

# 餐厨废油脂的脂肪酸指纹图谱构建及识别初探

冯志强<sup>1,2</sup>, 庄俊钰<sup>1,2</sup>, 岑素玉<sup>1,2</sup>, 林丹<sup>2,3</sup>

(1. 广东省食品质量监督检验站, 广东广州 510308) (2. 广东省食品工业公共实验室, 广东广州 510308)

(3. 广东省食品工业研究所, 广东广州 510308)

**摘要:** 应用气相色谱-质谱联用仪测定各类食用植物油(花生油、菜籽油、棕榈油、食用调和油)、动物油脂(牛油、羊油、鸭油)和餐厨废油脂 37 种脂肪酸的含量, 以这 37 种脂肪酸含量为指标构建不同类型油脂的指纹图谱数据库; 同时, 利用 SAS 统计分析系统软件对各类油脂的脂肪酸组成进行聚类分析和判别分析, 聚类分析用 Flexible-Beta Method 进行分类, 判别分析采用距离判别法, 从而建立各类油脂的判别函数, 通过此函数对给定的样品进行餐厨废油脂的鉴别。聚类分析的结果显示, 油脂品种分类明确, 运用此判别函数对 23 个盲样进行考核, 所有普通食用油脂都能判断正确, 此判别系统对于少量的餐厨废油脂掺伪和饱和脂肪酸含量高的油脂容易造成误判, 准确率为 91.3%, 表明脂肪酸指纹图谱鉴别法是一种有效且可靠性高的鉴别餐厨废油脂的方法。

**关键词:** 餐厨废油脂; 气相色谱-质谱联用; 脂肪酸; 聚类分析; 判别分析

文章编号: 1673-9078(2014)2-259-263

## Establishment and Discriminate of Fatty Acid Fingerprint from Waste Cooking Oil

FENG Zhi-qiang<sup>1,2</sup>, ZHUANG Jun-yu<sup>1,2</sup>, CEN Su-yu<sup>1,2</sup>, LIN Dan<sup>2,3</sup>

(1. Guangdong Food Quality Supervision and Inspection Station, Guangzhou 510308, China) (2. Guangdong Provincial Food Industry Public Laboratory, Guangzhou 510308, China) (3. Guangdong Food Industry Institute, Guangzhou 510308, China)

**Abstract:** GC-MS was applied to analyze the contents of 37 fatty acids in vegetable oils (peanut oil, colza oil, palm oil and edible blend oil), animal oils (butter, mutton fat, duck grease) and catering waste oils respectively to establish a characteristic fingerprint data base for different types of vegetable oils. Meanwhile, discrimination (distance discriminant method) and cluster (Flexible-Beta Method) analysis were conducted to determine fatty acid compositions of the abovementioned oils. The results showed that normal oils were well classified through the function except for a small amount of adulteration and oils with high saturated fatty acid content. Twenty-three blind samples were investigated and the accuracy was as high as 91.3%. Therefore, the established model could distinguish different kinds of oil correctly based on changes in content or proportion of fatty acids.

**Key words:** catering waste oil; chromatography-mass spectrometry; fatty acids; cluster analysis; discriminant analysis

食用油脂是人类膳食组成部分, 是人类主要营养素之一, 是人体重要能源和营养源, 也是食品工业重要基础原料。近年来, 全国各地出现不法分子收集餐饮业废油脂, 经过加工处理后以极低的价格卖给粮油店和油脂作坊, 掺入食用油中使用而谋取暴利, 对人民身体健康构成极大的威胁, 给社会带来严重的危害。

餐饮业废油脂, 包括煎炸老油和泔水油, 煎炸老油是餐饮业多次高温煎炸食品产生的不可食用的油脂, 泔水油是餐饮业洗盘子、洗碗、残渣剩菜等流入地沟在隔油池中捞取, 并经过渣水分离、加热脱水、

脱色精炼处理的油脂, 也称“地沟油”。餐厨废油脂在加工处理转变为劣质食用油的过程中脂肪酸组成会产生一系列变化, 短链、饱和脂肪酸含量增加, 不饱和脂肪酸含量减少等<sup>[1-2]</sup>。

