KOREAN JOURNAL OF

한국식품과학회지

FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

©The Korean Society of Food Science and Technology

제조 조건과 저장기간에 의한 유채유의 휘발성 화합물의 변화

임채란 · 홍은정 · 손희진 · 김지은 · 노봉수* 서울여자대학교 식품공학과

Effects of Roasting Condition and Storage Time on Changes in Volatile Compounds in Rapeseed Oils

Chae Lan Lim, Eun Jeung Hong, Hee Jin Son, Jee Eun Kim, and Bong Soo Noh*

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

Abstract The effects of roasting condition and storage time on rancidity of rapeseed oil were studied. Rapeseed oil from rapeseed roasted under different conditions were stored in the dark at 17°C. Volatile compounds of rapeseed oil were analyzed with an electronic nose (E-nose) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The data from the E-nose were analyzed using discriminant function analysis (DFA). As roasting temperature increased from 150 to 240°C over 20 min, the first discriminant function score (DF1) moved from positive to negative. DF1 decreased with storage time and changes in DF1 were higher between 0 and 2 days and between 20 and 24 days. Twenty-four compounds were identified in rapeseed oil, and hydrocarbons, furans, ketones, acids, benzene, and aldehydes were detected by GC-MS. The number of formed volatile compounds increased as storage time increased, but no increase in these compounds was detected by GC-MS.

Keywords: rapeseed oil, electronic nose, gas chromatography-mass spectrometry, roasting condition

서 론

유채(Brassica napus L.)는 십자화과의 1년생 초본식물로서 원 산지는 북부유럽, 시베리아, 카스피해 지방이며 대두, 면실, 낙화 생(콩과의 작물), 해바라기와 더불어 세계 5대 유지작물로써 단 위면적당 유지 채취량이 가장 많은 작물 중의 하나로 알려져 있 다(1,2). 우리나라의 유채유 생산량은 2000년 3,190톤으로 매우 높 았으나 그 후 급격히 감소하여 2002년 581톤이었고 2008년 1,164 톤으로 최근 유채유 생산량은 다소 증가하였다(3). 담백한 풍미, 내냉각성과 보존성 등의 우수한 특징을 지니고 있는 유채유는 혈 압 강하, 중성지질 및 콜레스테롤 함량 감소, LDL의 감소, HDL 의 상승과 같은 효능을 나타낸다(4). 유채유는 다른 식물성 기름 에 비해 불포화 지방산인 oleic acid의 함량이 비교적 높아 식용, 샐러드용, 항공기 윤활유, 세제의 정화제 및 바이오디젤 생산 등 용도가 매우 다양할 뿐 아니라 최근 경관 및 밀원 자원식물로도 부가가치가 매우 높은 작물이다(5-7). 한편 지금까지 유채유에 대 한 연구로 Kim 등(8)은 마요네즈 원료유의 이용가능성을 알아보 기 위하여 대두유와 저에루스산 유채유를 일정한 비율로 섞어 만 든 혼합유로 마요네즈를 제조하여 품질 특성을 비교하였다. Youn 등(9)은 배전온도와 시간에 따른 유채유의 휘발성분을 분석하여

산패정도를 측정하였는데 이는 MOS 전자코와 GC-SAW 전자코 를 사용하여 분석한 것으로 주성분분석과 peak의 retention time 에 의해 가열 처리에 따른 패턴의 변화는 확인하였으나 산패취 를 나타내는 각 성분들은 확인 하지 못하였다. Hyun(10)은 유채 유에 팜유와 코코넛유를 혼합하여 가열시 혼합유의 산화 안정성 을 측정하여 혼합 유채유의 이용 가능성을 연구하였다. 이는 화 학적인 방법인 산가, 과산화물가, 요오드가, 공액이중산값과 물리 적인 방법인 굴절률을 측정 한 것으로 가열시 산가는 증감을 반 복하였으며 과산화물가는 증가 후 감소하는 모습을 보였고 굴절 률은 혼합비율과 상관없이 비슷한 증가율을 나타내어 이러한 방 법으로 혼합유의 산화 안정성을 측정하기에 한계가 있는 것으로 나타났다. Min 등(11)은 대두유, 옥수수유, 유채유를 이용하여 튀 긴 약과를 저장하면서 과산화물가, 산가를 측정하였는데 산가는 관능검사와 낮은 상관관계를 나타내었으며 과산화물가와 관능검 사는 음의 상관관계를 나타내다가 저장 6주 이후 양의 상관관계 를 나타내어 과산화물가와 산가로 식품의 산패를 측정하기에는 무리가 있는 것으로 여겨졌다. Park 등(12)은 라면 튀김유로서 유 채유의 사용가능성을 알아보기 위하여 항산화제를 첨가하거나 팜 유를 혼합한 유채유로 라면을 제조한 다음 장기간 저장하면서 라 면에서 추출한 유지와 라면 자체의 산화 안정성을 측정하였다. 이처럼 현재까지 유채유에 관한 연구의 대부분은 혼합유로서의 이용가능성과 가열에 따른 유채유의 산패에 관한 연구이며 제조 방법에 따른 유채유의 품질에 관한 연구는 없는 실정이다. 한편 유채유는 oleic acid 59%, linoleic acid 22%, linolenic acid 12% 로 높은 불포화 지방산 함량 때문에 저장 또는 가열 처리 중 산 화 안정성 문제로 사용이 제한되어지고 있다(12). 식용유지는 고 온의 가열조리에 의해 구성 지방성분이 산화 혹은 가수분해 되 어 aldehyde류, alcohol류, ketone류가 생성되어 비정상적인 맛과

Tel: 82-2-970-5636 Fax: 82-2-970-5977

E-mail: bsnoh@swu.ac.kr

Received February 16, 2011; revised May 19, 2011;

accepted May 26, 2011

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

이취를 갖게 되는 산패를 일으킨다(13). 유지 산패의 분석 방법 으로는 산가, 과산화물가, TBA가, 요오드가 등의 화학적인 방법 이 있으며 유전상수, 점도, 굴절률, 유도 기간 측정, 형광분석법 등의 물리적인 방법이 있다. 하지만 과산화물가는 관능검사와 상 관성이 없으며(14) TBA가는 산화 생성물이 아닌 물질과 반응하 는 등의 문제점이 있고(15) 그 밖의 방법들도 식품의 산화 단계 정도에 따라 특수한 경우에만 사용할 수 있는 등의 단점이 있다. 또한 관능검사법은 이취가 역겨워 반복된 검사에 한계가 있고 식 품에 대한 개인의 기호도 차이, 식별능력의 차이, 냄새표현에 대 한 경험과 식별능력을 가진 숙련된 작업자가 요구되며 재현성 있 는 결과를 얻기 힘들다는 단점이 있다(16). 이런 이유로 GC 등 의 기기분석방법을 주로 이용하는데 이러한 기기분석은 적합한 전처리 방법으로 휘발성 성분의 추출 방법을 잘 선택해야 한다. 또한 합당한 컬럼의 선택과 분리 조건 등을 확립해야 한다. 따라 서 이러한 단점을 극복하고자 보다 객관적이고 자동화된 기기에 대한 필요 욕구가 커져 신속하게 정성적인 분석뿐만 아니라 정 량적 분석이 이루어 질 수 있으면서 사람의 후각인지 체계를 모 방한 전자코 장치가 활용되었다(17). 전자코는 전처리 과정이 없 어 짧은 시간내에 분석이 가능한 비파괴적인 분석 방법으로 GC 또는 GC/MS분석을 위한 전처리 과정에서 파괴되거나 변질되어 감지하지 못한 부분까지도 검출 가능하며, 시료의 변질을 최소화 하여 최대한 사람이 맡는 향기와 유사하게 감지한다는 특징이 있 다. 뿐만 아니라 미량 시료의 경우에도 분석 가능하며 정성적 분 석뿐 아니라 ppb 수준의 정량적 분석까지도 가능하다.

