Tel : +82-42-821-6729, Fax : +82-42-822-6729, E-mail : ktleee@cnu.ac.kr

비교적 복잡한 전처리 과정이 요구되며 많은 시간이 소요된다. 최근 전자코를 이용한 분석은 비파괴적인 분석 방법으로 신속하고 편리하게 향의 분석이 이루어질 수 있다. Metal oxide sensor 유형의 전자코는 multi-sensor array 기술을 이용, 특정향기 또는 냄새 성분이 각각의 센서에서 전기 화학적 반응을 일으켜 전기적인 신호로 변환되는 원리로서 사람의 후각인지 체계를 모방한 판별 분석, 주성분 분석 등의 패턴 인식 소프트웨어를 사용하여 냄새를 감별하고 시료간의 분별을 가능하게 한다. GC/MS가 향기 성분을 하나씩 분리 동정하는데 반하여, 전자코는 시료 전체의 향을 감지하는 특성을 가지고 있어 식품류의 품질 평가 및 관리, 숙성 평가 등에 널리 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다. 최근에 전자코를 이용하여 농산물의 산지 판별(Noh & Ko 1997), 우유의 신선도 예측(Yang & Hong 1999), 유지의 산화(oxidation) 분석(Yang *et al* 2000), 감마선 조사된 red pepper나 육류의 분석(Kim & Noh 1999, Han *et al* 2001) 등이 보고되었다. 따라서 본 실험에서는 감자 튀김유를 재사용하였을 때 튀김유의 향기 패턴 변화를 전자코로 측정하여 튀김유의 품질저하 정도를 종래의 화학적 분석 방법과 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 재료는 시판되는 대두유(CJ, Korea)와 냉동 감자 스틱을 대형 마트(원산지: 미국)에서 구입하였다. 기기 분석에 사용된 시약은 모두 특급을 사용하였다.

2. 시료 유지의 가열

유지의 가열은 용량이 3 L이었고, 온도 조절기가 달린 용기에 약 2 L의 유지 시료를 넣고 온도계를 매달아 $180 \pm 2^\circ\text{C}$ 까지 충분히 올린 뒤 감자 스틱 200 g(유지의 10%)을 넣어 약 5분간 튀겼다. 매회 튀김 과정 후 실온으로 방냉한 뒤 시료 유지를 약 60 mL 정도를 취하고 남아있는 유지를 재가열하여 튀기기를 34회 반복하였다. 튀김 과정 중에 튀김 재료에 흡수된 기름의 양을 고려하여 매회 양을 제어 비율에 맞는 감자 스틱을 사용함으로써 튀김유와 감자 스틱의 비율이 일정하도록 하였다. 각 회마다 채취한 시료는 마개가 달린 용기에 넣어 질소로 충전한 후 냉동고(-18°C)에 보관하였으며, 튀김 과정 중의 특성 변화를 살펴보기 위하여 0회와 4회, 14회, 24회 및 34회를 특성 및 향기 패턴 분석에 사용하였다.

3. 지방산 조성 분석

지방산의 조성 분석을 위해 다음과 같은 methylation 방법(Alonso *et al* 2000)을 이용하였다. 시료 100 mg을 screw cap

이 달린 시험관에 hexane 3 mL와 메탄올로 희석한 2 N의 KOH를 넣고 내부 표준물질로써 hexane에 녹인 heptadecanoic acid(C17:1, internal standard)를 300 mL를 첨가하여 1분간 충분히 vortex한 후에 상온에서 20분간 방치하였다. 이후 무수 sodium sulfate column으로 수분을 제거하고 이를 1 mL GC vial에 옮겨 지방산 methyl ester를 가스 크로마토그래피로 분석하였다(Shin & Lee 2004). 분석기기는 flame-ionization detector(FID, 260°C)가 장착된 Hewlett Packard 6890 series GC(Hewlett-Packard, Avondale, PA, USA)로 injector (250°C)에 1 μL 주입하여 분석하였다. 컬럼은 fused silica capillary column SPTM-2560(100 m \times 0.25 mm i.d. \times 0.2 μm film thickness, supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다. 분석 온도는 승온 분석으로 최초 150°C 에서 5분간 유지시킨 후 $4^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 비율로 220°C 까지 증가시켜 30분간 유지되도록 설정하였다. 이송 기체는 N_2 (total gas flow rate: 52.5 mL/min)로 constant flow mode(1 mL/min)를 사용하였다. 분석은 각각 2회 수행하였으며, 분석치의 평균값과 SAS program (statistical analysis system, version 8.01)의 Duncan's multiple range test를 통한 유의성(95%, $p < 0.05$) 검정 결과를 제시하였다.

