

# 气相色谱法测定奶茶中的反式脂肪酸

曹 君<sup>1</sup>, 李 静<sup>1</sup>, 覃 雯<sup>2</sup>, 揭平权<sup>2</sup>, 刘 珍<sup>2</sup>, 邓泽元<sup>1,\*</sup>

(1. 食品科学与技术国家重点实验室, 南昌大学高等研究院, 江西 南昌 330047;

2. 南昌大学生命科学与食品工程学院, 江西 南昌 330031)

**摘 要:** 选取我国市场上常见的品牌奶茶, 采用气相色谱法测定 8 种奶茶产品、7 种奶精及 20 种果粉中的反式脂肪酸组成。结果表明: 一杯 300mL 的奶茶, 其反式脂肪酸量在 0.5 ~ 3.0g 之间, 奶精中反式脂肪酸含量最高可达 8.6g/100g, 果粉含量则在 1.0 ~ 2.2g/100g 之间; 奶茶中反式脂肪酸主要来自奶精与果粉, 以反式 C<sub>18</sub> 脂肪酸为主, 其中一烯含量最多、二烯含量较少、反式 C<sub>16</sub> 脂肪酸甚微。奶茶、奶精及果粉中的反式脂肪酸含量普遍偏高, 不同类型、不同品牌的奶茶间和不同口味的果粉间反式脂肪酸含量存在显著性差异。

**关键词:** 反式脂肪酸; 奶茶; 氢化植物油; 气相色谱

## Determination of *Trans* Fatty Acids in Milk Tea by Gas Chromatography

CAO Jun<sup>1</sup>, LI Jing<sup>1</sup>, QIN Wen<sup>2</sup>, JIE Ping-quan<sup>2</sup>, LIU Zhen<sup>2</sup>, DENG Ze-yuan<sup>1,\*</sup>

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Institute for Advanced Study, Nanchang University, Nanchang 330047, China; 2. School of Life Science and Food Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

**Abstract:** Gas chromatography was used to determine the *trans* fatty acid composition of common commercially available milk tea, cream and fruit powder. The results showed that *trans* fatty acid content was 0.5 - 3 g per 300 mL of milk tea, 8.6 g per 100 g of cream, and 1 - 2.2 g per 100 g of fruit powder, respectively. Most *trans* fatty acids in milk tea arose from cream and fruit powder and the major *trans* fatty acids were *trans* C<sub>18</sub>, among which, *trans* C<sub>18:1</sub> exhibited the largest content, followed by *trans* C<sub>18:2</sub>. In addition, small amounts of *trans* C<sub>16</sub> fatty acids were identified in milk tea. The results also indicated that *trans* fatty acid contents of milk tea, cream and fruit powder were high and varied significantly in products and brands.

**Key words:** *trans* fatty acids; milk tea; hydrogenated vegetable oils; gas chromatography (GC)

中图分类号: R155.59

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)18-0159-05

反式脂肪酸(*trans* fatty acids, TFA)在国际上越来越备受关注。在摄入量相等的情况下, TFA 的危害要比饱和脂肪酸(saturated fatty acids, SFA)高 2.5 ~ 10 倍<sup>[1]</sup>。一项前瞻性群组研究显示, TFA 的摄入量增加 2%, 冠心病的发生率可提高 23%(集合相对危险度 1.23, 95% CI 1.11 ~ 1.37,  $P < 0.01$ )<sup>[2]</sup>。随着我国消费者生活方式和饮食习惯的改变, 以薯条、冰淇淋、汉堡包为代表的西化食品已经成为消费者饮食的重要组成部分, 甚至成为部分青少年的主要热量来源<sup>[3]</sup>, 然而我国民众对 TFA 的认识远远落后于发达国家, 此外 1 份麦当劳油炸品中含 8g TFA、1 个苹果派中含 4.5g TFA<sup>[4]</sup>, 说明

