

# 气相色谱法测定氢化油脂加工食品中 反式脂肪酸含量

高宏\*, 徐慧, 贾涛, 郭芳芳  
(江苏省理化测试中心, 南京 210042)

**摘要:** **目的** 建立气相色谱法测定氢化油脂加工食品中反式脂肪酸含量的分析方法。**方法** 采用 HP-88 毛细管石英柱(30 m×0.25 mm×0.20 μm)分离定性和定量 43 种饱和脂肪酸、不饱和脂肪酸, 并应用于市售饼干、糕点、冰淇淋、奶茶、巧克力、咖啡等加工食品中的反式脂肪酸含量测定。**结果** 顺、反式脂肪酸在 30 m 长的毛细管石英柱分离情况良好, 各反式脂肪酸在 3~100 μg/mL 浓度范围内 TFA 线性良好( $R = 0.9990$ ), 重现性好(RSD < 6%), 回收率 85.3%~91.8%, 检测限为 0.01 g/100 g; 其分离速度较 100 m 长的毛细管石英柱提高了 1 倍; 奶油蛋糕、炼奶起士、饼干类含有的反式脂肪酸含量较高, 且以反式棕榈油酸(t-C16:1)、反式油酸(t-C18:1)为主。**结论** 该方法快速、准确、分离良好, 可作为检测氢化油脂加工食品中反式脂肪酸含量的推广方法。**关键词:** 气相色谱法; 反式脂肪酸; 氢化油脂; 加工食品

## Determination of the trans-fatty acids in hydrogenated fat processed foods by gas chromatography

GAO Hong\*, XU Hui, JIA Tao, GUO Fang-Fang

(Jiangsu Test Center for Physics and Chemistry, Nanjing 210042, China)

**ABSTRACT: Objective** To develop a method for the determination of trans-fatty acids in processed food by hydrogenated oil using gas chromatography(GC). **Methods** 43 kinds of fatty acids were separated qualitatively and quantitatively by HP-88 qualified column(30 m×0.25 mm×0.20 μm), and the method was used to detect trans-fatty acid concentration of biscuits, cakes, ice cream, milk tea, coffee and other processed foods. **Results** The trans-and cis-fatty acids were separated. It had a good linearity at concentrations of 3~100 μg/mL, the RSD was within 6.0%, the recovery was 85.3%~91.8%, and the limit of detection was 0.01 g/100 g. The separation rate was doubled than that of 100 m long quartz capillary column. The results showed that t-C16:1 and t-C18:1 trans-fatty acids were detected mainly in cream cakes, biscuits, and refined milk cheese classes. **Conclusion** The method is rapid, simple, and sensitive, and has been successfully applied in determination of trans-fatty acids in processed food by hydrogenated oil.

**KEY WORDS:** gas chromatography; trans-fatty acids; hydrogenated oil; processed foods

\*通讯作者: 高宏, 硕士研究生, 中级工程师, 主要研究方向为食品安全分析测试。E-mail: 190919402@qq.com

\*Corresponding author: GAO Hong, Intermediate Engineer, Jiangsu Test Center for Physics and Chemistry, Nanjing 210042, China. E-mail: 190919402@qq.com

## 1 引言

反式脂肪酸是(trans-fatty acid, TFA), 又称逆态脂肪酸, 是至少含有一个反式构型双键的不饱和脂肪酸。主要存在于食品油脂的氢化加工产品(如人造黄油、起酥油等氢化油)、反刍动物(如牛、羊)的脂肪组织、乳及乳制品等中<sup>[1-3]</sup>。由于具备能增添食品酥脆口感、易于长期保存等优点, 在被发现其危害之前被视为取代饱和脂肪的较符合健康的替代品, 氢化油被大量用于市售包装食品中。然而研究表明<sup>[4-6]</sup>, 食用过多的 TFA 会增加心血管疾病、肥胖病的发病危险, 还可能干扰机体多不饱和脂肪酸代谢导致必需脂肪酸(EFA)缺乏, 抑制胎儿生长发育, 诱发妇女 II 型糖尿病, 甚至可造成大脑功能衰退。因此准确测定食品中反式脂肪酸含量对了解居民摄入情况、指导食品加工、烹饪都非常有意义。目前, 测定食品中 TFA 的方法主要包括<sup>[7-11]</sup>: 气相色谱法(gas chromatography, GC)、红外光谱法(infrared spectroscopy, IR)、银离子薄层色谱法(thin layer chromatography, TLC)、液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)和毛细管电泳法(capillary electrophoresis, CE)。相比于其他检测手段, 气相色谱法因其具有检出限低、分离度高、定量准确等优点成为最成熟的检测方法, 但为达到理想的分离度, 毛细管色谱柱一般要求 60 m 以上<sup>[12]</sup>, 本文建立的气相色谱法采用 30 m HP-88 毛细管石英柱测定氢化油脂加工食品中反式脂肪酸, 简单实用、快速、准确。