4. 가열에 의한 화학적 성질 측정

튀김유의 재사용 횟수에 따른 화학적 특성 분석을 위하여 산가(acid value, AV)와 과산화물가(peroxide value, POV), 비누화가(saponification, SV) 및 요오드가(iodine value, IV)를 AOCS(1990)에서 제시된 방법에 준하여 분석하였다. 각각 3 반복 측정으로 획득한 분석치를 평균값으로 나타내었다. 분석 결과의 유의성 검정을 위하여 SAS program의 Duncan's multiple range test를 이용하여 95% 신뢰구간($p < 0.05$)에서 통계 처리를 수행하였다.

5. 색차계를 이용한 색도 분석

Hunter 체계에 근거한 색차계 JC801 colorimeter(Color Techno System corp, Tokyo, Japan)에 의해 시료의 L^* (0/100, lightness/darkness)값, a^* (+/-, redness/greenness)값 및 b^* (+/-, yellowness/blueness)값을 2회 반복 측정하여 평균값을 구하였다(Shin & Lee 2004).

6. 전자코에 의한 향기 패턴 분석

향기 패턴 분석에 이용된 전자코는 non polar volatiles(SY/AA, SY/gCT, P10/1, P10/2), organic solvent(SY/gCT1, T30/1, PA2), ammonia & sulfur(SY/G), fluoride & chloride(SY/LG, P40/1), food aroma & volatile(T70/2) 및 aromatic(SY/Gh) volatiles를 감지하는 12개의 센서로 구성된 α -FOX 3000 Electronic Nose System(Alpha M.O.S France 1998)을 사용하였다

(Shin & Lee 2003). 본 실험의 분석 조건은 dry/humid 공기의 비율이 20%가 되도록 온도는 36°C, 압력은 5 psi, 공기의 흐름은 150 mL/min으로 설정하였다. 휘발 성분은 20 mL vial에 시료 2 g을 취하여 각각 5반복으로 휘발 촉진 시간은 5분, 온도는 50°C, 진탕은 500 rpm으로 하여 포집하였다. 포집된 휘발 성분은 55°C로 유지되는 syringe injector로 취하여 auto sampler를 이용하여 0.5 mL/sec의 속도로 주입하였다. 분석 간격은 10분으로 설정하여 센서가 충분한 안정화를 이룬 후 다음 분석이 진행되도록 하였다. 향기 패턴 분석으로 얻은 각 센서의 감응도($\Delta R_{gas}/R_{air}$) 즉, 공기 저항값(R_{gas})의 변화율로 주성분 분석 (Principal component analysis; PCA)을 실행하여 제1주성분 값 및 제2주성분 값을 구하였으며, Student-Newman-Keul's(SNK) 및 multivariate analysis of variance (MANOVA) 통계 처리를 통하여 각 센서별 유의성($p < 0.05$)을 검증하였다(SAS 8.01 2000).

결과 및 고찰

1. 튀김유의 재사용 횟수에 따른 지방산 조성 변화

시중에 유통되고 있는 대두유와 감자 스틱을 사용하여 튀김유의 재사용 횟수에 따른 지방산 조성의 변화를 알아보았으며, 결과를 Table 1과 Fig. 1에 나타내었다.