我国食物中已经普遍存在 TFA<sup>[5]</sup>。

近几年, 国内茶饮料市场发展迅速, 市场份额直逼碳酸饮料与瓶装水。而作为茶饮料的衍生产品——奶茶, 由于品种多样、时尚休闲、方便快捷, 在短短几年内就受到广大消费者的喜爱, 特别是以青少年消费群体为主。奶茶口感润滑、味美香甜, 主要是由奶精及不同口味果粉(即香精香料)辅以椰果/珍珠及甜蜜素等调配而成。西方把“奶精”分成两大类——含奶类(包括混合的)与非奶类(即植脂末), 含奶类多半是以天然牛奶为原料, 不使用添加剂与香精, 非奶类则是采用氢化植物油。生活中各式各样的奶茶中所含有的“奶

收稿日期: 2011-06-15

基金项目: 国家自然科学基金面上基金项目(30972482); 江西省学术带头人计划项目(2008DD00900);

教育部博士点基金项目(20070403002); 江西省自然科学基金项目(2008GQY0023)

作者简介: 曹君(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为营养保健与功能食品。E-mail: juncaoyd2007@126.com

\* 通信作者: 邓泽元(1963—), 男, 教授, 博士, 研究方向为脂肪酸及天然产物与健康。

E-mail: dengzy28@yahoo.com.cn

精”，绝大多数都是由氢化植物油人工配制而成的。

目前我国对食品中TFA的检测不多，尤其是对奶茶中TFA的检测。本实验对目前市面上比较流行的奶茶品种进行采样，用气相色谱法测定脂肪酸组成，并对其中的危害因子TFA含量进行分析。综合国内消费者的饮食情况及国内外对TFA的标准限定，给出相关的交流建议，对指导奶茶的安全生产及引导人们健康饮食，具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

A、B、C、D、E五种街头原味奶茶(300mL/杯)，F、G、H三种超市品牌奶茶(包括原味、香芋味、巧克力味、草莓味、咖啡味)，奶精(7个地区)，果粉(20种口味) 市购。

氯仿、甲醇、正己烷均为色谱纯；乙酸甲酯、甲醇钠、草酸、无水硫酸钠均为分析纯；蒸馏水；脂肪酸甲酯标准品 GLC-463 + C<sub>21:0</sub> + CLA 美国 NuChek-Prep 公司。

### 1.2 仪器与设备

HY-2A型振荡器 江苏荣华仪器公司；Anke TDL-5-A型低速离心机 上海安亭科学仪器厂；6890N型气相色谱仪[配备CP-Sil88熔融石英毛细管柱(100mm × 0.25mm)] 美国 Agilent 公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 脂肪提取<sup>[6]</sup>

采用氯仿-甲醇萃取法提取奶茶中脂肪。取1g左右样品置于试管内，加入2mL蒸馏水，让样品充分湿润，再加入10mL氯仿-甲醇(1:1, V/V)溶液，振荡器上振荡(195r/min)30min后，加入2mL蒸馏水，4200r/min离心5min，吸氯仿层，氮气吹去氯仿得脂肪。

### 1.3.2 脂肪酸的甲基化<sup>[7]</sup>

取2mg左右脂肪加入1.5mL正己烷和40μL乙酸甲酯，再加入100μL甲醇钠-甲醇溶液，37℃反应20min，然后置于-20℃冷冻10min，取出后迅速加入60μL草酸，离心取上清液，并将上清液通过无水硫酸钠柱以除去其中的水分，收集上清液进行气相色谱分析。

### 1.3.3 气相色谱分析<sup>[8]</sup>

色谱柱采用CP-Sil88熔融石英毛细管柱；载气为H<sub>2</sub>，燃烧气为N<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>和空气；进样口温度250℃，压力24.52psi，总流量29.4mL/min；气相柱的柱压24.52psi，柱内流速1.8mL/min；炉温为程序升温：45℃时保持4min，然后以13℃/min的升温速率将温度升至175℃，保持此温度27min，再以4℃/min的升温速率将温度升至215℃，保持35min，总测定时间为86min；检测器温度250℃，氢气流速30.0mL/min；空气流速300mL/min；氮气流速30.0mL/min。通过与脂肪酸甲酯标准对照，采