## 2 材料与方法

### 2.1 仪器与设备

VARIAN CP-3800 气相色谱仪(美国 VARIAN 公司); AL204 电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司); EYELA 旋转蒸发仪(上海爱明仪器有限公司); 可控硅恒温水浴锅(上海锦屏仪器仪表有限公司); 800B 离心机(上海安京科学仪器厂)。

### 2.2 材料与试剂

无水乙醚、石油醚、甲醇、无水乙醇、正己烷、氢氧化钾、盐酸、硫酸、氯化钠、无水硫酸钠(分析纯, 南京化学试剂有限公司); 三氟化硼-乙醚、焦性没食子酸(分析纯, 国药集团化学试剂有限公司); 37 种混合脂肪酸甲酯对照品; 8 种混合反式脂肪酸甲酯

对照品、十一碳酸甲酯对照品、十一碳酸甘油三酯对照品(AccuStandard 公司)。

饼干、糕点、冰淇淋、奶茶、巧克力、咖啡等加工食品。

### 2.3 实验方法

#### 2.3.1 油脂提取

称取适量样品于 100 mL 具塞比色管, 加入约 100 mg 焦性没食子酸、2 mL 95%乙醇, 混匀。加入 10 mol/L 盐酸水溶液 10 mL, 混匀。将比色管放入 70℃水浴中水解 40 min。每隔 10 min 振荡一下使黏附在壁上的颗粒物混入溶液中。水解完成后冷却加入 10 mL 95%乙醇, 将水解液转移到分液漏斗中, 用 50 mL 乙醚冲洗比色管, 冲洗液并入分液漏斗中, 振摇 5 min, 静置分层, 将醚层收集, 重复 2 次, 挥发提取液至近干。待下一步甲酯化。

#### 2.3.2 油脂甲酯化

向盛有脂肪提取物的平底烧瓶中加入 2 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液 4 mL, 70℃水浴回流 5 min, 冷却, 加入 47%三氟化硼-乙醚溶液 4 mL, 70℃水浴回流 5 min, 冷却, 准确加入 10 mL 正己烷振摇 2 min, 加入饱和氯化钠水溶液 10 mL, 静置分层, 取有机相上机色谱检测。

#### 2.3.3 色谱分离条件

色谱柱: HP-88 毛细管石英柱(30 m×0.25 mm×0.20 μm); FID 检测器; 氮气流速 1.0 mL/min; 氢气流速: 30 mL/min; 空气流速: 300 mL/min; 尾吹: 29 mL/min; 汽化温度: 260℃; 柱温: 程序升温, 起始温度 100℃并保持 5 min, 以 5℃/min 升至 230℃并保持 10 min; 检测器温度: 270℃; 分流比 10:1; 进样量 1 μL。

## 3 结果与讨论

### 3.1 色谱分离情况

图 1 和图 2 为采用 2.3.3 条件下的 8 种 TFA 混合标准品色谱图及多种脂肪酸混合标准品色谱图, 图 3 为样品溶液色谱图。经过多次实验以及文献资料显示各种脂肪酸的分离情况和保留时间规律为: 脂肪酸 C4:0 至 C24:0 的各饱和脂肪酸, 由低碳数先、高碳数后极有规律地有序出峰, 如 C12:0 先于 C13:0; 相同碳链脂肪酸甲酯不饱和度越大, 保留时间越长, 如脂肪酸 C16:1 位于脂肪酸 C16:0 之后, 如 C18:2 c9c12 位于 C18:1 c9 之后出峰; 而顺反异构的不饱和脂肪酸甲酯是反式先出峰顺式后出峰, 如 C18:1 t9 先于