초기 대두유(0회)의 주요 지방산의 평균 조성은 linoleic acid($C_{18:2}$ 53.9 area%)와 oleic acid($C_{18:1}$ 23.2 area%), palmitic acid($C_{16:0}$ 10.8 area%), linolenic acid($C_{18:3}$ 6.2 area%) 및 stearic acid($C_{18:0}$ 4.2 area%)로 확인되었다. 최종 34회 튀김 후 대두유의 주요 지방산의 평균 조성은 각각 linoleic acid($C_{18:2}$ 43.0 area%)와 oleic acid($C_{18:1}$ 26.8 area%), palmitic acid($C_{16:0}$ 11.7 area%), stearic acid($C_{18:0}$ 5.9 area%) 및 linolenic acid($C_{18:3}$ 4.6 area%)와 같았다. 재사용 횟수별 튀김유의 높은 구성비를 차지하는 주요 지방산의 종류는 통계적 유의차가 없었으나($p < 0.05$), 각각의 지방산 조성비는 튀김 횟수가 증가할수록 유의적으로 증가 혹은 감소하는 차이를 보이는 것으로 확인되었다($p < 0.05$).

즉, 튀김 34회 후 튀김유의 트랜스 지방산을 제외한 총 불포화 지방산의 함량은 초기 대두유(0회, 83.8 area%)보다 약 10.4% 감소된 75.1 area%로 튀김유의 재사용 횟수가 증가에 따라 감소되는 경향을 보인 반면, 총 포화 지방산의 함량은 16.4% 증가(0회, 15.6 area%; 34회, 18.1 area%)되는 경향을 나타내었다. 전반적으로 가장 크게 감소된 필수 지방산인 linoleic acid($C_{18:2}$)의 감소 경향은 송 등(Song & Jang 2002)의 연구 보고와 일치하였다.

한편, 트랜스 지방산의 함량의 경우, 미량의 trans linolenic acid(0.6 area%)만 함유하는 것으로 확인된 초기의 대두유에서 보이지 않던 trans oleic acid와 trans linoleic acid가 튀김

Table 1. Changes in fatty acid (FA) composition of frying oils after deep-frying with a soybean oil and potato sticks for 34 reusing times
(Unit: area%)

Fatty acid	No. of deep-frying				
	0th	4th	14th	24th	34th
$C_{14:0}$	0.1±0.1 ^a	0.1±0.1 ^a	0.1±0.1 ^a	0.1±0.1 ^a	0.1±0.1 ^a
$C_{16:0}$	10.8±0.1 ^c	10.9±0.1 ^d	11.1±0.1 ^c	11.4±0.1 ^b	11.7±0.1 ^a
$C_{18:0}$	4.2±0.1 ^c	4.4±0.1 ^d	4.9±0.1 ^c	5.4±0.1 ^b	5.9±0.1 ^a
$C_{18:1}$	23.2±0.1 ^d	23.3±0.1 ^d	24.9±0.1 ^c	25.9±0.1 ^b	26.8±0.5 ^a
$C_{18:2}$	53.9±0.1 ^a	52.7±0.1 ^b	49.9±0.1 ^c	46.2±0.1 ^d	43.0±0.1 ^e
$C_{18:3}$	6.2±0.1 ^a	6.1±0.1 ^b	5.7±0.1 ^c	5.1±0.1 ^d	4.6±0.1 ^e
$C_{20:0}$	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.4±0.1 ^a	0.5±0.1 ^a
$C_{20:1}$	0.6±0.1 ^a	0.6±0.1 ^a	0.6±0.1 ^a	0.5±0.1 ^b	0.5±0.1 ^b
$C_{18:1T}$	nd ^e	0.7±0.1 ^d	1.7±0.1 ^c	4.2±0.1 ^b	5.9±0.5 ^a
$C_{18:2T}$	nd ^c	0.2±0.1 ^b	0.1±0.1 ^c	0.3±0.1 ^a	0.5±0.1 ^a
$C_{18:3T}$	0.6±0.1 ^a	0.6±0.1 ^a	0.6±0.1 ^a	0.5±0.1 ^b	0.5±0.1 ^b
Unsaturated	83.8±0.1 ^a	82.8±0.1 ^b	81.2±0.1 ^c	77.6±0.1 ^d	75.1±0.6 ^e
Saturated	15.6±0.1 ^c	15.8±0.1 ^d	16.5±0.1 ^c	17.3±0.1 ^b	18.1±0.1 ^a

* Values are means of duplicate.

T means trans fatty acid.

nd : not detected.