지금까지 식용유지에 관한 전자코의 연구로 Shen 등(18)은 카놀라유, 옥수수유, 대두유 등을 60°C에서 12일간 보관하면서 산패가 일어나는 동안 전자코로 시료의 향을 분석하였고 산패와 관련된 휘발성분의 변화가 과산화물가 및 관능검사 결과와 높은 상관관계가 있음을 발견하여 전자코로 관능검사를 대신하여 식용유지의 산패를 측정 할 수 있다고 판단하였다. 하지만 오직 32개의 센서만으로 향을 측정하였기에 3차원적 그래프를 이용해야만 산패에 의한 향의 변화를 구별할 수 있었다. 이외에 식용유(19), 올리브유(20), 대두유(21,22)의 산패과정 중에 생성된 휘발성분을 분석하여 산패정도를 구별한 연구가 있다. 하지만 이러한연구는 특정 향에만 반응하는 특이 센서를 이용하여 분석한 것으로 다양한 화합물에 의한 복합적인 식품의 향 전체를 나타내기에는 부족한 것으로 여겨진다. 따라서 더 정확한 측정을 위해보다 감응도가 높으며 시료 전체의 향을 감지 할 수 있는 기술이 요구되어 진다.

식용유지의 향기패턴 변화는 산화정도를 간접적으로 나타내는 지표이며 가열 온도와 가열 시간은 유지의 산패 원인으로 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 높은 불포화 지방산 함량으로 저장 중산화 안정성이 낮은 유채유의 산패 정도를 예측하고자 제조 조건과 저장기간에 따른 향기패턴의 변화를 측정하여 전자코와 GC를 이용하여 분석하고 이를 통해 유지 산업분야의 품질관리에 이용 가능성을 보고자 한다.

재료 및 방법

시료 제조

시중 마트에서 구입한 유채씨(Jeju, Korea)는 구입 후 바로 roaster(Model CBR-101, Genesis Co., Ltd. Hwasung, Korea)를 이용하여 150, 180, 210, 240°C에서 10, 20, 30분간 볶은 다음 충분히 식힌 후 착유하였다. 제조한 유채유는 분석 전까지 빛이 차단된 항온기에서 17°C로 보관하여 시료로 이용하였다.

GC 및 GC-MS에 의한 분석

각각의 시료 1 mL을 10 mL vial에 넣은 후 분석시료로 사용하 였다. 각 시료를 160°C에서 8분간 300 rpm으로 교반하여 향을 발 생시킨 후 gastight syringe(Hamilton, Bonaduz, Switzerland)를 사 용하여 포집한 향기성분 2.5 mL을 DB-5 fused silica capillary column(60 m×0.32 mm i.d., 0.25 μm film thickness, Agilent J&W Scientific, Palo Alto, CA, USA)을 사용하여 GC(Shimadzu GC 2010, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 분석하였다. 이때 flame ionization detector(FID)를 검출기로 사용하였으며 injector와 detector온 도는 각각 220, 250°C로 설정하였다. 오븐 온도는 40°C에서 2분 간 유지한 후 분당 6°C씩 160°C까지 상승시켰으며 다시 분당 10°C씩 220°C까지 상승시켜 10분간 유지하였다. 운반기체는 질소 가스를 사용하였고 분당 유속은 1 mL이었다. GC분석에 의하여 분리된 각 peak 성분의 동정은 GC-MS(Agilent Technology 5975 MSD, Agilent, Palo Alto, CA, USA)에 의한 mass spectrum을 토대로 하여 컴퓨터에 수록된 Wiley library database(Wiley 7n library)와 비교하여 동정하였으며 각 시료는 3번 반복 시행하였다.

전자코에 의한 분석

작각의 시료 1 mL을 10 mL vial(Pharma Fix. Chemmea, Slovakia)에 넣은 후 PTFE/silicone뚜껑으로 닫아 분석시료로 사용하였다. 시료의 항을 발생시키기 위하여 70°C에서 12분간 350 rpm으로 교반한 후 gastight syringe를 사용하여 2.5 mL을 주입하였다. 이때 injector의 온도는 130°C이었으며 질소가스를 분당 230 mL의 유속으로 흘려보냈다. 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 질량 필터를 거친 후 특정 질량 범위(10-200 amu)에 속하는 물질을 정수단위로 측정하여 channel수로 사용하였다. 실험분석 초기에 공기 시료를 대조구로 사용하여 7번 반복하여 시행하였고 각각의 시료는 3번 반복을 실시하였다.

통계분석

각기 다른 channel의 강도는 matrix형태로 기록되었으며 이온화되어 얻어진 분자들의 질량별 검출량을 선택하되 가장 차별성을 높게 표현하는 분자량(m/z)을 갖는 변수 그룹을 10-20개 선정하여 한 개체가 두 개 이상의 집단 중에서 어느 집단에 속할 것인지 예측하기 위한 방법인 판별함수분석(discriminant function analysis)을 실시하였다. 이때 사용된 소프트웨어는 SMart Nose statistical analysis software를 사용하였다.

결과 및 고찰

제조 조건 및 저장 기간에 따른 유채유의 품질을 측정하기 위해 유채유의 휘발성분 변화를 전자코와 GC를 이용하여 분석하였다.

GC 분석

정성, 정량 목적으로 이용되는 GC, GC-MS는 향기 성분을 하나씩 분리 동정하여 향에 관여하는 여러 성분의 종류와 농도를 밝힐 수 있어 화학적으로 의미 있는 절대 값을 재현성 있게 얻을 수 있는 특징을 갖고 있다. 본 실험에서는 각각 다른 온도에서 볶아서 제조한 유채유의 제조 조건 및 저장기간에 따른 향의

Ā	
;;	
Ξ.	
Ξ	
_	
g	
ğ	
5	
2	
50	
Ë	
dur	
Ξ	
=	
20	
r 2	
£	
(1)	
Ĭ	
atures for 20 min	
Ţ	
þe	
temperatu	
te	
ing t	J
∄	
g	
2	
Ħ	
ē	
ē	
#	
th diff	
표	
`₹	
Ē	
0	
ĕ	
Se	
unds from rapeseed oil with different roasting	
from rap	
Ħ	
ē	
ounds fro	
ds.	
Ē	
5	
	ļ
com	
of volatile	
ati	
7	
2	
0	
eas.	
ī	
ar	
eak	
نه	
2	
5	
GC p	
in GC p	
es in GC p	
ges in GC p	
ges in GC p	
Changes in GC p	
Changes in GC p	
1. Changes in GC p	
able 1. Changes in GC p	
ble 1. Changes in GC p	
able 1. Changes in GC p	