指纹图谱检测是指某种备检物质经制样处理后, 使用的分析手段, 得到能够标志被检测物质特征的色谱图的方法, 指纹图谱既具有能判断该油脂本质的真伪, 又能反映出同种油料的不同产地、不同采收期和使用不同生产工艺的生产出的油脂的特性, 从而能够从整体上控制被检测油脂的质量。用指纹图谱来鉴别某种物质中所共有的、具有特征性的成分, 就能够得到反应物质本身固有的真实情况的相应图谱, 通过气相色谱指纹图谱主要特征峰的面积或比例的制定, 能

收稿日期: 2013-09-05

基金项目: 广东省科技计划项目(2010A040301013)

作者简介: 冯志强(1967-), 男, 高级工程师, 主要从事食品质量安全研究

有效检测样品所含的被检测组分的含量<sup>[1]</sup>。

本研究通过建立食用油脂和不同来源餐厨废弃物的脂肪酸指纹图谱数据库,联合 SAS 统计软件进行聚类分析和判别分析,构建餐厨废油脂的系统鉴别方法,为制定废弃食用油脂质量控制技术标准奠定了坚实基础,对规范食用油市场秩序、促进产业发展和打击假冒伪劣产品、维护消费者健康安全具有重大意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

食用植物油均为各大超市购买,动物油为从农贸市场购买的动物油脂,餐厨废油脂由某卫生监督所提供;异辛烷、硫酸氢钠、氢氧化钾、甲醇,均为分析纯;37种脂肪酸甲酯标准溶液(浓度10 mg/mL): Supelco 公司。

### 1.2 仪器与设备

Agilent 7890-5975C 气相色谱质谱联用仪:美国安捷伦公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 样品的甲酯化

称取试样 60 mg 至具塞试管中,精确至 0.1 mg。用移液管移取 4 mL 异辛烷溶解试样,用微量移液管加入 200  $\mu$ L 的 2 mol/L 氢氧化钾甲醇溶液,盖上玻璃塞猛烈振摇 30 s 后静置至澄清。向溶液中加入约 1 g

硫酸氢钠,猛烈振摇,中和氢氧化钾。待盐沉淀后,取上清液进样。

#### 1.3.2 气相色谱及质谱条件

色谱条件:色谱柱:DB-23(30 m $\times$ 0.25 mm $\times$ 0.15  $\mu$ m);程序升温:柱温 50  $^{\circ}$ C 保持 1 min,以 25  $^{\circ}$ C/min 的速度升至 175  $^{\circ}$ C,保持 0 min,以 4  $^{\circ}$ C/min 的速度升至 220  $^{\circ}$ C 保持 1 min,以 10  $^{\circ}$ C/min 的速度降至 200  $^{\circ}$ C 保持 1 min,最后以 5  $^{\circ}$ C/min 的速度升至 230  $^{\circ}$ C 保持 4 min;进样口温度:250  $^{\circ}$ C;进样量:1.0  $\mu$ L;进样方式:不分流进样;He 流速:1.0 mL/min;质谱条件:EI 离子源,70 eV;离子源温度:230  $^{\circ}$ C;四级杆温度:150  $^{\circ}$ C;接口温度:280  $^{\circ}$ C;扫描质量:30~550 amu。

#### 1.3.3 数据分析

以 37 种脂肪酸作为指标,用 SAS 9.1 进行聚类分析和判别分析。聚类分析用 Flexible-Beta Method 进行分类,判别分析采用距离判别法。

## 2 结果与分析

### 2.1 各类油脂的脂肪酸指纹图谱

本研究选取花生油、菜籽油、棕榈油、食用调和油、牛油、羊油、鸭油、可疑油脂(餐厨废油脂或低档混合油脂)和餐厨废油共 17 种油脂的 37 种脂肪酸含量组成构建指纹图谱数据库,见表 1、表 2。从表中可以看出,餐厨废油脂与各类油脂、各类油脂之间的脂肪酸组成油差异,说明食用油脂在加工过程中脂肪酸组成发生显著变化。

表 1 食用植物油的脂肪酸指纹图谱

Table 1 Fatty acid fingerprints of vegetable oils

	花生油		菜油		棕榈油		食用调和油		可疑油脂			
C4:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C6:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C8:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C10:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C11:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	ND	ND	ND	ND	0.19	0.18	ND	ND	0.23	0.25	0.17	
C13:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	0.06	0.08	0.16	0.16	0.89	0.87	ND	ND	0.84	0.89	0.88	
C14:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C15:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C15:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	7.70	9.37	10.37	9.91	36.67	35.79	6.34	6.36	27.68	29.46	29.15	
C16:1	0.06	0.07	0.11	0.11	0.15	0.14	0.13	0.13	0.18	0.18	0.18	
C17:0	0.07	0.09	0.06	0.06	0.09	0.08	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	