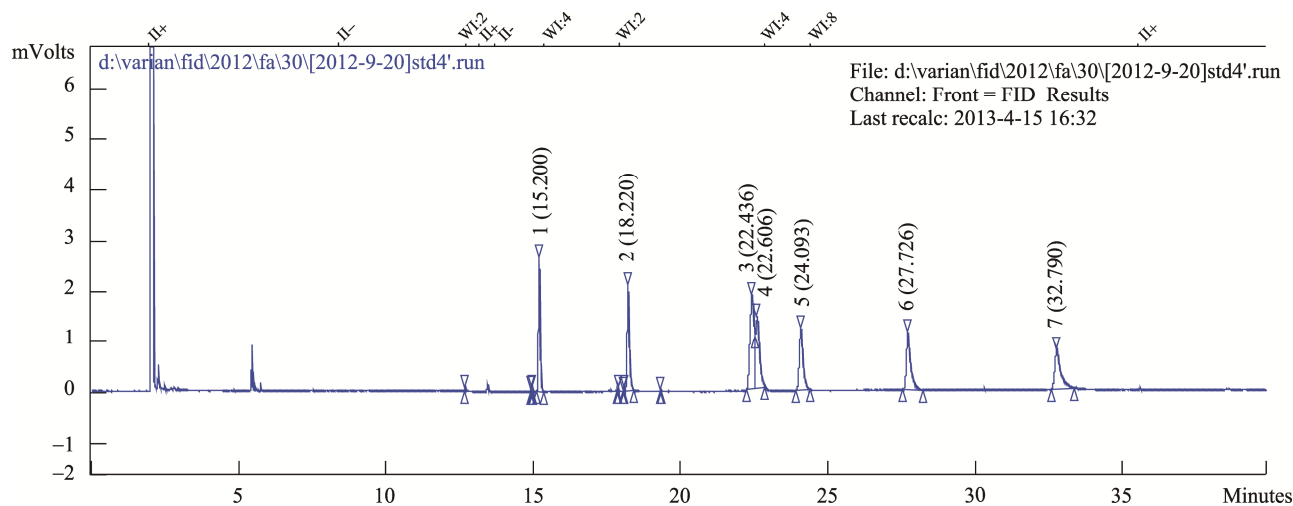
C18:1 c9 出峰<sup>[13,14]</sup>。

C18:1 t6、C18:1 t9、C18:1 t11 同为 C18:1 单不饱和和反式脂肪酸, 从图 1、图 2、图 3 可以看出在 30m 色谱柱上三者不能完全分离, 但各反式脂肪酸组分与其他饱和脂肪酸或顺式脂肪酸能完全分离。由于食品中反式脂肪酸最终结果以 t-C18:1 总量计, t-C18:1 各组分的分离情况并不影响食品中反式脂肪酸含量测定, 所

以该色谱条件可以满足具体样品中的各脂肪酸的测定。

### 3.2 与 100 m 色谱柱分离效果比较

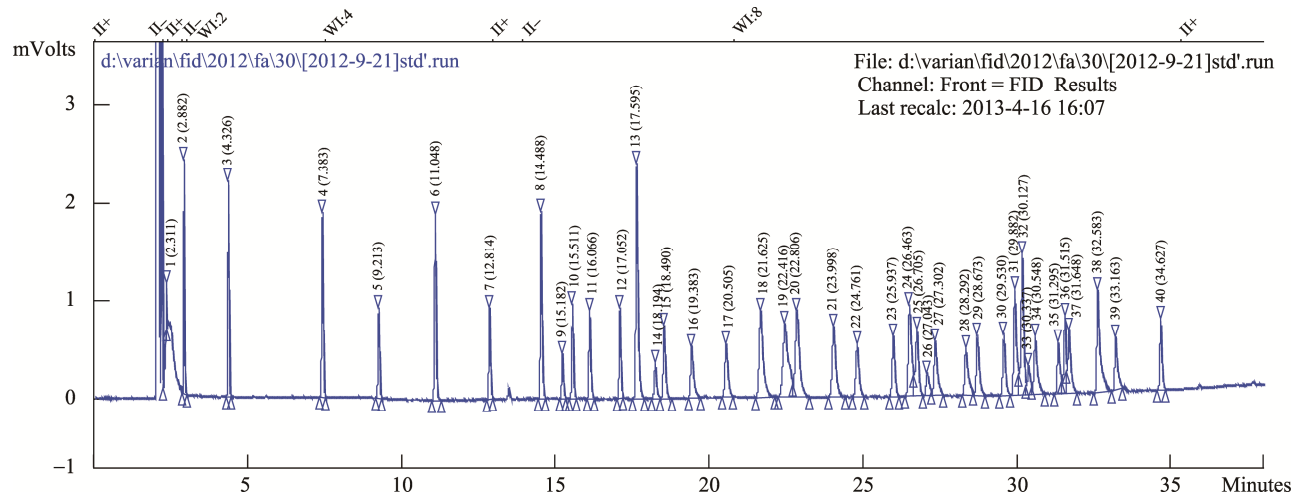
目前国内外通用色谱分离条件是采用 100 m 长 HP88 毛细管色谱柱<sup>[15]</sup>, 本文对 100 m 和 30 m 毛细管石英柱分离效果进行了比较。图 4 为 43 种脂肪酸混合标准品在 100 m 色谱柱上的分离情况, 图 5、图 6 为不同升温速率对局部出峰顺序的影响。