Peak	I. Changes III GC p		150 ¹⁾	150 ¹⁾ 180 210		SILL FOASI	mg tempe	0 0	S 101 20		mg storag	0 1			240	(Unit: Atea count 1000) 240	1000)
No.	Compounds	05)	12	20	32	0	12	20	32	0	12	20	32	0	12	20	32
-	Hexanal	47.5	94.1	110.3	135.0	49.5	85.1	115.0	145.1	64.5	123.6	128.8	147.7	45.6	102.4	121.1	93.3
2	2,4-Dimethyl-1-heptene	1.9	13.6	17.0	19.7	3.0	15.3	18.4	22.6	1.9	5.2	6.9	11.6	1.5	2.8	4.9	6.2
3	2-Hexenal	3.5	5.0	5.5	5.6	5.1	5.5	5.8	9.9	5.9	6.3	9.9	7.0	3.8	9.9	6.4	7.3
4	Heptanal	3.7	6.4	7.8	8.6	4.5	4.3	8.0	9.3	5.0	8.0	8.8	10.4	4.3	8.1	9.2	7.4
5	1-(1-Cyclohexen-1-yl)-ethanone	4.6	7.3	11.3	15.2	4.7	7.4	11.4	15.3	4.2	8.7	11.5	13.6	4.7	8.2	10.5	11.1
9	1-(2-Methyl-1-cyclopenten-1-yl)-ethanone	4.7	13.5	14.4	14.8	3.4	9.2	14.3	13.9	21.9	20.6	18.6	15.5	4.6	36.0	29.5	29.6
7	2-Heptenal	17.9	30.2	38.3	43.0	17.1	26.2	36.3	42.7	17.2	37.8	44.7	52.4	18.3	44.5	51.0	40.8
8	4-Isothiocyanato-1-butene	12.0	12.7	12.7	12.9	11.9	12.6	12.4	12.4	17.5	17.9	16.7	17.7	12.4	26.3	25.2	30.9
6	Heptanoic acid	4.7	6.9	7.5	7.7	4.5	6.2	7.1	7.4	4.9	7.4	7.4	8.0	4.7	7.7	8.0	7.5
10	2-Pentyl furan	2.8	3.5	5.0	5.3	2.9	3.7	4.9	5.5	8.7	23.3	23.2	29.7	9.2	20.3	22.4	18.3
11	Octanal	3.2	4.0	4.8	5.1	3.8	4.3	5.1	5.5	3.5	5.0	5.3	6.5	3.4	5.5	5.7	5.3
12	2,4-Heptadienal	13.8	26.2	33.3	36.8	13.4	23.6	34.2	39.6	11.9	30.1	35.8	41.5	14.2	29.2	34.6	22.9
13	Trans-2-tridecenal	1.4	2.0	2.4	2.7	1.4	1.8	2.4	2.7	1.6	4.1	4.9	5.9	1.7	3.6	4.4	3.3
14	4-Methyl benzaldehyde	2.3	4.4	5.1	5.8	2.5	4.7	5.5	6.5	2.7	5.0	4.9	5.8	2.2	5.2	9.9	5.5
15	3,5-Octadiene-2-one	8.6	10.5	13.2	17.6	10.0	10.1	12.8	17.7	6.6	10.4	13.0	17.0	10.1	10.0	11.9	17.5
16	Nonanal	6.9	10.8	13.5	15.3	7.5	10.7	14.5	17.3	8.1	13.7	16.0	18.9	7.2	13.5	15.6	14.8
17	Dodecane	0.0	1.3	2.2	2.8	0.0	1.8	2.4	2.9	0.0	1.7	1.8	2.0	0.0	1.9	1.7	1.8
18	Benzothiazole	8.7	10.8	10.7	10.9	0.6	6.6	6.6	10.8	8.9	10.2	10.2	9.6	9.3	9.6	9.4	10.5
19	Benzenepropanenitrile	1.2	1.1	1:1	1.2	1.4	1:1	1.2	2.8	1.7	1.9	1.8	1.8	1.2	3.0	2.9	3.1
20	2-Decenal	2.0	2.9	3.1	3.4	2.3	3.1	3.5	3.8	2.3	3.5	3.6	4.1	2.0	4.0	4.1	3.5
21	2,4-Decadienal	1.4	1.5	2.4	3.1	1.3	1.6	2.0	3.2	1.2	1.7	2.1	3.0	1.5	1.7	2.0	2.8
22	3-Dodecen-1-al	1.8	2.3	2.6	2.8	1.5	1.8	2.2	2.5	2.0	2.5	2.6	3.1	1.8	2.8	3.0	2.7
23	1-(4-hydroxyphenyl)-ethanone	0.0	1.1	1.4	1.5	0.0	1.1	1.4	1.7	0.0	1.4	1.6	2.0	0.0	1.4	1.7	1.1
24	2,6-Dimethyl-3-methoxymethyl-p-benzoquinone	9.5	9.3	8.2	9.1	9.4	7.7	9.9	7.7	8.7	7.3	0.9	6.4	6.6	9.9	5.2	7.1
	Total area	165.1	281.4	333.9	385.7	170.2	258.6	337.6	405.4	214.3	357.3	383.0	441.3	173.5	361.1	395.9	354.4

¹⁾Roasting temperature (°C) ²⁾Storage days

Table 2. Changes in GC peak areas of volatile compounds in rapeseed oil with different roasting times at 240°C during storage

Unit: Area count/1000)