转下页

接上页

C17:1	ND	ND	0.05	0.06	ND	ND	0.08	0.08	ND	ND	ND
C18:0	3.28	4.04	2.89	2.72	3.94	3.84	2.41	2.39	2.99	3.17	3.23
C18:1n9t	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C18:1n9c	15.80	19.10	23.76	22.50	35.10	33.69	36.63	36.45	35.58	37.75	37.72
C18:2n6t	ND	0.06	ND	ND	0.16	0.16	ND	ND	0.13	0.14	0.22
C18:2n6c	34.45	41.67	28.76	27.32	9.33	8.88	29.80	29.72	10.94	11.57	11.61
C18:3n6	0.49	0.57	0.40	0.39	ND	ND	0.79	0.79	ND	ND	0.06
C18:3n3	4.34	5.27	5.09	4.82	0.22	0.21	6.49	6.50	0.31	0.32	0.28
C20:0	0.27	0.33	0.39	0.36	0.32	0.31	0.43	0.43	0.27	0.29	0.29
C20:1n9	0.15	0.19	0.94	0.88	0.11	0.11	0.64	0.63	0.15	0.16	0.15
C20:2	ND	ND	0.16	0.14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C21:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.06	0.06	ND	ND	ND
C20:3n6	ND	ND	0.11	0.10	ND	ND	0.05	ND	ND	ND	ND
C20: 4n6	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20: 3n3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:0	0.25	0.31	0.34	0.32	0.05	0.05	0.31	0.30	0.05	0.05	0.05
C22:1n9	ND	ND	4.95	4.43	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:2	0.13	ND	0.14	0.25	0.08	ND	ND	ND	0.11	ND	ND
C23:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:0	0.10	0.12	0.15	0.14	0.06	0.06	0.14	0.13	0.05	0.06	0.06
C24:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:6n3	ND	ND	0.23	0.21	ND	ND	0.10	0.11	ND	ND	ND

## 2.2 各类油脂的聚类分析

采用 SAS 软件对 17 种油样两两间的距离，得到初始的距离矩阵  $D^{(1)}$ 。第一步将 17 个样品各自构成一类，得 1 类： $G_i = \{X_{(i)}\} (i=1,2,\dots,17)$ 。此时类间的距离就是样品间的距离，然后执行并类过程。每次合并类间距离最小的两类，此时的总个数减少 1。计算新类与其它类之间的距离，新的距离矩阵  $D^{(i)}$ 。若此时类的总个数大于 1，重复以上并类过程，直到类的总个数为 1 时停止。聚类分析的聚类结果见图 1。