^{a-e} Values with different superscript letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

유에서 검출되었다. 특히, 최종 34회 튀김유에서 trans oleic acid의 함량은 5.9 area%로 이외의 트랜스 지방산에 비하여 비교적 크게 증가되는 경향을 나타내었다. 총 트랜스 지방산의 함량의 변화도 포화 지방산의 경우와 마찬가지로 튀김유의 재사용 횟수의 증가에 따라 0.6 area%(0회)에서 6.8 area%(34회)로 유의적인 증가 경향을 보였다.

위와 같은 결과는 튀김 과정에서 고온 가열 시 일어나는 유리지방산의 생성, carbonyl 화합물의 형성 및 중합반응 등에 의한 가열 산화 때문인 것으로 사료되며 이러한 경향은 Song & Jang(2002)과 Son *et al*(1998)의 보고와 일치하였다. 이러한 지방산 조성의 변화는 튀김유의 영양적 측면에서의 품질 저하에 영향을 미칠 것으로 사료된다.

2. 튀김유의 화학적 성질 변화

재사용 횟수에 따른 감자 튀김유의 화학적 특성 변화를 알아보기 위하여 산가와 과산화물가, 비누화가 및 요오드가를 측정하여 Fig. 1에 제시하였다.

튀김 과정에서 사용한 대두유의 산가는 Fig. 1의 A에서와 같이 초기 대두유(0회, 0.4)로부터 24회까지는 튀김의 횟수 증가에 따른 변화가 없었으나, 24회 이후부터 최종 34회 튀김과정 중 0.6까지 약 1.5배 증가되는 경향을 나타내었다. 이는 대두유의 지속적인 가열 산화에 의한 유리지방산 등의 생성에 기인된 것으로 사료되며, 따라서 산가는 튀김유의 재사용 횟수 증가에 비례적으로 증가되는 경향을 보일 것으로 예측된다.

과산화물가의 경우, Fig. 1, B에서 보는 바와 같이 초기 2.5 meq/kg에서 34회(8.9 meq/kg)까지 약 4배 증가된 값을 나타냄으로써 튀김 횟수가 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 앞선 Noh & Ko(1997), Song & Jang(2002), Son *et al.*(1998)의 연구 결과와 일치하였다. 그러나 가열 산화의 온도가 높아질수록 유도 기간이 급속히 단축되고 유도 기간 이후의 과산화물은 순간적으로 분해되어 hydroxyl, carboxyl, carbonyl compound 등의 2차 화합물을 형성하므로 오히려 낮은 과산화물가를 나타낸다는 Son

et al. (1998) 연구 결과를 참고하였을 때, 과산화물가는 계속적인 튀김 횟수 증가에 비례하지 않을 것으로 예측된다.

비누화가(Fig. 1, C)는 초기 대두유(0회, SV: 186)를 고온에서 튀기는 과정 중 다소 증가 혹은 감소되다가 최종 34회 튀김유에서는 감소된 값인 183으로 측정되었으나, 튀김 과정 중의 측정치의 변화가 규칙적이지 않았다.

요오드가 측정 결과, 초기 대두유(0회)의 측정치는 128이었으며 Fig. 2(D)에서 보는 바와 같이 34회 튀김유에서는 약 13% 감소된 112로 측정, 튀김 횟수 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다(Song & Jang 2002, Son *et al.* 1998).

따라서 종래 유지의 화학적 성질 측정 방법 중 산가나 요오드가의 경우 튀김유의 재사용 횟수의 증가에 따른 품질 저하 평가로의 이용이 앞선 연구 보고들과 마찬가지로 가능하였지만, 과산화물가나 비누화의 경우에 튀김 과정 중의 변화가 일률적이거나 뚜렷하지 않은 것으로 나타났다. 즉, 튀김유의 품질 평가 방법으로서의 응용에서 종래의 화학적 측정 방법은 재현성이 있으면서 신속한 결과를 얻기 위한 이용으로써는 한계가 있을 것으로 사료된다.