表1 成品奶茶中脂肪酸相对含量及反式脂肪酸质量

Table 1 Fatty acid composition and *trans* fatty acid content in commercially available milk tea

| 样品名称   | 脂肪酸相对含量/%           |                     |                     |                |        |                   |                   |                    |                    | TFA<br>质量/g |
|--------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------|--------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-------------|
|        | ∑ <i>trans</i> 16:1 | ∑ <i>trans</i> 18:1 | ∑ <i>trans</i> 18:2 | ∑ <i>trans</i> | ∑SFA   | ∑ <i>cis</i> MUFA | ∑ <i>cis</i> PUFA | ∑ <i>n</i> -6 PUFA | ∑ <i>n</i> -3 PUFA |             |
| A      | —                   | 18.066              | 0.383               | 18.449         | 65.806 | 14.274            | 1.24              | 1.24               | —                  | 0.621       |
| B      | —                   | 17.276              | 0.464               | 17.741         | 52.089 | 27.604            | 1.566             | 1.493              | 0.042              | 0.577       |
| C      | —                   | 14.562              | 0.346               | 14.908         | 49.648 | 30.072            | 4.905             | 4.905              | —                  | 0.418       |
| D      | —                   | 35.225              | 0.7                 | 35.924         | 27.319 | 35.524            | 0.911             | 0.911              | —                  | 2.745       |
| E      | —                   | 24.921              | 0.508               | 25.429         | 55.695 | 18.449            | 0.428             | 0.428              | —                  | 0.921       |
| F(22g) | 原味                  | 0.127               | 0.741               | —              | 0.869  | 90.721            | 6.327             | 1.028              | 0.646              | 0.131       |
|        | 香芋                  | —                   | 0.586               | —              | 0.586  | 93.254            | 3.948             | 0.786              | 0.587              | 0.07        |
|        | 巧克力                 | 0.201               | 1.261               | —              | 1.463  | 83.089            | 12.637            | 1.838              | 1.211              | 0.231       |
|        | 草莓                  | 0.076               | 0.488               | —              | 0.564  | 94.148            | 3.933             | 0.833              | 0.612              | 0.092       |
|        | 咖啡                  | —                   | 1.255               | —              | 1.255  | 95.344            | 2.066             | 0.286              | 0.286              | —           |
| G(48g) | 原味                  | —                   | 0.129               | —              | 0.129  | 60.884            | 30.232            | 7.292              | 7.112              | 0.146       |
|        | 香芋                  | —                   | 0.348               | —              | 0.348  | 56.084            | 35.943            | 7.397              | 7.234              | 0.116       |
|        | 巧克力                 | —                   | 0.26                | —              | 0.26   | 52.667            | 38.288            | 8.523              | 8.335              | 0.148       |
|        | 草莓                  | —                   | 0.614               | —              | 0.614  | 53.043            | 37.871            | 8.223              | 8.026              | 0.155       |
|        | 咖啡                  | —                   | 0.259               | —              | 0.259  | 53.343            | 37.297            | 8.905              | 8.719              | 0.143       |
| H(22g) | 原味                  | —                   | 21.281              | 0.468          | 21.749 | 61.696            | 16.173            | —                  | —                  | —           |
|        | 香芋                  | —                   | 19.699              | 0.394          | 20.092 | 62.613            | 16.367            | 0.284              | 0.284              | —           |
|        | 巧克力                 | —                   | 18.608              | 0.362          | 18.97  | 59.052            | 19.533            | 1.188              | 1.188              | —           |
|        | 草莓                  | —                   | 17.35               | 0.312          | 17.663 | 68.078            | 12.955            | —                  | —                  | —           |
|        | 咖啡                  | —                   | 11.135              | 0.238          | 11.373 | 56.383            | 28.626            | 3.332              | 3.332              | —           |

注：“—”表示未测出；*trans*为反式脂肪酸，*cis*为顺式脂肪酸，SFA为饱和脂肪酸，MUFA为单不饱和脂肪酸，PUFA为多不饱和脂肪酸。下同。

用面积归一化法确定脂肪酸的相对含量(以峰面积的百分数表示)。

## 2 结果与分析

### 2.1 液体原味奶茶中的脂肪酸组成

对街头奶茶(即成品液体奶茶)进行抽样检测, 结果见表1。除D奶茶外(MUFA 25%, SFA 27%), 这些奶茶的脂肪酸组成以SFA(50%~66%)为主, MUFA含量次之(14%~30%), 而PUFA含量都偏少(0.4%~5%), 几乎所有PUFA为*n*-6系列脂肪酸。所取产品中的TFA含量都普遍偏高(15%~36%), D奶茶在这5种奶茶中TFA含量最高接近36%, E奶茶次之约25%。奶茶中的TFA主要以反式C<sub>18:1</sub>脂肪酸为主, 约占总TFA的97%~98%, 同时存在少量反式C<sub>18:2</sub>脂肪酸(2%~3%)。