										(Un	it: Are	a count	1/1000)
Peak	Compounds		10) ¹⁾			2	0			3	60	
No.	Compounds	02)	12	20	32	0	12	20	32	0	12	20	32
1	Hexanal	49.9	115.3	126.9	158.4	45.6	102.4	121.1	93.3	47.5	94.1	110.3	135.0
2	2,4-Dimethyl-1-heptene	2.5	9.1	6.6	22.9	1.5	2.8	4.9	6.2	1.9	13.6	17.0	19.7
3	2-Hexenal	2.9	7.2	7.9	7.6	3.8	6.6	6.4	7.3	3.5	5.0	5.5	5.6
4	Heptanal	5.3	1.8	9.8	11.2	4.3	8.1	9.2	7.4	3.7	6.4	7.8	8.6
5	1-(1-Cyclohexen-1-yl)-ethanone	3.9	8.4	10.3	12.6	4.7	8.2	10.5	11.1	4.6	7.3	11.3	15.2
6	1-(2-Methyl-1-cyclopenten-1-yl)-ethanone	3.5	12.0	18.6	15.5	4.6	36.0	29.5	29.6	4.7	13.5	14.4	14.8
7	2-Heptenal	17.0	40.2	44.6	51.3	18.3	44.5	51.0	40.8	17.9	30.2	38.3	43.0
8	4-Isothiocyanato-1-butene	25.2	20.4	19.0	18.9	12.4	26.3	25.2	30.9	12.0	12.7	12.7	12.9
9	Heptanoic acid	4.2	6.6	7.5	7.8	4.7	7.7	8.0	7.5	4.7	6.9	7.5	7.7
10	2-Pentyl furan	3.2	4.7	5.4	6.5	9.2	20.3	22.4	18.3	2.8	3.5	5.0	5.3
11	Octanal	4.0	5.8	5.8	6.5	3.4	5.5	5.7	5.3	3.2	4.0	4.8	5.1
12	2,4-Heptadienal	10.9	31.8	36.6	41.8	14.2	29.2	34.6	22.9	13.8	26.2	33.3	36.8
13	Trans-2-tridecenal	1.8	2.5	2.8	3.0	1.7	3.6	4.4	3.3	1.4	2.0	2.4	2.7
14	4-Methyl benzaldehyde	3.2	5.5	5.9	7.2	2.2	5.2	5.6	5.5	2.3	4.4	5.1	5.8
15	3,5-Octadiene-2-one	9.8	10.3	13.2	17.4	10.1	10.0	11.9	17.5	9.8	10.5	13.2	17.6
16	Nonanal	9.0	14.7	16.8	18.8	7.2	13.5	15.6	14.8	6.9	10.8	13.5	15.3
17	Dodecane	0.0	1.9	2.4	2.7	0.0	1.9	1.7	1.8	0.0	1.3	2.2	2.8
18	Benzothiazole	9.3	9.8	9.9	9.7	9.3	9.6	9.4	10.5	8.7	10.8	10.7	10.9
19	Benzenepropanenitrile	1.7	1.7	1.6	1.8	1.2	3.0	2.9	3.1	1.2	1.1	1.1	1.2
20	2-Decenal	2.1	4.1	4.1	4.3	2.0	4.0	4.1	3.5	2.0	2.9	3.1	3.4
21	2,4-Decadienal	1.4	1.7	2.2	3.1	1.5	1.7	2.0	2.8	1.4	1.5	2.4	3.1
22	3-Dodecen-1-al	1.7	2.4	2.6	2.9	1.8	2.8	3.0	2.7	1.8	2.3	2.6	2.8
23	1-(4-hydroxyphenyl)-ethanone	1.1	1.5	1.8	1.9	0.0	1.4	1.7	1.1	0.0	1.1	1.4	1.5
24	2,6-Dimethyl-3-methoxymethyl-p-benzoquinone	8.1	7.0	6.1	6.4	9.9	6.6	5.2	7.1	9.5	9.3	8.2	9.1
	Total area	181.8	326.4	368.4	440.4	173.5	361.1	395.9	354.4	165.1	281.4	333.9	385.7

¹⁾Roasting time (min)

변화를 알아보기 위하여 GC와 GC-MS를 이용하여 향기성분을 동정하였다.

시료 제조시 배전 온도에 의한 영향을 알아보기 위하여 150-240℃에서 20분간 볶은 후 착유하여 얻은 유채유를 17℃인 암소 에서 0-32일 동안 저장하여 시료로 이용하였으며 시료의 headspace 를 포집하여 향을 분석 한 결과는 Table 1에 나타내었다. 총 24 개의 향기 성분 중 hydrocarbon류 4종, furan 및 그 유도체류 1 종, ketone류 3종, acid류 1종, benzene류 3종, aldehyde류 12종이 분리 동정되었다. 향기 성분의 변화를 총 피크면적으로 비교할 때 dodecane은 저장 0일째 모든 시험구에서 발견되지 않았으나 저장기간이 증가함에 따라 그 함량도 증가 하였다. 특히 저장 초 반인 12일째 그 함량이 급격히 증가 하였으며 저장 32일째에는 1.8-2.8(peak area/1000)의 값을 나타내어 저장 중 산패에 의해 생 성된 것으로 여겨진다. 또한 1-(4-hydroxyphenyl)-ethanone 역시 저 장 0일째 모든 시험구에서 검출되지 않았으나 저장 12일째 1.1-1.4(peak area/1000)의 값을 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따 라 대부분의 화합물의 양이 증가하는 것으로 나타났으나 배전 온 도에 의한 일관된 경향은 보이지 않았다. Swoboda와 Lea(23)는 낮은 온도에서 주요 휘발성 산화생성물은 hexanal이라고 보고하 였다. Oleic acid의 10-hydroperoxide로 부터 생성된다고 보고된 hexanal은(24) 본 실험에서 저장 초기 45.6-47.5(peak area/1000)의 값이었으나 저장 기간이 증가함에 따라 그 함량이 급격히 증가 하여 저장 32일째 93.3-147.7(peak area/1000)의 값을 나타내어 주 요 휘발성 산화 생성물로 확인 되었다. 또한 2-heptenal과 2,4heptadienal도 주요 휘발성 물질로 나타났다. Chun과 Kim(25)은 유채유가 산패됨에 따라 2-heptenal, pentanal, hexanal 등이 생성 된다고 보고하였는데 본 실험에서 pentanal은 검출되지 않았다. Pedersen 등(26)은 550°C에서 산화시킨 유채유의 향기 성분을 GC-MS를 이용하여 분석한 결과 1-alkene, diene의 hydrocarbon류와 aldehyde류, benzene류 등 72개의 화합물을 분리 동정하였다. 이 는 매우 높은 온도에서 인위적으로 유채유를 산화시켜 휘발성 성 분들을 얻은 것으로써 alkane류의 열분해로 2차 생성물이 생성되 었기 때문으로 여겨진다(27). 따라서 이는 고온에 의한 산패에 따 른 결과이므로 본 실험의 결과와 비교하기에는 무리가 있는 것 으로 여겨진다. Table 2는 배전 시간에 따른 영향을 알아보기 위 해 240°C에서 10-30분간 볶은 후 착유한 유채유의 휘발성분을 저 장기간 동안 분석한 결과이다. Table 1과 마찬가지로 저장 기간 이 0일에서 32일로 증가함에 따라 대부분의 화합물의 양이 증가 하였으나 배전 시간에 의한 일관된 경향을 얻기 힘들었으며 이 는 배전 시간보다는 저장일수에 의한 영향이 더 크다는 것을 의 미하다.

전자코 분석

전자코는 시료전체의 향을 감지하는 특성을 가지고 있어 식품 류의 품질 평가 및 관리 등에 널리 활용되어 왔으며 비파괴적인 분석방법으로 신속하고 편리하게 휘발성분의 패턴을 분석할 수

²⁾Storage days

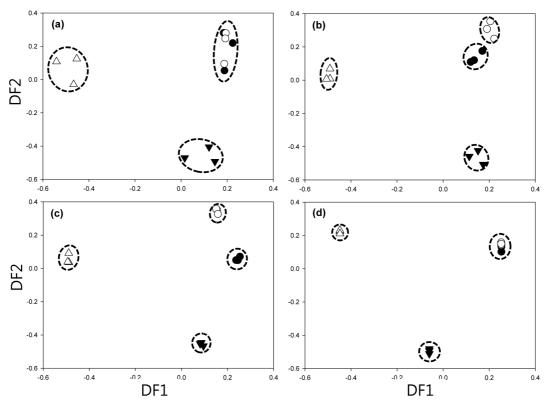


Fig. 1. Effects of the roasting temperature at 150 (\bigcirc), 180 (\bigcirc), 210 (\bigvee) and 240 (\triangle) $^{\circ}$ C for 20 min on the changes in volatile compound profiles of rapeseed oil. Samples were stored for 0 (a), 8 (b), 16 (c), and 24 (d) days.