3. 색도 변화

초기 대두유의 색도는 각각 96.1(L*), -2.3(a*), 12.1(b*)로 측정되었으며 튀김 과정에 따른 색도 변화는 Fig. 3에 제시한 바와 같다. L*값의 경우 0회에서 34회(69.1)까지 튀김 횟수가 증가할수록 측정값이 점차 감소하는 경향을 보였다. a*

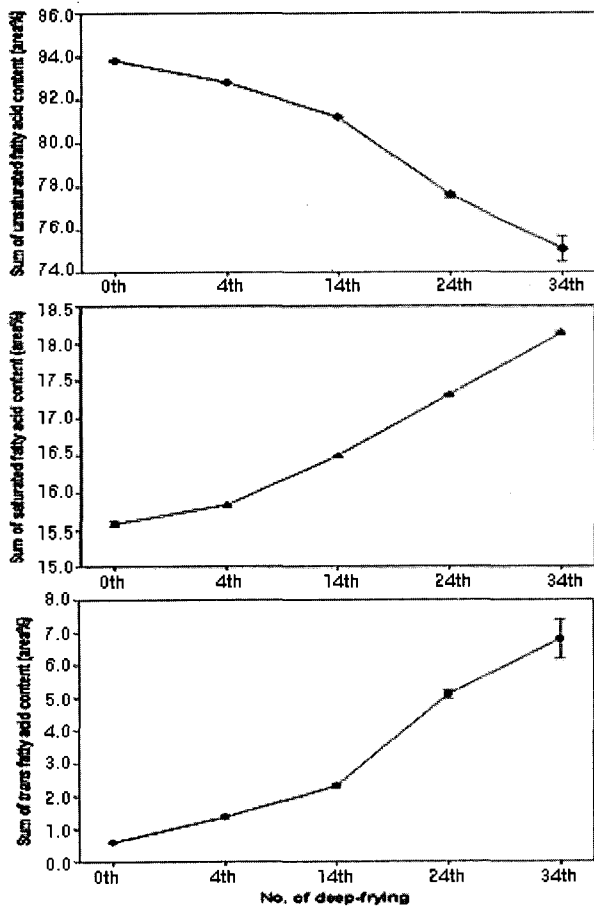


Fig. 1. Changes in the sum of unsaturated, saturated, and *trans* fatty acid content (from up to down) in repeated frying oils during deep-frying with a soybean oil and potato stocks.

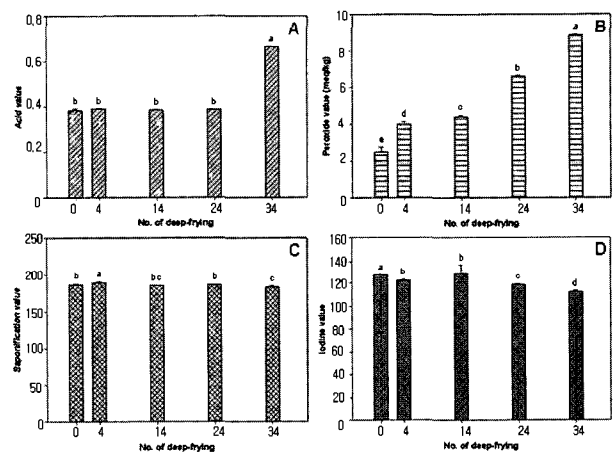


Fig. 2. Changes in the chemical properties of repeated frying oils during deep-frying with a soybean oil and potato stocks.

A: Acid values of frying oils, B: Peroxide values of frying oils, C: Saponification values of frying oils, D: Iodine values of frying oils.

a~c Values with different superscripts are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

값은 재사용 4회(15.8)까지는 비교적 크게 증가되었다가 이후부터 최종 34회(12.3)까지 다소 감소되는 결과를 나타내었으나, 초기 대두유보다는 적색도가 증가된 것을 확인하였다. b*값은 14회(16.6)까지는 큰 변화를 보이지 않다가 이후로부터 비교적 크게 증가되어 57.3(34회)까지 증가되는 경향을 보였다.

이러한 결과는 튀김 과정의 진행에 따라 명도는 감소하는 반면 적색도와 황색도는 증가했다는 Song & Jang(2002)과 Son *et al*(1998)의 연구 보고와 일치하였으며 또한, 튀김과정 중 유지가 재사용될수록 어두워지고 붉으면서 점차 노랗게 되는 경향을 보이는 육안에 의한 관능적 관찰 결과와도 대등한 관계가 있음을 확인하였다.