### 2.2 固体奶茶粉中的脂肪酸组成

F、G、H三种奶茶脂肪酸组成结果见表1。这3

种品牌奶茶主要以SFA为主, 其中F奶茶中SFA所占含量最高(83%~95%), 而G和H奶茶所占含量相近(53%~68%); 3种奶茶中MUFA含量各异, G奶茶中MUFA含量为30%~38%, 而F奶茶仅有2%~13%, H奶茶为13%~29%; 此外G奶茶比F、H奶茶含较高含量的PUFA(7.3%~9%), 而F、H奶茶的PUFA含量为0~3.33%。87%以上的PUFA以*n*-6系列脂肪酸形式存在。不同品牌TFA含量相差明显, 其中H奶茶TFA含量最高(10%~22%), 且原味系列产品中最高接近22%, 主要以反式C<sub>18:1</sub>脂肪酸为主, 平均占总TFA的98%, 同时存在少量反式C<sub>18:2</sub>脂肪酸(2%)。F、G奶茶TFA含量较低, 在0.25%~1.46%之间, 其中反式C<sub>18:1</sub>脂肪酸占总TFA的85%以上, 有些产品中还检测到反式C<sub>16:1</sub>脂肪酸(15%左右)。奶茶口味的不同, 脂肪酸组成也不尽相同。同一品牌间TFA的含量也因口味不同而有差异。

表2 原料奶精中脂肪酸相对含量及反式脂肪酸和含量

Table 2 Fatty acid composition and *trans* fatty acid content in commercially available cream

| 地区    | 脂肪酸相对含量/%         |                   |                   |              |            |                 |                 |                 | TFA含量/<br>(g/100g) |
|-------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
|       | $\sum trans$ 16:1 | $\sum trans$ 18:1 | $\sum trans$ 18:2 | $\sum trans$ | $\sum SFA$ | $\sum cis$ MUFA | $\sum cis$ PUFA | $\sum n-6$ PUFA | $\sum n-3$ PUFA    |
| —     | —                 | 24.009            | 0.433             | 24.442       | 56.527     | 17.985          | 0.647           | 0.647           | —                  |
| —     | —                 | 27.447            | 0.593             | 28.04        | 41.411     | 28.462          | 2.087           | 2.087           | —                  |
| —     | —                 | 25.975            | 0.518             | 26.493       | 62.933     | 10.056          | 0.334           | 0.297           | —                  |
| —     | —                 | 19.999            | 0.459             | 20.457       | 60.869     | 18.402          | 0.271           | 0.271           | —                  |
| 0.086 | —                 | 40.653            | 0.883             | 41.622       | 33.284     | 23.716          | 0.822           | 0.604           | 0.079              |
| —     | —                 | 39.923            | 0.94              | 40.862       | 26.373     | 31.373          | 0.578           | 0.513           | —                  |
| —     | —                 | 4.831             | 0.042             | 4.874        | 86.037     | 8.714           | 0.102           | 0.102           | —                  |

表3 原料果粉中脂肪酸相对含量及反式脂肪酸含量

Table 3 Fatty acid compositions and *trans* fatty acid content in commercially available fruit powder