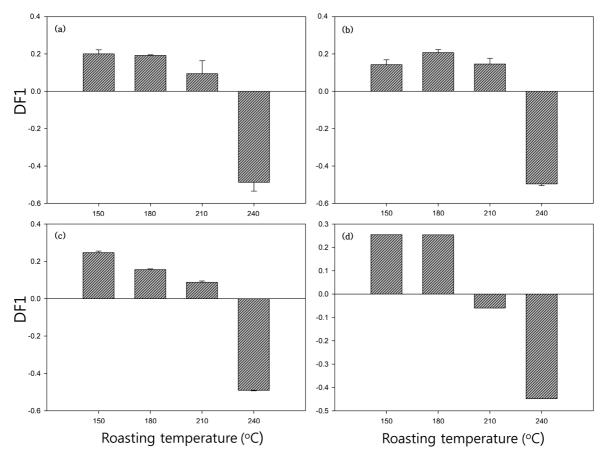


Fig. 2. Changes in DF1 value of rapeseed oil from analysis of electronic nose-based on MS at different roasting temperature. a-d: Refer to foot note of Fig. 1.

Table 3. Changes of response at each ion fragment of E-nose-based mass spectrum in rapeseed oil with different roasting temperatures for 20 min during storage

	Comp	Compounds			1501)	(I ₁			180				210				240		
amn	Hexanal 2-Hepte- Dode- nal cane	- Dode-	Heptanal	05)	∞	16	24	0	∞	16	24	0	∞	16	24	0	∞	16	24
41				57.41 ³⁾	67.67	82.86	121.00	60.46	۱_	89.99	١		l _		100.61	51.05	۱_	71.87	141.73
42				215.29	277.48	354.25	499.64	220.70	٠.	370.38	_				438.30	207.89		324.34	527.18
43				164.36	198.49	247.33	338.72	179.68						169.67	226.17	146.38		193.15	423.36
4				7026.94	6396.23		_	_			-			•		5936.58	_		9328.95
45				251.56	268.56	332.39	369.51									219.10			443.97
55				3.91	4.55	6.19	6.25	3.83								3.17			09.9
99				4.50	5.85	7.54	8.44	4.51								3.95			8.46
57				1.86	2.38	3.39	3.49	1.84								1.67			3.55
58				3.60	5.37	7.94	8.27	3.69	5.73	8.29	8.64	3.04	4.67			3.26	4.72		8.75
29				0.82	1.02	1.59	1.45	0.84								92.0			1.51
89				1.30	1.67	2.70	2.53	1.27								1.13			2.62
69				0.77	1.11	1.79	1.55	0.75								0.72			1.58
70				0.88	1.30	2.11	2.01	0.91								98.0			2.02
71				0.58	0.89	1.27	1.13	0.58								09.0			1.16
72				0.74	1.07	1.56	1.47	0.73								0.71			1.47
82				1.14	1.57	2.20	2.41	1.13								1.11			2.35
83				1.19	1.63	2.37	2.56	1.20								1.12			2.43
8				3.30	4.68	6.50	7.42	3.29								3.15			7.37
85				0.58	98.0	1.19	1.18	0.59								0.56			1.10
	1	١																	

¹⁾Roasting temperature ($^{\circ}$ C) ²⁾Storage days ³⁾Response by electronic nose (\times 10¹²) [A]

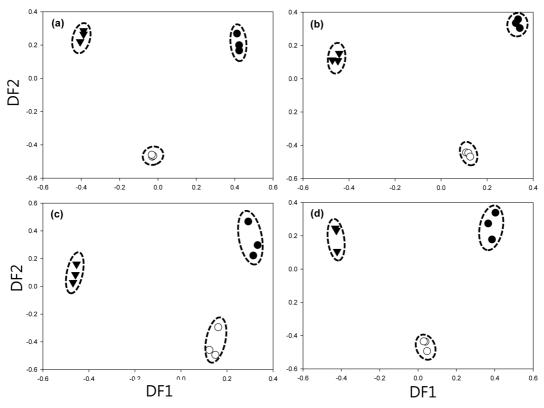


Fig. 3. Effects of the roasting time for $10 \, (\bigcirc)$, $20 \, (\bigcirc)$, and $30 \, (\bigvee)$ min at 240° C on the changes in volatile compound profiles of rapeseed oil. Sample were stored for $0 \, (a)$, $8 \, (b)$, $16 \, (c)$, and $24 \, (d)$ days.

있는 특징을 가지고 있다(28,29). 본 실험에서는 MS를 바탕으로 한 전자코를 이용하였으며 분석하여 얻은 data는 판별함수분석기 법으로 통계 처리하여 가장 영향력이 큰 판별함수 값인 DF1(the first discriminant function score)과 DF2(the second discriminant function score)를 중심으로 종속변수를 해석하고자 하였다.

시료 제조 시 배전 온도에 의한 영향을 알아보기 위하여 150-240℃에서 20분간 볶은 후 착유하여 얻은 유채유의 향기패턴을 전자코로 분석한 결과는 Fig. 1과 같다. 착유 직후 판별 분석한 결과 DF1의 r²은 0.9846이고 F값이 171.2이었으며 DF2의 r²은 0.9298, F값은 35.35로 DF1값에 의한 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다(Fig. 1a). 150℃와 180°C에서 볶은 시료의 DF1 값은 양 의 값을 나타내면서 큰 차이가 없으나 온도가 증가함에 따라 210, 240°C에서 볶은 시료의 DF1 값은 양에서 음의 방향으로 이동하 는 양상을 나타내었으며 이는 낮은 온도보다 고온인 240℃에서 볶아서 착유한 유채유의 향이 더 강한 것으로 해석되어지며(Fig. 1a), Table 1과는 달리 배전 온도에 의한 일관된 경향을 보여준 다. 또한 착유 후 바로 분석한 것과 8(Fig. 1b), 16(1c), 24(1d)일 저장 후 분석한 시료의 향의 변화 양상은 비슷하였다. 이는 유채 유 제조 시 배전온도가 유채유의 향기 패턴에 많은 영향을 미치 며 시간이 지나도 이 영향이 지속된다는 것을 의미한다. Fig. 2 는 Fig. 1의 DF1 값을 나타난 것으로 온도가 증가함에 따라 DF1 값은 대체로 감소하는 경향을 보였으며 240°C에서 볶은 시료의 경우 그 감소량이 매우 큰 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 참 기름 제조 시 고온에서 깨를 볶아 착유한 제품이 낮은 온도에서 볶아 착유한 제품보다 향이 더 강하다는 Park 등(30)의 보고와 유사하다. Table 3은 배전온도와 저장기간이 다른 유채유를 전자 코로 분석한 후 얻은 mass spectrum의 감응도 값이다. 감응도 값 이 증가하는 것은 유채유의 특정 휘발성분이 증가하는 것을 의