4. 전자코에 의한 향기 패턴 분석을 통한 구별

전자코(Alpha M.O.S. France)를 사용하여 고온(180℃±2)에서 튀김 시 유지의 재사용에 따른 품질 저하 정도 판단에 응용, 분석 후 principal component analysis(PCA)로 얻은 결과를 Fig. 4와 5에 각각 나타내었다.

Fig. 4에서 전체적인 구분 정도를 설명하는 discrimination index가 70를 나타내었고, 제1주성분 값의 기여율은 75.97%,

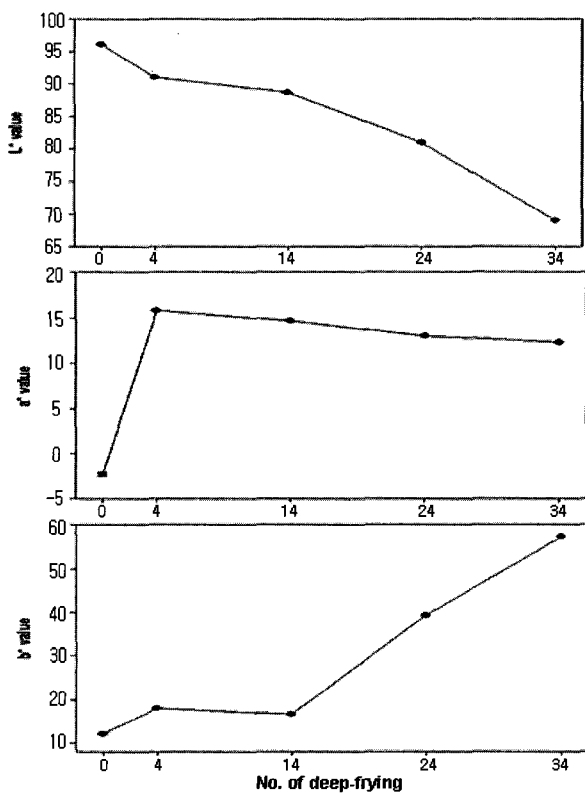


Fig. 3. Changes in the Hunter L*, a*, and b* values of repeated frying oils during deep-frying with a soybean oil and potato stocks.

제2주성분 값의 기여율은 21.23%를 나타내었다. 초기 대두유(0회)에서 4회 재사용까지 튀김 횟수가 증가할수록 제1주 성분 값이 negative 값에서 positive 값으로 이동하는 경향을 보였고 4회부터 14회까지는 튀김 횟수의 증가에 따라 제2주 성분 값이 negative 값에서 positive 값으로 이동하는 경향을 나타내었다. 반면에 14회로부터 34회까지 재사용하였을 경우, 튀김 횟수가 증가할수록 제 1주성분 값이 positive 값에서 negative 값으로 이동하는 경향을 보이면서 제 2주성분 값이 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

한편, 분석 결과 얻어진 센서 감응도의 유의적 차이 분석을 위한 MANOVA에서 F-값이 3.48을 나타내며 0에 근접한 Wilks' lamda(0.001)가 각 그룹간의 전체적인 비교에 p<0.0001로 적용되었으며 SNK에 의해 p<0.05에서 튀김유들 간의 유의성을 검증하였다. Fig. 5에서와 같이 non polar volatiles (SY/gCT, P10/1)와 organic solvent(T30/1, PA2), fluoride & chloride(P40/1) 및 food aroma & volatile(T70/2), 총 6개 센서의 감응도에서 튀김유의 재사용 횟수에 따른 유의적 차이를 확인하였다.

위 결과로 PCA상에서 튀김유의 향기 패턴이 튀김 횟수가 증가할수록 초기 대두유와 차이를 보이는 것을 확인할 수 있었으며 특히 튀김 14회 이후의 튀김유의 향기 패턴은 4회까지의 향기 패턴과 확연히 구분된 경향을 나타내는 것으로 분석되었다. 따라서 전자코는 분석 시간이 상대적으로 짧고, 비파괴적 분석법으로, 전자코를 이용하여 재사용 횟수에 따른 튀김유의 품질 저하 정도 예측시 종래의 화학적 분석 방법에 비해 비교적 간편하게 알 수 있을 것으로 사료된다.