1, C14:1 t9; 2, C16:1 t9; 3, C18:1 t6/C18:1 t9; 4, C18:1 t11; 5, C18:2 t9t12; 6, C20:1 t11; 7, C22:1 t13

图 1 8 种反式脂肪酸混合标准品色谱图(30 m 色谱柱)

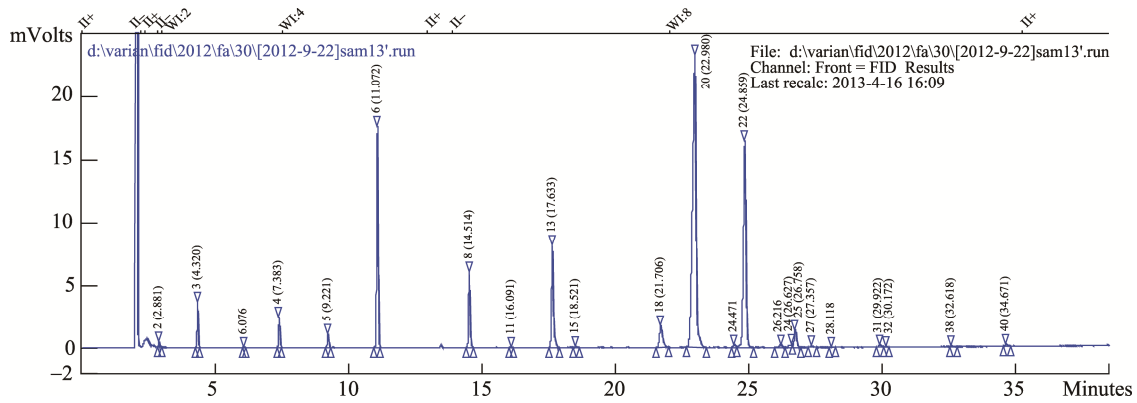
Fig. 1 Chromatogram of 8 trans-fatty acid mixed standard (30 m chromatographic column)



1, C4:0; 2, C6:0; 3, C8:0; 4, C10:0; 5, C11:0; 6, C12:0; 7, C13:0; 8, C14:0; 9, C14:1t9; 10, C14:1c9; 11, C15:0; 12, C15:1c10; 13, C16:0; 14, C16:1 t9; 15, C16:1 c9; 16, C17:0; 17, C17:1c10; 18, C18:0; 19, C18:1 t6/C18:1 t9/C18:1 t11; 20, C18:1 c9; 21, C18:2 t9t12; 22, C18:2 c9c12; 23, C18:3 c6c9c12; 24, C20:0; 25, C18:3c9c12c15; 26, C20:1 t11; 27, C20:1 c11; 28, C21:0; 29, C20:2; 30, C20:3c8c11c14; 31, C22:0; 32, C20:3c11c14c17/ C20:4c5c8c11c14; 33, C22:1 t13; 34, C22:1c13; 35, C23:0; 36, C20:5 c5c8c11c14c17; 37, C22:2; 38, C24:0; 39, C24:1 c15; 40, C22:6c4c7c10c13c16c19

图 2 43 种脂肪酸混合标准品色谱图(30 m 色谱柱)

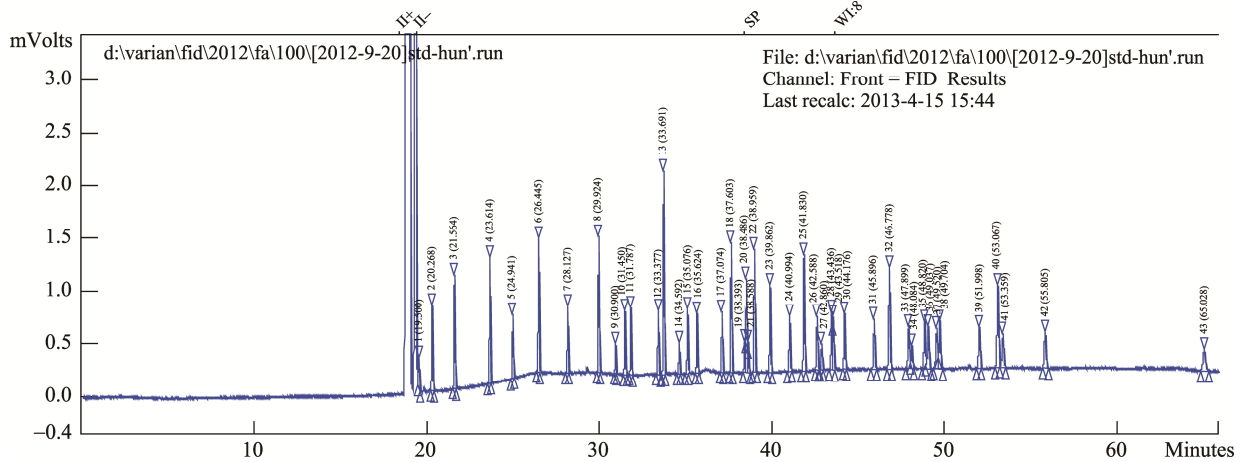
Fig. 2 Chromatogram of 43 trans-fatty acid mixed standard (30 m chromatographic column)