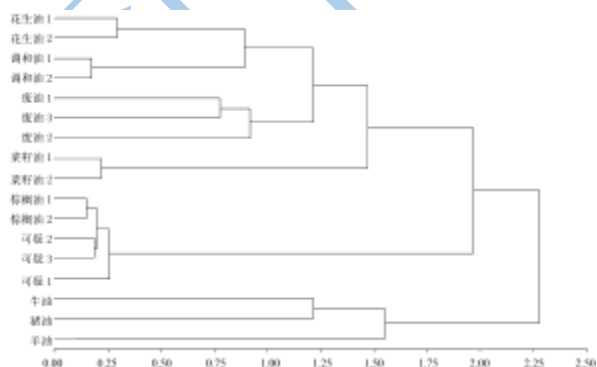


图 1 油样的系统聚类分析图

Fig.1 Hierarchical cluster analysis of 17 samples

从图可以看出当临界值为 1.00 时，油脂样品分类明确。第一类为花生油，第二类为食用调和油，第三

类为餐厨废油，第四类为菜籽油，第五类为棕榈油，第六类为可疑油脂，三种动物油脂各自成一类。因此，说明脂肪酸指纹图谱进行各类油脂和餐厨废油的分类和判别是合理的。

表 2 动物油和餐厨废油脂的脂肪酸组成指纹图谱

Table 2 Fatty acid fingerprints of animal oils and catering waste oils

	牛油	羊油	鸭油	餐厨废油脂		
C4:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C6:0	ND	0.02	ND	ND	ND	ND
C8:0	0.06	0.05	ND	ND	ND	ND
C10:0	0.05	0.17	0.02	ND	0.02	ND
C11:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C12:0	0.10	0.09	0.11	0.02	0.17	0.12
C13:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C14:0	1.89	2.32	0.50	0.28	0.71	0.51
C14:1	0.22	0.35	0.05	ND	ND	ND
C15:0	ND	ND	ND	0.04	0.03	ND
C15:1	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C16:0	14.26	19.12	20.33	11.95	25.18	25.03
C16:1	0.78	0.62	4.15	0.50	0.16	0.13
C17:0	0.42	1.40	0.06	0.14	0.11	0.10
C17:1	0.95	0.38	0.11	0.07	0.04	0.03
C18:0	3.57	30.35	4.50	4.76	3.30	4.01

转下页

接上页

C18:1n9t	0.86	3.43	0.31	0.14	0.04	0.09
C18:1n9c	44.41	21.96	48.31	28.66	42.25	34.24
C18:2n6t	0.12	0.18	0.11	ND	ND	0.02
C18:2n6c	0.23	1.64	10.11	36.14	18.28	28.61
C18:3n6	0.43	0.22	0.15	0.63	0.17	0.32
C18:3n3	0.39	0.20	0.35	2.95	1.99	1.75
C20:0	ND	0.23	ND	0.48	0.38	0.52
C20:1n9	ND	ND	0.63	0.78	0.34	0.29
C20:2	0.26	ND	ND	0.10	0.02	0.07
C21:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C20:3n6	0.06	ND	0.07	ND	ND	ND
C20:4n6	ND	ND	0.11	ND	ND	ND
C20:3n3	ND	ND	ND	ND	0.02	0.03
C20:5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C22:0	ND	ND	0.14	0.59	0.15	0.51
C22:1n9	ND	ND	ND	0.77	0.01	0.02
C22:2	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C23:0	ND	ND	ND	ND	ND	ND
C24:0	ND	ND	ND	0.26	0.10	0.25
C24:1	ND	ND	ND	ND	0.01	ND
C22:6n3	ND	ND	ND	ND	ND	ND

### 2.3 各类油脂的判别函数的建立

采用 SAS 软件根据脂肪酸指纹数据库,建立各类油脂的判别函数,见表3。表中,第1行为油样名称,第2行为常数项,第3到39行为  $x_1$  到  $x_{37}$  的系数。设17个油脂样品的脂肪酸组成为37维总体:  $G_1, G_2, \dots, G_{17}$ 。它们的均值、协方差阵分别为  $u_i, \sum_i (i=1,2,\dots,17)$ , 对于任给定的样品  $X = (x_1, x_2, \dots, x_{37})$ , 按距离最近的准则对其进行判别归类, 首先计算样品  $X$  到17个总体的马氏距离  $d_i^2(X) (i=1,2,\dots,17)$ , 然后进行比较, 把  $X$  判归距离最小的那个总体。