| 类型  | 脂肪酸相对含量/%         |                   |                   |              |            |                 |                |                 | TFA含量/<br>(g/100g) |
|-----|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|
|     | $\sum trans$ 16:1 | $\sum trans$ 18:1 | $\sum trans$ 18:2 | $\sum trans$ | $\sum SFA$ | $\sum cis$ MUFA | $\sum cis$ UFA | $\sum n-6$ PUFA | $\sum n-3$ PUFA    |
| 香蕉  | —                 | 39.948            | 0.850             | 40.798       | 26.382     | 30.923          | 0.418          | 0.357           | —                  |
| 草莓  | —                 | 39.890            | 0.863             | 40.753       | 25.903     | 30.287          | 0.450          | 0.372           | —                  |
| 西瓜  | —                 | 38.548            | 0.992             | 39.540       | 26.815     | 28.245          | 2.706          | 0.814           | 1.634              |
| 菠萝  | —                 | 38.579            | 0.907             | 39.486       | 24.907     | 28.432          | 4.650          | 0.983           | 3.301              |
| 青苹果 | —                 | 38.370            | 0.994             | 39.365       | 25.675     | 32.148          | 0.475          | 0.475           | —                  |
| 蓝莓  | —                 | 38.152            | 1.041             | 39.193       | 25.669     | 30.803          | 2.315          | 0.736           | 1.371              |
| 荔枝  | —                 | 38.063            | 1.124             | 39.187       | 24.068     | 33.313          | 0.815          | 0.623           | 0.141              |
| 玫瑰  | —                 | 36.665            | 1.157             | 37.822       | 25.782     | 32.686          | 0.675          | 0.675           | 0.000              |
| 鲜橙  | —                 | 32.786            | 0.753             | 33.539       | 31.301     | 27.475          | 4.434          | 0.684           | 3.750              |
| 巧克力 | —                 | 31.272            | 0.717             | 31.989       | 35.617     | 29.916          | 1.271          | 1.127           | 0.093              |
| 香芋  | —                 | 31.297            | 0.646             | 31.943       | 45.187     | 20.133          | 0.806          | 0.806           | —                  |
| 薰衣草 | —                 | 30.214            | 0.622             | 30.836       | 40.947     | 26.178          | 1.112          | 1.112           | —                  |
| 芒果  | —                 | 26.355            | 0.558             | 26.913       | 42.306     | 27.587          | 2.145          | 2.054           | —                  |
| 水蜜桃 | —                 | 20.676            | 0.407             | 21.083       | 55.134     | 18.582          | 2.197          | 2.034           | —                  |
| 香草  | —                 | 15.014            | 0.314             | 15.328       | 57.949     | 22.705          | 2.898          | 2.820           | 0.077              |
| 咖啡  | —                 | 4.901             | —                 | 4.901        | 82.592     | 10.438          | 1.919          | 1.919           | —                  |
| 葡萄  | —                 | 4.797             | 0.096             | 4.892        | 69.666     | 19.452          | 4.176          | 4.114           | 0.062              |
| 木瓜  | —                 | 4.350             | —                 | 4.350        | 65.231     | 23.659          | 5.095          | 5.095           | —                  |
| 哈密瓜 | —                 | 0.707             | —                 | 0.707        | 89.825     | 0.633           | 0.195          | 0.195           | —                  |
| 椰子  | —                 | 0.646             | —                 | 0.646        | 80.219     | 14.978          | 3.000          | 3.000           | —                  |

### 2.3 不同类型/地区奶精中脂肪酸组成

不同地区的奶精,各种脂肪酸含量也不尽相同,结果见表2。总体还是以SFA为主(26%~86%)、MUFA次之(9%~31%)、PUFA最少(2%以下),几乎全部以 $n-6$  PUFA形式存在。这些奶精中TFA含量都普遍偏高,最少约5%,最高超过40%,且主要是以反式 $C_{18:1}$ 脂肪酸为主(98%左右),同时存在少量反式 $C_{18:2}$ 脂肪酸(2%左右),其中在广西贵港市生产的奶精中还检测到微量反式 $C_{16:1}$ 脂肪酸(0.09%)。

### 2.4 不同口味果粉中的脂肪酸组成

表3中的20种果粉都含有较高含量的SFA(24%~90%)与MUFA(0.6%~33%)脂肪酸,少量 $n-6$ (5%以下)与 $n-3$ (3.8%以下)的PUFA。但是不同种类果粉TFA含量相差明显,其中香蕉与草莓型果粉最高,达40%,哈密瓜与椰子型果粉最低,不到1%,主要是以反式 $C_{18:1}$ 脂肪酸为主(97%以上),同时存在少量反式 $C_{18:2}$ 脂肪酸(3%以下)。此外,比较香芋、巧克力、草莓、咖啡这4种口味果粉,其中草莓口味中TFA含量最高,接近41%,其次是香芋与巧克力口味,约达32%,咖啡口味仅达5%。