2, C6:0; 3, C8:0; 4, C10:0; 5, C11:0; 6, C12:0; 8, C14:0; 11, C15:0; 13, C16:0; 15, C16:1 c9; 18, C18:0; 20, C18:1 c9; 22, C18:2 c9c12; 24, C20:0; 25, C18:3c9c12c15; 27, C20:1 c11; 31, C22:0; 32, C20:3c11c14c17/ C20:4c5c8c11c14; 38, C24:0; 40, C22:6c4c7c10c13c16c19

图3 婴儿奶粉样品色谱图(30 m 色谱柱)

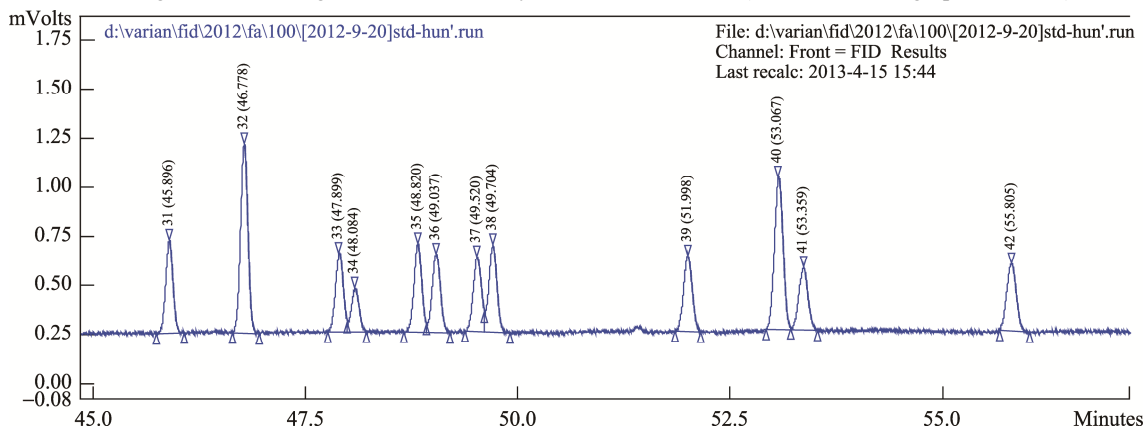
Fig. 3 Chromatogram of baby dried milk (30 m chromatographic column)



1, C4:0; 2, C6:0; 3, C8:0; 4, C10:0; 5, C11:0; 6, C12:0; 7, C13:0; 8, C14:0; 9, C14:1t9; 10, C14:1c9; 11, C15:0; 12, C15:1c10; 13, C16:0; 14, C16:1 t9; 15, C16:1 c9; 16, C17:0; 17, C17:1c10; 18, C18:0; 19, C18:1 t6; 20, C18:1 t9; 21, C18:1 t11; 22, C18:1 c9; 23, C18:2 t9t12; 24, C18:2 c9c12; 25, C20:0; 26, C18:3 c6c9c12; 27, C20:1 t11; 28, C20:1 c11; 29, C18:3c9c12c15; 30, C21:0; 31, C20:2; 32, C22:0; 33, C20:3c8c11c14; 34, C22:1 t13; 35, C22:1c13; 36, C20:3c11c14c17; 37, C20:4c5c8c11c14; 38, C23:0; 39, C22:2; 40, C24:0; 41, C20:5 c5c8c11c14c17; 42, C24:1 c15; 43, C22:6c4c7c10c13c16c19

图4 43种脂肪酸混合标准品色谱图(100 m 色谱柱)