미하며 감응도 값이 감소할수록 휘발성분이 적게 생성되는 것을 의미한다. 기존 GC, GC-MS분석 결과에 따르면 유채유의 산패가 진행될수록 hexanal, 2-heptenal, 등이 발생한다고 보고되었는데 (23,25) 이는 본연구의 결과와 같은 경향을 보인다. 따라서 이들 물질을 중심으로 표에서 음영으로 표시된 hexanal에서의 주요 ion fragment 41, 42, 43, 44, 45, 55, 56, 57, 58, 67, 72, 82 amu³ 서의 감응도 값을 비교한 결과 배전 온도와 상관없이 저장기간 이 증가함에 따라 감응도 값이 전체적으로 증가하는 양상을 보 였다. 이러한 결과는 hexanal뿐 아니라 이 외의 유채유 산패시 발 생하는 성분인 2-heptenal, dodecane, heptanal의 경우에도 저장기 간이 증가할수록 감응도 값이 증가하는 유사한 경향을 보였다. 시료 제조 시 배전 시간에 따른 유채유의 향기 변화를 알아보기 위하여 240°C에서 10-30분간 가열처리한 후 저장 기간 동안 유 채유의 향기를 측정한 결과 Fig. 3과 같은 결과를 얻었다. 저장 0일 째인 착유 후 바로 분석 한 신선한 유채유의 전자코 분석 결 과 DF1의 r²값은 0.9997이고 F값은 8986.1 이었으며 DF2의 r²값 은 0.9922이고 F값은 380.08로 DF1값의 영향을 더 많이 받는 것 으로 나타났다(Fig. 3a). 10분 동안 볶아서 착유한 유채유의 DF1 값은 0.4211이었으나 30분간 볶았을 경우 DF1 값은 -0.3938로 양 의 방향에서 음의 방향으로 이동하는 경향을 보였다. 이는 배전 시간이 증가함에 따라 시료의 향이 더 강해졌다는 것을 의미한 다. 또한 저장 0일째 분석한 시료와 8(Fig. 3b), 16(c), 24(d)일 저 장한 시료의 향기 변화 양상은 유사하였다. GC 분석 결과인 Table 2와는 달리 배전 시간에 의한 일관된 경향을 보여 주었고 이는 배전 시간 역시 유채유의 향기 패턴에 많은 영향을 미치며 시간 이 지나도 이 영향이 지속 된다는 것을 의미한다. Fig. 4는 Fig. 3의 DF1 값을 나타낸 것으로 배전 시간이 증가함에 따라 DF1값 이 양에서 음의 방향으로 감소하였고 특히 가열 30분에는 DF1

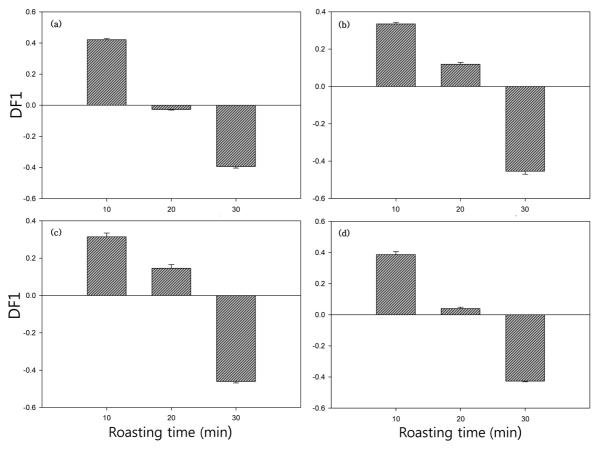


Fig. 4. Changes in DF1 value of rapeseed oil from analysis of MS-based electronic nose at different roasting time. Samples were stored for 0 (a), 8 (b), 16 (c), and 24 (d) days. a-d: Refer to foot note of Fig. 3.

값의 변화량이 매우 큰 것을 알 수 있다. Kim 등(31)은 들깨의 볶음 조건에 따른 들기름의 관능적 특성변화를 연구한 결과 배 전 온도와 시간에 따라 향미가 다르다고 보고하여 본 실험의 결 과와 유사하였다. 배전시간과 저장기간이 다른 유채유를 전자코 로 분석한 후 얻은 mass spectrum의 감응도 값은 Table 4와 같다. 앞서 배전온도와 저장기간에 따른 결과를 비교한 Table 3과 같이 GC 및 GC-MS분석 결과에서 유채유의 산패가 진행될수록 생성 되는 hexanal, 2-heptenal, dodecane, heptanal의 amu값과 전자코 분석을 통해 얻은 각 amu의 감응도 값을 비교하였다. 그 결과 배전시간에 따른 경향은 보이지 않았지만 저장기간이 증가할수 록 산패 물질들이 지니는 amu의 감응도 값이 증가하는 양상을 보였다. 이러한 결과는 배전시간에 따라서는 일정한 경향을 보이 지 않았지만 저장기간에 따라 area값이 증가하는 일정한 양상을 보인 GC 및 GC-MS결과와 유사하게 나타났다. 저장 날짜에 따 른 유채유의 향기 변화를 알아보기 위하여 각기 다른 조건에서 제조된 유채유를 17°C의 암소에서 보관하면서 전자코로 분석한 결과 Fig. 5와 같은 결과를 얻었다. 150°C에서 20분간 볶아서 제 조한 유채유(Fig. 5a)의 경우 0일째 DF1값이 0.3249로 높은 양의 값을 나타내지만 저장기간이 증가함에 따라 DF 1값은 음의 방 향으로 이동하여 저장 24일째에는 -0.2997로 낮은 값을 나타내 었다(DF1: r²=0.9984, F=1370.8, DF2: r²=0.9908, F=241.46). 180, 210, 240°C의 열을 가해 제조한 유채유의 경우에도 150°C로 볶 아서 제조한 유채유의 향기 변화와 비슷하였다. 즉, 착유 후 바 로 측정한 신선한 유채유의 경우 DF1값이 오른쪽인 양의 방향 에 위치하고 있으나 저장 기간이 증가 하면서 DF1값이 음의 값

으로 감소하였다. 이는 저장 기간 중 유채유의 산패가 일어나 유채유의 향이 증가하여 나타난 결과라고 여겨지며 Table 1, 2의결과와도 일치한다. DF1값은 차이가 클수록 휘발성분이 많아져강한 냄새가 나는 것인데 0일과 2일, 20일과 24일 사이의 DF1값의 차이가 커서 저장 초반과 후반에 산패가 많이 일어난 것으로여겨진다(Fig. 6). Warner 등(32)은 저 에루스산 유채유의 산화 안정성과 향기를 조사하기 위하여 유채유를 60°C에서 저장하면서GC 분석 한 결과 저장 기간이 증가 할 수 록 headspace의 휘발성분이 증가하였으며 과산화물가 역시 증가하여 저장 기간이 증가함에 따라 유채유가 산화 된 것을 보여주었고 이는 본 실험의결과와도 유사하다.