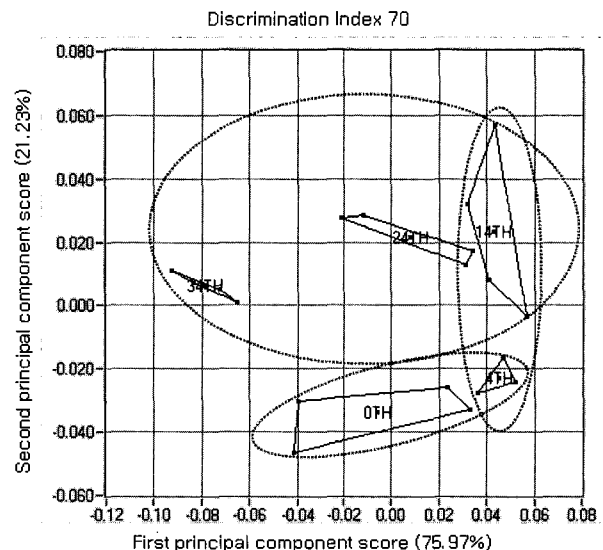


Fig. 4. Principal component analysis (PCA) of odor differences among repeated frying oils (0th, 4th, 14th, 24th, and 34th) analyzed by the electronic nose.

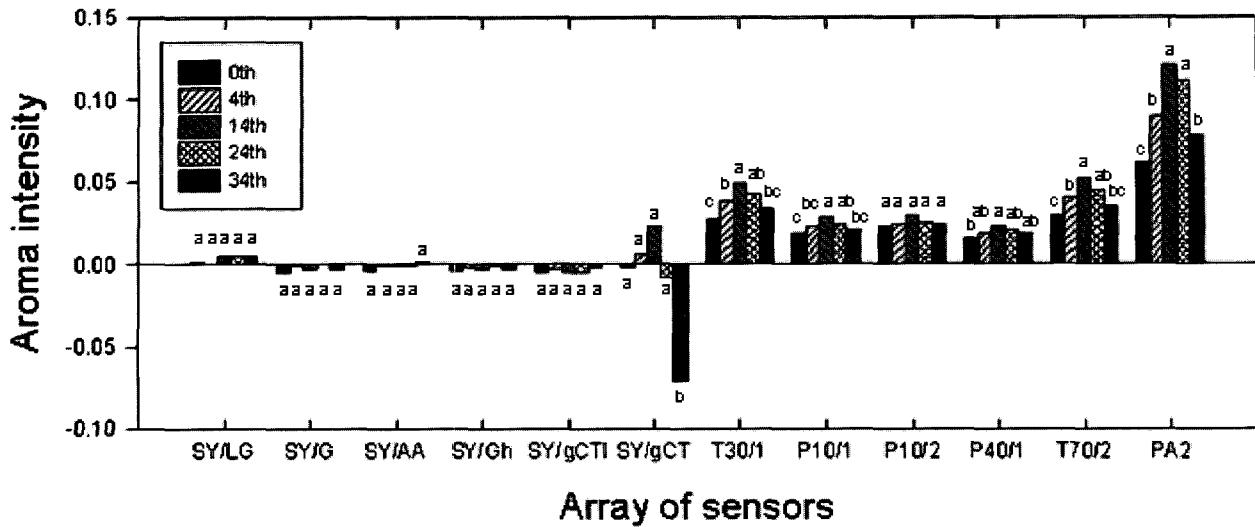


Fig. 5. Aroma intensities ($\Delta R/R_0$) of repeated frying oils (0th, 4th, 14th, 24th, and 34th) acquired by the electronic nose.
 1) $\Delta R/R_0$ is the sensor response change from reading at starting on acquisition.
 3) Values of each sensor were expressed as the means of 5 replicates.
 a-c Values with different superscript letters within the same sensors are significantly different by MANOVA ($p < 0.05$).