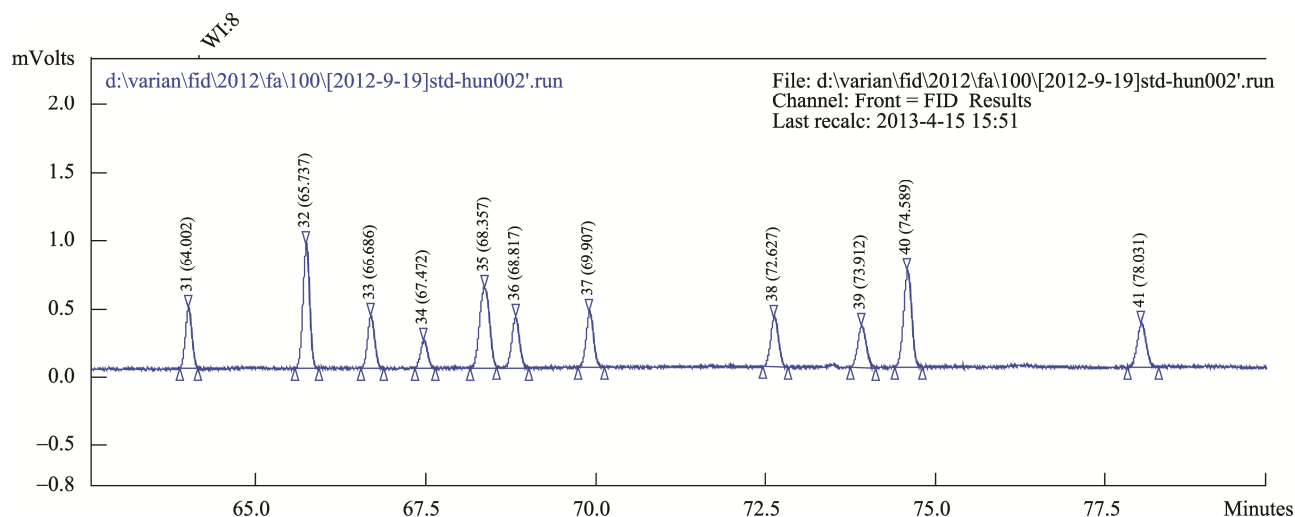
Fig. 4 Chromatogram of 43 trans-fatty acid mixed standard (100 m chromatographic column)



31, C20:2; 32, C22:0; 33, C20:3c8c11c14; 34, C22:1 t13; 35, C22:1c13; 36, C20:3c11c14c17; 37, C20:4c5c8c11c14; 38, C23:0; 39, C22:2; 40, C24:0; 41, C20:5 c5c8c11c14c17; 42, C24:1 c15;

图5 43种脂肪酸混合标准品局部放大色谱图 A(100 m 色谱柱)

Fig. 5 Amplification chromatogram of 43 trans-fatty acid mixed standard A (100 m chromatographic column)



31, C20:2; 32, C22:0; 33, C20:3c8c11c14; 34, C22:1 t13; 35, C22:1c13/C20:3c11c14e17; 36, C20:4c5c8c11c14; 37, C23:0; 38, C22:2; 39, C20:5 c5c8c11c14e17; 40, C24:0; 41, C24:1 c15;

图 6 43 种脂肪酸混合标准品局部放大色谱图 B(100 m 色谱柱)

Fig. 6 Amplification chromatogram of 43 trans-fatty acid mixed standard B (100 m chromatographic column)

表 1 标准曲线、方法精密度  
Table 1 The standard curve and repeatability

目标物	线性方程	相关系数 $R$	RSD% ( $n=6$ )
C14:1 t9	$Y=226.4X-75.25$	0.9997	4.9
C16:1 t9	$Y=232.3X-165.3$	0.9998	2.8
C18:1 t6/t9	$Y=420.2X-49.40$	0.9999	3.5
C18:1 t11	$Y=268.9X-176.6$	0.9998	3.2
C18:2 t9t11	$Y=222.53X-85.18$	0.9999	4.2
C20:1 t11	$Y=220.3X-112.5$	0.9999	—
C22:1 t13	$Y=244.8X-460.2$	0.9994	—

由图 4 可知, 100 m 长色谱柱分离时, 在 70 min 内 43 种组分能完全分离。但是由于时间过长, 在温度稍有变化时会出现出峰顺序变化的现象: 图 5 为色谱柱条件起始温度 150 °C 并保持 10 min, 再以 5 °C/min 升至 230 °C 并保持 40 min 条件下的色谱图, 图 6 为色谱柱条件起始温度 150 °C 并保持 10 min, 以 2 °C/min 升至 230 °C 并保持 40 min 条件下的色谱图, 图中 C20:5 c5c8c11c14e17 与 C24:0 出峰顺序相反, 当在没有单标的情况下会影响结果判断。

30 m 长色谱柱在 35 min 内多种组分实现了基本分离, 顺反异构体之间完全分离, 方法快速稳定, 虽然 C18:1 t6、C18:1 t9、C18:1 t11 不能完全分离, 但由于反式脂肪酸最终结果以 t C18:1 总量计, 不能完