결과적으로 전자코와 GC, GC-MS분석 결과는 유사하게 나타 났으나 GC 및 GC-MS분석에서는 저장기간에 따른 변화 정도는 구분 가능하였으나 배전 온도나 시간에 의한 영향은 구분하지 못 하였다. 하지만 전자코를 이용한 분석결과에서는 GC 및 GC-MS 분석 결과를 토대로 산패 물질의 amu값을 비교한 결과 저장기간에 따른 차이를 구분 할 수 있었으며 판별함수분석을 하여 배전 온도와 배전시간에 따른 차이를 구분할 수 있었다. 이러한 결과는 배전조건에 따라 생성되는 휘발성분과 산패에 의해 생성되는 휘발성분이 다르기 때문으로 생각되며 어느 변화에 중점을 둘 것인지를 먼저 설정하고 분석하는 것이 바람직할 것이다. 간편하고 신속한 전자코 분석과 특정 물질의 정량적 분석이 가능한 GC 및 GC-MS분석이 함께 이루어진다면 향후 제조 공정과 과정에서 발생된 유지의 산화 정도를 측정할 수 있어 품질 관리에 활용하는 데에 기여할 수 있을 것이다.

Table 4 Changes of response at each ion fragment of E-nose-based mass spectrum in rapeseed oil with different roasting times at 240°C during storage

1 40		Compounds			10^{1}				20				30		
dillin	Hexanal	2-Heptenal Dodecane	Heptanal	0^{2})	8	16	24	0	8	16	24	0	8	16	24
41				45.56 ³⁾	58.97	72.60	99.37	51.05	68.09	71.87	141.73	48.56	57.24	70.09	97.53
42				179.91	234.32	299.99	420.77	207.89	257.66	324.34	527.18	197.72	252.73	324.53	449.31
43				86.06	118.01	149.82	195.21	146.38	160.68	193.15	423.36	128.11	146.00	184.93	240.03
4				6788.05	5980.17	6732.53	8884.79	5936.58	5914.48	6279.79	9328.95	8595.06	6770.80	7571.62	9139.46
45				151.34	162.93	201.62	231.00	219.10	208.41	251.22	443.97	221.93	214.72	267.86	286.83
55				4.08	5.58	7.61	7.83	3.17	4.61	80.9	09.9	3.66	4.44	6.20	6.22
99				4.72	6.61	8.55	9.70	3.95	5.78	7.04	8.46	4.46	5.79	7.82	8.35
57				1.87	2.60	3.64	3.72	1.67	2.34	3.16	3.55	1.81	2.36	3.26	3.31
28				3.00	4.58	6.64	7.14	3.26	4.72	6.72	8.75	3.31	4.75	7.14	7.37
29				0.82	1.19	1.82	1.66	92.0	1.09	1.61	1.51	08.0	1.04	1.59	1.42
89				1.25	1.86	2.92	2.77	1.13	1.73	5.69	2.62	1.25	1.63	2.75	2.48
69				0.77	1.15	1.85	1.63	0.72	1.10	1.74	1.58	0.75	1.06	1.77	1.58
70				0.92	1.43	2.29	2.25	98.0	1.30	2.03	2.02	0.92	1.31	2.11	2.01
71				0.59	0.91	1.30	1.17	09.0	0.92	1.26	1.16	0.57	0.85	1.24	1.14
72				0.79	1.18	1.70	1.66	0.71	1.09	1.56	1.47	0.70	1.04	1.54	1.39
82				1.14	1.56	2.29	2.46	1.11	1.59	2.27	2.35	1.10	1.55	2.27	2.43
83				1.15	1.64	2.36	2.54	1.12	1.62	2.34	2.43	1.17	1.61	2.31	2.51
84				3.24	4.59	6.50	7.54	3.15	4.61	6.47	7.37	3.28	4.57	6.48	7.44
85				0.57	0.84	1.21	1.14	0.56	0.82	1.21	1.10	0.58	0.83	1.21	1.12

¹⁾Roasting time (min)
²⁾Storage days
³⁾Response by electronic nose (×10¹²) [A]

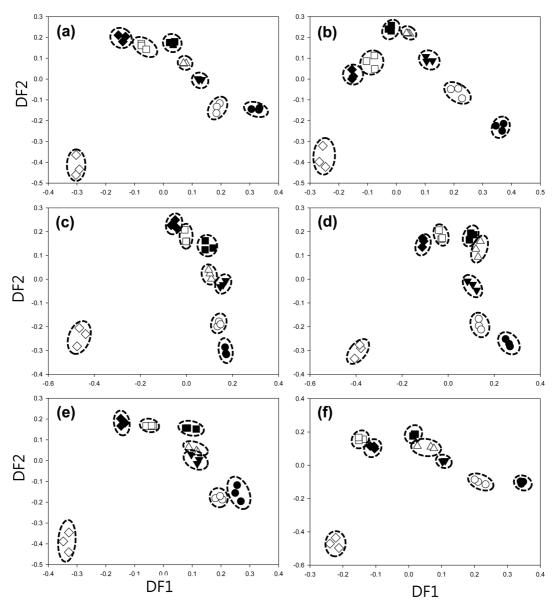


Fig. 5. Effects of the storage time (0, ●; 2, ○; 4, ▼; 8, △; 12, ■; 16, □; 20, ◆; 24 days, ♦) on the changes in volatile compound profiles of rapeseed oil. a, rapeseed oil from rapeseed roasted at 150°C for 20 min; b, rapeseed oil from rapeseed roasted at 180°C for 20 min; c, rapeseed oil from rapeseed roasted at 210°C for 20 min; d, rapeseed oil from rapeseed roasted at 240°C for 10 min; e, rapeseed oil from rapeseed roasted at 240°C for 20 min; f, rapeseed oil from rapeseed roasted at 240°C for 30 min.

요 약

제조 조건 및 저장 기간에 따른 유채유의 품질을 측정하기 위하여 전자코로 유채유의 향기패턴을 분석하였고 GC및 GC-MS를이용하여 휘발성분을 분리 동정하였다. 다양한 조건으로 제조된유채유는 17°C 암소에 저장하여 시료로 이용하였다. GC-MS 분석 결과 hydrocarbon류 4종, furan 및 그 유도체류 1종, ketone류 3종, acid류 1종, benzene류 3종, aldehyde류 12종이 분리 동정되었다. 저장기간이 증가할수록 산패에 의한 화합물인 hexanal, 2-heptenal, 2,4-heptadienal의 양이 증가하였으나 배전조건에 따른 경항은 보이지 않았다. 전자코 분석 결과는 판별함수분석(DFA)을이용하여 나타내었고 이는 DF1값의 영향을 많이 받았으며 품질변화가 많이 일어날수록 DF1값이 음의 방향으로 이동하였다. 배

전 온도에 의한 영향을 알아보기 위해 150-240°C에서 20분간 볶은 후 착유한 유채유의 경우 고온일수록 DF1값이 음의 값을 나타내었으며 신선한 유채유뿐 아니라 저장 한 시료도 비슷한 결과를 나타내었다. 배전 시간에 따른 유채유의 향기 변화를 알아보고자 240°C에서 10-30분간 열처리 하였을 경우 배전 시간이 증가함에 따라 DF1값이 음의 값을 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 DF1값은 감소하였으며 특히 0일과 2일, 20일과 24일에 DF1값의 변화량이 컸다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 서울여자대학교 교내학술 특별연구비에 의 하여 수행되었음을 감사드립니다.