### 2.4 盲样评估已建立的餐厨废油脂的鉴定方法

根据已建立的判别函数, 对于给定样品, 测定其37种脂肪酸含量, 通过判别函数求得各类油脂的马氏距离, 从而进行归类, 盲样样品的具体类别和判别结果见表4。

表3 各类油脂的脂肪酸指纹判别函数

Table 3 Discriminant functions of fatty acid fingerprints

变量	菜籽油	餐厨废油	调和油	花生油	可疑油脂	牛油	鸭油	羊油	棕榈油
常数项	-214358761	-1.24321E9	-1.55502E9	-251459231	-33607364	-3.95028E9	-3.11647E9	-7.84976E9	-98978494
$X_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$X_2$	0	0	0	0	0	0	0	1.14244E11	0
$X_3$	0	0	0	0	0	2.39463E10	0	1.99552E10	0
$X_4$	101143023	367078300	74594158	108877672	-33316574	3727666137	1395259933	1.27991E10	-273127
$X_5$	-6.157E-11	8.9702E-11	-4.373E-12	7.3207E-11	-5.691E-12	3.1346E-11	8.5682E-11	5.3803E-10	2.2544E-11
$X_6$	-487225911	-1.91624E9	-1.94223E9	-1.42018E9	-112502471	-166155674	-811413517	-405371475	-432698783
$X_7$	-4.4843E-6	-1.8502E-6	-2.0545E-6	-1.0046E-6	-8.8367E-7	-1.4057E-6	-9.8109E-7	-5.9071E-7	-9.3396E-7
$X_8$	58193457	54052117	-24855792	32919185	60323057	407824711	-23959042	565247683	57379804
$X_9$	0.0000463	0.0000191	0.0000207	0.0000104	9.09851E-6	3137536732	713076530	4991535711	9.61398E-6
$X_{10}$	-1.98961E9	1.8927E10	-4.30653E9	-663993953	-212652643	-5.44728E9	-7.95179E9	-3.54035E9	888086218
$X_{11}$	-4.5823E-6	-1.8804E-6	-2.1251E-6	-1.0297E-6	-9.0427E-7	-1.3622E-6	-1.0314E-6	-5.0069E-7	-9.5456E-7
$X_{12}$	3597534	4552546	-3611498	5167863	2971407	-9840565	-1122811	-1538008	11419177
$X_{13}$	-8380046	16441281	-6228997	-6605085	8141437	90609903	565585006	72775677	3957232
$X_{14}$	-120070541	-67299904	-149125558	-71150172	-70609756	415971149	-66385017	1630767800	-45840126
$X_{15}$	359215844	173567692	262529477	11755878	3888544	2353795762	274830993	911924576	8710813
$X_{16}$	-1738022	19093	-5465925	839762	743594	5056684	6099107	87271362	3443350
$X_{17}$	-1601243	17850274	-1879609	-1360038	313841	164175409	58794527	657362840	221546
$X_{18}$	1467287	6713364	22673517	7532192	157771	18542526	24739890	-12195414	-4607556
$X_{19}$	-594857057	-2.10126E9	-2.49737E9	-1.69676E9	-33623688	-705238265	-827486663	-578860133	-312516103
$X_{20}$	-2030437	-3756996	-7404631	2137274	87446	-816260	874203	-6368965	-290983

转下页

接上页

X <sub>21</sub>	240845330	289056073	807020071	389101238	-63400802	718546944	117127068	213781541	-83617134
X <sub>22</sub>	10530215	-41304583	31144455	2611878	1518078	28361659	2473325	-2853892	6815119
X <sub>23</sub>	-277292899	520339326	335883829	187014968	-124076464	-1.62314E9	-1.729E9	27504617	96771026
X <sub>24</sub>	349229693	189146223	282828290	-90597949	96459850	-246141990	588926097	-76632264	54447959
X <sub>25</sub>	-1.09579E9	310975550	-1.66401E9	-443183183	-30300880	4878454461	-428683620	263327256	-104779579
X <sub>26</sub>	0.0001053	0.0000418	2.031E10	0.0000223	0.0000209	0.0000320	0.0000219	0.0000102	0.0000207
X <sub>27</sub>	-156147689	-1.02717E9	-80706758	-211785385	49191450	91223418	-911321	303370099	49180119
X <sub>28</sub>	0.0002225	0.0000916	0.0000998	0.0000495	0.0000444	0.0000641	2.07716E10	0.0000254	0.0000473
X <sub>29</sub>	4410067884	3.43406E10	7337395240	2621138849	-203775666	6582117153	9472900324	2738959554	-1.28194E9
X <sub>30</sub>	4.57467E-7	1.51733E-7	1.39908E-7	1.40023E-7	4.90532E-8	-2.1923E-7	6.29063E-8	-2.9425E-7	4.92158E-8
X <sub>31</sub>	-27891597	814690499	-182397919	-190965856	225588466	291250226	622025546	101322364	277066609
X <sub>32</sub>	-21163371	-63538197	-102662347	-23094935	-3526431	-68060933	-33243556	9613039	-6752574
X <sub>33</sub>	43918771	25205135	-88875561	-47363604	-14774670	-165454460	-175396686	-148064357	-15038111
X <sub>34</sub>	0.0000108	4.28978E-6	4.48155E-6	1.32878E-6	3.28656E-6	5.08032E-6	3.51983E-6	2.30778E-6	3.53115E-6
X <sub>35</sub>	1156705668	2721413094	830307191	861346350	-637360559	-1.6692E9	-1.8262E9	-1.29033E9	-605618316
X <sub>36</sub>	1.51651E10	5.50388E10	1.11845E10	1.63248E10	-4.9954E9	-1.2302E10	-1.9286E10	-2.3077E10	-40952045
X <sub>37</sub>	686271312	-1.28756E9	841236956	-337734666	-71789196	-839305720	-155527227	161218151	-136233696