全分离并不影响食品中脂肪酸含量测定, 因此本实验采用 30 m 长 HP88 毛细管色谱柱可用于多组分脂肪酸及多反式脂肪酸的测定。

### 3.3 线性、方法精密度、准确度和检出限

取 8 种 TFA 混合标准品储备液逐级稀释配制成为 3.13~100  $\mu\text{g/mL}$  标准系列溶液, 按 2.3.3 色谱条件进行分析, 以峰面积对浓度作线性回归。本实验采用同一供试品, 进行多次平行样测定, 由线性回归方程计算各 TFA 含量考察方法的精密度, 结果详见表 1。

另向已知含量样品中分别加入三水平的碳十一酸甘油三酯标准品, 测定碳十一酸甲酯最终含量(原样品中不含碳十一酸甘油三酯), 计算加标回收率, 结果见表 2。

表2 样品 TFA 加标回收率实验  
Table 2 The recovery experiment of TFA in processed food

	称样量(g)	加入含量( $\mu\text{g}$ )	测定含量( $\mu\text{g}$ )	回收率(%)
1	0.2012	200	175	87.5
2	0.2107	200	172	86.0
3	0.2081	400	367	91.8
4	0.2047	400	349	87.3
5	0.1991	600	502	85.3
6	0.1971	600	536	89.3

表3 使用氢化油脂的加工食品中的反式脂肪酸含量(g/100 g 可食部食物)  
Table 3 Trans fatty acid in processed food using hydrogenated oil (g/100 g edible part of food)

样品名称	t-C14:1	t-C16:1	t-C18:1	t-C18:2	t-C20:1	t-C22:1	TFA 总量	占脂肪的百分含量(%)
原味奶茶(固体粉末)	ND	ND	0.073	ND	ND	ND	0.073	0.46
三合一即溶咖啡	0.055	0.032	0.123	ND	ND	ND	0.210	2.36
咖啡粉	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
牛奶巧克力	0.042	0.126	0.132	0.007	0.069	ND	0.375	1.77
威化饼干	0.118	0.126	0.689	0.036	ND	ND	0.969	3.29
奶油饼干	ND	ND	0.090	0.020	ND	ND	0.110	1.03
曲奇饼	0.009	0.492	0.074	0.018	ND	ND	0.593	2.04
炼奶起士饼	0.009	0.517	0.056	0.015	ND	ND	0.598	2.26
奶油雪糕	ND	0.052	0.188	ND	ND	ND	0.241	2.36
巧克力卷心蛋糕	0.047	0.162	1.300	0.046	ND	ND	1.554	7.33

注: ND 为未检出。

以基线信噪比 3:1 所对应的浓度为方法的最小检测限。将对照品溶液稀释至适当倍数, 即含 C14:1 t9、C16:1 t9 等皆为 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$  的溶液进样测得信噪比为 3:1, 则各组分的最小检测浓度为 1  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。本方法中样品称取量为 0.1~5 g (约含脂肪含量为 100 mg), 因此本方法的检出限为 0.01 g/100 g, 满足检测要求。

### 3.4 氢化油脂加工食品中 TFA 的测定

本文采集了 10 种具有代表性的加工食品, 采用气相色谱法方法测定了 TFA 组成及含量, 结果见表 3。

从表 3 可以看出该类食品中同样以 tran C16:1、tran C18:1、tran C18:2 等三种 TFA 异构体为主, 这些食品中 TFA 含量大部分都很高, 值得引起消费者的注意, 尤其一些涂抹奶油的食品中的 TFA 含量较高。

## 4 结论

(1) 本文利用气相色谱法对食品中反式脂肪酸

进行分析, 方法操作简便、时间短、效率高, 在 3~100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  浓度范围内 TFA 线性良好( $R=0.9990$ ), 重现性好( $\text{RSD}<6\%$ ), 回收率 85.3%~91.8%, 检测限为 0.01 g/100 g, 满足检测要求, 适用于氢化油脂的加工食品中不同食品中反式脂肪酸的测定。

(2) 本文随机采集使用氢化油脂加工食品作为研究对象, 分析食品中脂肪酸的分布和含量。研究表明食品中普遍存在的反式脂肪酸主要为 t-C16:1、t-C18:1、t-C18:2, 一些配料中包含“氢化植物油”、“部分氢化植物油”、“人造奶油”、“起酥油”等原料的食品中反式脂肪酸含量的可能性较大, 存在超过《预包装食品营养标签通则》<sup>[16]</sup>标准“0”界限值的可能, 需要通过严谨的核算甚至审慎的检验以确定其营养标签值。