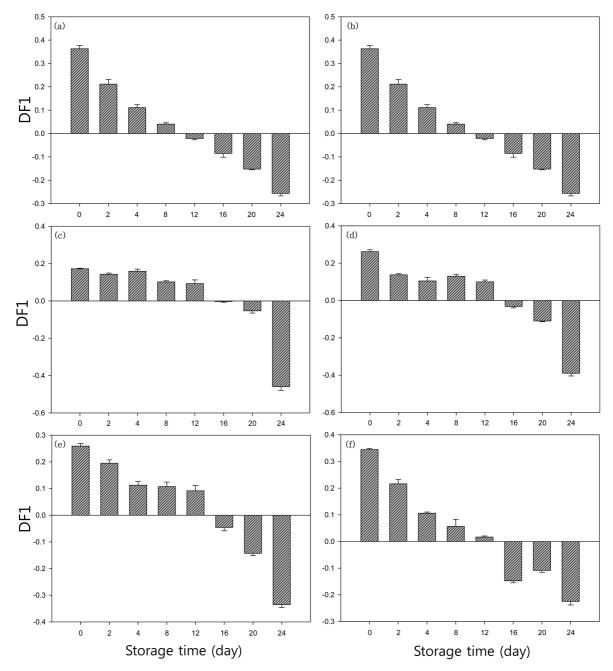


Fig. 6. Changes in DF1 value of rapeseed oil from analysis of MS-based electronic nose during storage time. a-f: Refer to foot note of Fig. 5.

문 헌

- Donga World Book Encyclopedia. Donga. Seoul, Korea. p. 467 (1999)
- Shin HS. Industrial status and development direction of edible oils in Korea. Food Sci. Ind. 23: 3-12 (1990)
- KREI. Food Balance Sheet. Korea Rural Economic Institute, Seoul, Korea. pp. 145-146 (2008)
- Seo ES, Kim IS, Im IS, Kwon TB. Effects of rapeseed oil diet on serum and liver lipid levels in rats. Korean J. Food Nutr. 7: 192-202 (1994)
- Bae DG, Bae HS. Studies on the scouring effects of scouring soap made from rapeseed oil. Korean J. Seric. Sci. 35: 43-47 (1993)
- Lim SM, Shin HY, Oh SC, Bae SY. Influence of reaction parameters on preparation of biodiesel from rapeseed oil using super-

- critical methanol. Appl. Chem. Eng. 21: 174-177 (2010)
- Cho NH, Kim YH, Yang GM. Development of rapeseed precleaner and cleaner for biodiesel production. J. Biosystems Eng. 33: 230-238 (2008)
- Kim JW, Son YD, Hong KJ, Yoo MY, Jeong GW, Hur JW. The effect of low erucic acid rapeseed oil for the preparation of mayonnaise on quality characteristics. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 298-302 (1995)
- Youn AR, Han KY, Oh SY, Noh BS. Prediction of rancidity for the heated rapeseed oil using the electronic nose. Food Eng. Prog. 9: 309-319 (2005)
- 10. Hyun YH. The study on the thermal oxidation of mixed rapeseed oil with coconut and palm oil. Korean J. Food Nutr. 15: 342-349
- 11. 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)
- Park YB, Park HK, Kim DH. Oxidative stability of deep-fried instant noodle prepared with rapeseed oil fortified by adding antioxidants or by blending with palm oil. Korean J. Food Sci. Technol. 21: 468-479 (1989)
- Chun HN, Kim ZU. Headspace gas chromatographic analysis as an objective method for measuring rancidity in soybean oil. J. Korean Agric. Chem. Soc. 34: 154-161 (1991)
- Gray JI. Measurement of lipid oxidation: A review. J. Am. Oil Chem. Soc. 55: 539-546 (1978)
- Tarladgis BG, Pearson AM, Dugan LR. The chemistry of the 2thiobarbituric acid test for the determination of oxidative rancidity in foods. I. Some important side reactions. J. Am. Oil Chem. Soc. 39: 34-39 (1962)
- Choi HD. Use and development of sensation sensor. Bull. Food Technol. 8: 122-131 (1995)
- 17. Vincent D. Electronic nose: Principal and application. Nature 402: 351-352 (1999)
- Shen N, Moizuddin S, Wilson L, Duvick S, White P, Pollak L. Relationship of electronic nose analyses and sensory evaluation of vegetable oils during storage. J. Am. Oil Chem. Soc. 78: 973-940 (2001)
- Muhl M, Demisch HU, Becker F, Kohl CD. Electronic nose for deterioration of frying fat-comparative studies for a new quick test. Eur. J. Lipid Sci. Tech. 102: 581-585 (2001)
- Stella R, Barisci JN, Serra G, Wallace GG, Rossi DD. Characterization of olive oil by an electronic nose based on conducing polymer sensors. Sensor. Actuat. B.-Chem. 63: 1-9 (2000)
- Yang YM, Han KY, Noh BS. Anaysis of lipid oxidation of soybean oil using the portable electronic nose. Food Sci. Biotechnol. 9: 146-150 (1998)
- Youn AR, Han KY, Kim JH, Oh SY, Noh BS. Discrimination of rancidity for the heated soybean oil using the electronic nose. J. Nat. Sci. Inst. Seoul Women's Univ. 17: 117-130 (2005)
- 23. Swoboda PAT, Lea CH. The flavour volatiles of fats and fat-con-

- taining foods. II-A gas chromatographic investigation of volatile autoxidation products from sunflower oil. J. Sci. Food Agr. 16: 680-689 (1965)
- 24. Frankel EN, Neff WE, Selke E. Analysis of autoxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry: VII. Volatile thermal decomposition products of pure hydroperoxides from autoxidized and photosensitized oxidized methyl oleate, linoleate and linolenate. Lipids 16: 279-285 (1981)
- Chun HN, Kim ZU. Evaluation of vegetable oil rancidity by headspace gas chromatographic analysis. J. Korean Agric. Chem. Soc. 35: 36-41 (1992)
- Pedersen JR, Ingemarsson A, Olsson JO. Oxidation of rapeseed oil, rapeseed methyl ester(RME) and diesel fuel studied with GC/ MS. Chemosphere 38: 2467-2474 (1999)
- Safarik I, Strausz OP. The thermal decomposition of hydrocarbons. 1. n-Alkanes (C>=5). Res. Chem. Intermediat. 22: 275-314 (1996)
- 28. Cimander C, Bachinger T, Mandenius CF. Assessment of the performance of a fed-batch cultivation from the preculture quality using an electronic nose. Biotechnol. Progr. 18: 380-386 (2002)
- Pinheiro C, Rodrigues CM, Schfer T, Crespo JG. Monitoring the aroma production during wine-must fermentation with an electronic nose. Biotechnol. Bioeng. 77: 632-640 (2002)
- 30. Park MH, Jeoung MK, Yeo JD, Son HJ, Lim CL, Hong EJ, Noh BS, Lee JH. Application of solid phase-microextraction (SPME) and electronic nose techniques to differentiate volatiles of sesame oils prepared with diverse roasting conditions. J. Food Sci. 76: 80-88 (2011)
- Kim YE, Kim IH, Jung SY, Jo JS. Changes in components and sensory attribute of the oil extracted from perilla seed roasted at different roasting conditions. Agric. Chem. Biotechnol. 39: 118-122 (1996)
- Warner K, Frankel EN, Mounts TL. Flavor and oxidative stability of soybean, sunflower, and erucic acid rapeseed oils. J. Am. Oil Chem. Soc. 66: 558-564 (1989)