表4 盲样样品的具体类别和判别结果

Table 4 Concrete class and discriminant results of blind samples

编号	具体类别	判别结果
1	棕榈油	棕榈油
2	餐厨废油脂	可疑
3	棕榈油	棕榈油
4	餐厨废油脂	可疑
5	低档混合油脂	可疑
6	花生油掺5%餐厨废油脂	花生油
7	低档混合油脂	可疑
8	低档混合油脂	可疑
9	花生油	花生油
10	餐厨废油脂	棕榈油
11	棕榈油	棕榈油
12	花生油	花生油
13	牛油	牛油
14	低档混合油脂	可疑
15	菜油	菜油
16	餐厨废油脂	可疑
17	餐厨废油脂	餐厨废油脂
18	花生油	花生油
19	棕榈油	棕榈油
20	低档混合油脂	可疑
21	菜油	菜油
22	棕榈油	棕榈油
23	棕榈油	棕榈油

经过判别分析,共确定归出1个样品为餐厨废油脂,8个样品为可疑油脂,剩余的12个样品为普通动植物油。与样品实际进行对比,此次盲样判别一共有6个餐厨废油脂,其中1个判为餐厨废油脂,3个

判为餐厨废油可疑油脂,2个误判,差异较大,大部分餐厨废油只能判别为可疑油脂,这是因为餐厨废油脂为多种废弃食用油脂各种比例的无限组合,脂肪酸指纹图谱不固定<sup>[1]</sup>。

除可疑油脂需要继续联合其他特征指标进行鉴别外,所有普通食用油脂都能判断正确,两个误判油脂中,6号样品掺有5%餐厨废油脂的花生油误判为花生油,10号餐厨废油被误判为棕榈油。在食用植物油中掺有少量的餐厨废油脂,可能导致脂肪酸指纹图谱变化不大,因此系统数据库难以辨别;餐厨废油是经过深度氧化的油脂,短链脂肪酸和饱和脂肪酸的含量大大增加,棕榈油的短链脂肪酸和饱和脂肪酸含量较高,比较容易造成误判。说明此判别系统对于少量的餐厨废油脂掺伪和饱和脂肪酸含量高的油脂容易造成误判。

### 3 结论

3.1 通过测定不同类别的油脂的37种脂肪酸含量,将17种油脂进行聚类分析,符合油脂分类情况,说明脂肪酸指纹图谱能用于鉴别餐厨废油脂。

3.2 利用SAS软件进行建立油脂的脂肪酸指纹图谱数据库和判别函数,对23种油脂样品进行盲样评估,准确率为91.3%。

3.3 该鉴别系统对于少量的餐厨废油脂掺伪和饱和脂肪酸含量高的油脂容易造成误判,需要联合其它指标进行餐厨废油脂的鉴别。

## 参考文献

- [1] 曹文明,孙禧华,陈凤香,等.“地沟油”鉴别技术研究展望[J]. 中国油脂,2012,37(5):1-5  
Cao Wen-ming, Sun Xi-Hua, Chen Feng-Xiang, et al. Prospect on discerning technology of swill-cooked dirty oil [J]. China oils and fats, 2012, 37(5): 1-5
- [2] 许秀丽,李娜,任荷玲,等.气相色谱分析脂肪酸组成鉴别地沟油的方法研究[J].检验检疫学刊,2012,22(2):6-15  
Xu Xiu-li, Li Na, Ren He-ling, et al. The identification of hogwash oil using gas chromatography analysis of fatty acids [J]. Journal of inspection and quatantine, 2012, 22 (2): 6-15
- [3] 王明清.食用油气相色谱指纹图谱鉴定技术及其应用研究 [D].中国农业科学院,2011  
Wang Ming-qing. Edible oil GC fingerprint identification technology and its application [D]. Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2011
- [4] S M van Ruth, M Rozijn, A Koot, et al. Authentication of feeding fats: Classification of animal fats, fish oils and recycled cooking oils [J]. Animal Feed Science and Technology, 2010, 155: 65-73
- [5] PIRAVI-VANAK, ZGHAVAMIM, EZZATPANAH H, et al. Evaluation of authenticity of Iranian olive oil by fatty acid and triacylglycerol profiles [J]. J. Am. Oil Chem. Soc., 2009, 86(9): 827-833
- [6] FERANDEZ P L, MARTIN M J, GONZALEZ A G, et al. HPLC determination of catechins and caffeine in tea. differentiation of green, black and instant teas [J]. Analyst, 2000, 125: 421-425