요약 및 결론

감자 튀김시 대두유를 재사용하였을 때 발생하는 향기 패턴 변화를 전자코로 측정하여 튀김유의 품질 저하 정도를 종래의 화학적 분석 방법과 비교하였다. 지방산 조성 분석 결과, 초기 대두유(0회)의 주요 지방산 조성은 linoleic acid(53.9 area%)와 oleic acid(23.2 area%), palmitic acid(10.8 area%) 등으로 재사용 횟수별 튀김유 내 높은 조성비를 차지하는 주요 지방산은 유사하였다. 총 34회 튀김 과정에서 재사용 횟수가 증가함에 따라 총 불포화 지방산의 함량은 초기 대두유(0회) 보다 약 10.4% 감소되는 경향을 보인 반면, 총 포화 지방산의 함량은 약 16.4% 증가되는 경향을 보였고 총 트랜스 지방산의 함량 변화도 0.6 area%(0회)에서 6.8 area%(34회)로 유의적인 증가 경향을 나타내었다. 산기는 24회 이후부터 최종 34회 튀김 과정 중 크게 증가되었고 과산화물가의 경우, 튀김 횟수가 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 비누화가는 튀김 과정 중의 측정치 변화가 일률적이지 않는 것으로 분석되었으나, 요오드가는 튀김 횟수 증가에 따라 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 튀김 과정의 진행에 따라 L*값은 감소하는 반면, a*값과 b*은 증가하였다. 전자코 분석 결과, 튀김유의 재사용에 따른 품질 저하 정도를 예측할 수 있을 것으로 사료되었으며, 튀김 횟수가 증가할수록 non polar volatiles (SY/gCT, P10/1), organic solvent(T30/1, PA2), fluoride & chloride(P40/1), food aroma & volatile(T70/2) 센서의 감응도가 유의적인 차이를 보이면서 전체적인 튀김유의 향기 패턴이 초기 대두유와 구별되는 것으로 확인되었다.

감사의 글

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았으며, 이에 감사드립니다.

문헌

Alonso L, Fraga MJ, Juarez M (2000) Determination of trans fatty acids and fatty acid profiles in margarines marketed in Spain. *J Am Oil Chem Soc* 77: 131-13.

AOCS (1990) Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society 4th ed. American Oil Chemists' Society, Chicago IL USA. Ca 3a-63, Cd 8-53, Cd-3-25, Cd 1-25.

Han KY, Kim JH, Noh BS (2001) Identification of the volatile compounds of irradiated meat by using electronic nose. *Food Sci Biotechnol* 10: 668-672.

Intelligent Electronic Nose (1998) *Fox user manual*. 2nd ed. Alpha MOS. SA France.

Kim JH, Noh BS (1999) Detection of irradiation treatment for red peppers by an electronic nose using conducting polymer sensors. *Food Sci Biotechnol* 8: 207-209.

Lee JY, Lee HG, Song ES (2000) Effects of reusing times on the oxidative stability of frying fat for frozen battered pork. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 231-234.

Lee KT, Park SM, Hwang YG, Kang OJ (1994) Relationship

- between physical and chemical properties of frying vegetable oils. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 654-659.
- Noh BS, Ko JW (1997) Discrimination of the habitat for agricultural products by using electronic nose. *Food Eng Prog* 1: 103-106.
- SAS (2000) *SAS/STAT user's guide*. Release 8.01. Statistical analysis systems institute Inc. Cary NC USA.
- Shin HS (1996) Physicochemical changes and problems of deep frying oil during deep-frying. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 2: 73-82.
- Shin JA, Lee KT (2003) The identification of blended sesame oils by electronic nose. *Korean J Food Sci Technol* 35: 648-652.
- Shin JA, Lee KT (2004) Lipase-catalyzed synthesis of structured lipids with capric and conjugated linoleic acid in a stirred-batch type reactor. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1175-1179.
- Son JY, Chung MS, Ahn MS (1998) The changes of physicochemical properties of the frying oils during potato and chicken frying. *Korean J Soc Food Sci* 14: 177-180.
- Song YS, Jang MS (2002) Physicochemical properties of used frying oil in food service establishments. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 345-347.
- Yang YM, Han KY, Noh BS (2000) Analysis of lipid oxidation of soybean oil using the portable electronic nose. *Food Sci Biotechnol* 9: 146-150.
- Yang YM, Hong HK (1999) Prediction of freshness for milk by the portable electronic nose. *Food Eng Prog* 3: 45-50. (2006년 9월 4일 접수, 2006년 11월 27일 채택)