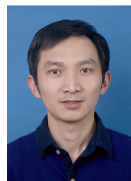
### 参考文献

[1] 郭林, 李靖靖, 宁建中. 反式脂肪酸测定方法的研究[J]. 现代

- 化工, 2011, 31(3): 87-92.  
Guo L, Li JJ, Ning JZ. Research on determination of trans-fatty acids [J]. Mod Chem Ind, 2011, 31(3): 87-92.
- [2] Zahida K, Khalid MK, Shakeel A, *et al.* Assessment of trans fatty acid level in french fries from various fast food outlets in karachi, Pakistan [J]. J Am Oil Chem Soc, 2014, 91(11): 1831-1836.
- [3] 张莹, 董全, 卢沿钢. 反式脂肪酸的危害及其检测方法研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6): 448-451.  
Zhang Y, Dong Q, Lu YG. Hazard and research progress of trans fatty acids [J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(6): 448-451.
- [4] Chen Y, Yang Y, Nie SP, *et al.* The analysis of trans fatty acid profiles in deep frying palm oil and chicken fillets with an improved gas chromatography method [J]. Food Control, 2014, 44: 191-197.
- [5] 边风根. 反式脂肪酸的危害及其测定方法[J]. 江西化工, 2014, 1: 61-63.  
Bian FG. The dangers of trans fatty acids and its measuring method [J]. Jiangxi Chem Ind, 2014, 1: 61-63.
- [6] 王少振, 孙淑华. 油脂精炼过程中反式脂肪酸控制的研究进展[J]. 粮食与食品工业, 2014, 21(2): 18-21.  
Wang SZ, Sun SH. Research progress progress of trans-fatty acids quality control in maize oil [J]. Cereal Food Ind, 2014, 21(2): 18-21
- [7] 邓红莲, 徐小作. 利用气相色谱法检测食品中反式脂肪酸含量[J]. 临床和实验医学杂志, 2009, 8(7): 25-27.  
Deng HL, Xu XZ. Determination of trans-fatty acid content in food by using gas chromatography [J]. J Clin Exp Med, 2009, 8(7): 25-27.
- [8] 于修焯, 杜双奎, 岳田利, 等. 采用衰减全反射傅里叶变换红外光谱(ATR-FIIR)技术测定油脂中 TFA[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(2): 189-193.  
Yu XZ, Du SK, Yue TL, *et al.* Trans-fatty acid determination of edible oil by attenuated total reflection fourier transform infrared [J]. J Chin Cereal Oil Assoc, 2008, 23(2): 189-193.
- [9] Chen SH, Chen KC, Lien HM. Determination of fatty acids in vegetable oil by reversed-phase liquid chromatography with fluorescence detection [J]. J Chromatogr A, 1999, 849: 357-369.
- [10] 黄向荣, 绪红霞, 陈秀华, 等. 气相色谱法测定动物油脂中反式脂肪酸[J]. 中国实用医药, 2014, 9(6): 251-252.  
Huang XR, Xu HX, Chen XH, *et al.* Determination of trans-fatty acid in animal fats by using gas chromatography [J]. Chin Pract Med, 2014, 9(6): 251-252.
- [11] Oliver MA, Solis VE, Gioielli LA, *et al.* Method development for the analysis of trans-fatty acids in hydrogenated oils by capillary electrophoresis [J]. Electrophoresis, 2003, 24(10): 1641-1647.
- [12] GB/T22527-2008 动植物油脂植物油中反式脂肪酸异构体含量测定-气相色谱法[S].  
GB/T22527-2008 Animal and vegetable fats and oils-determination of the content of trans fatty acid isomers of vegetable fats and oils-gas chromatographic method [S].
- [13] 王婵, 张彧, 徐静, 等. 反式脂肪酸的研究及检测技术进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2014, 5(6): 1661-1672.  
Wang C, Zhang H, Xu J, *et al.* Progress of research and detection techniques Jour of trans-fatty acids [J]. J Food Saf Qual, 2014, 5(6): 1661-1672.
- [14] 孟阿会, 陈夏, 简立杰, 等. 几种食用油中反式脂肪酸含量的测定[J]. 油脂工程, 2011, 11: 62-64.  
Meng AH, Chen X, Lin LJ, *et al.* Determination of trans-fatty acid in oils [J]. Farm Mach, 2011, 11: 62-64.
- [15] Szimonetta Lohner, Judit Vágási, Tamás Marosvölgyi, *et al.* Inverse association between 18-carbon trans fatty acids and intelligence quotients in smoking schizophrenia patients [J]. Psych Res, 2014, 215(1): 9-13.
- [16] GB28050-2011 预包装食品营养标签通则[S].  
GB28050-2011 The general principles of the prepackaged food nutrition labels [S].

(责任编辑: 杨翠娜)

## 作者简介



高 宏, 硕士研究生, 中级工程师,  
主要研究方向为食品安全分析测试。  
E-mail: 190919402@qq.com