### 2.5 奶茶及其原料组成中的反式脂肪酸含量

一杯300mL的奶茶,其TFA量一般为0.5~3g左右,其中D奶茶相对较高,约2.7g, E奶茶约0.9g, A、B奶茶约0.6g, C奶茶约0.4g。F、G袋装奶茶TFA含量较低,一般在0.1g以下,如F不同口味奶茶约0.01~0.05g, G不同口味奶茶小于0.03g。H不同口味奶茶中TFA含量较高,为0.2~0.9g/袋,其中原味和巧克力味中TFA含量最低(约0.2g/袋)。奶精中TFA含量普遍较高,最高可达8.6g/100g;不同口味果粉中TFA含量各异,荔枝口味中TFA含量最高,达2.2g/100g,其次是巧克力、草莓、香蕉、蓝莓、青苹果、玫瑰、鲜橙、薰衣草、西瓜、菠萝口味在1~2g/100g之间。

## 3 讨论

### 3.1 街头奶茶中的反式脂肪酸含量普遍偏高

通过抽查,发现街头奶茶含TFA较多,很可能是因为大量使用了含TFA的奶精(即氢化植物油)代替鲜奶。目前市场上流通的奶精大都是由大量氢化油混合制成的。氢化植物油常温下呈固态或半固态,可增加食物的口感和风味<sup>[9]</sup>。氢化能有效的提高油脂熔点、改变塑性、增强抗氧化能力和稳定性,并能防止回味<sup>[10]</sup>。氢化植物油及其制品中TFA占总脂肪酸组成的60%左右<sup>[11]</sup>,最典型的代表就是人造奶油,其中TFA的含量可达50%,主要为反式十八碳一烯酸( $t-C_{18:1}$ ),也有一定的反式十八碳二烯酸( $t,t-C_{18:2}$ )<sup>[12-15]</sup>。报道<sup>[16]</sup>显示,氢化植物油中反式脂肪酸含量为14.2%~34.3%。Cantwell等<sup>[17]</sup>

发现涂抹黄油、饼干、牛乳、蛋糕为膳食TFA的主要来源,分别占总量的35%、13%、10%、8%。

### 3.2 超市奶茶粉中的反式脂肪酸相对较低

超市中独立包装的奶茶粉包中,如F、G、H等品牌,TFA含量要明显低于街头奶茶,这可能归因于生产厂家所用原料更加优良且有固定、统一的标准化生产模式。3种品牌间TFA含量存在显著性差异,这可能是由于各厂家对产品生产过程中的控制要求不一样。此外相同品牌不同口味奶茶之间,TFA含量也存在差异,这可能是由于所添加的果粉含量不同,以及各类果粉也含不同比率的TFA等原因。市面上的果粉一般都是由香精香料、色素、氢化油等混合而成,也含有一部分的TFA。

### 3.3 奶茶中的反式十八碳一烯酸较多

奶茶中的TFA主要来源于奶精及果粉,大都以 $C_{18}$ 为主,其中一烯反式含量最多,二烯较少, $C_{16}$ 的反式甚微。这与先前文献报道的油脂在氢化加工中形成的双键位置、空间构型不同的TFA异构体主要以反式 $C_{18:1}$ 脂肪酸为主,且双键位置主要分布在 $\Delta 4 \sim \Delta 16$ 之间,并以反 $C_{18:1} \Delta 9$ (反油酸)、反 $C_{18:1} \Delta 10$ 和反 $C_{18:1} \Delta 11$ 等3种形式为主<sup>[18]</sup>相一致。

### 3.4 奶茶中饱和脂肪酸含量普遍较高

D奶茶(36%)与H奶茶(10%~22%)中TFA相对含量明显较高,但其SFA含量(27%、53%~68%)相对较低,说明D奶茶与H奶茶中主要添加的是部分氢化植物油。A、B、C、E、F、G奶茶中TFA相对含量相对较低,但SFA相对含量( $\geq 50\%$ )较高,说明这些奶茶中主要添加的是完全或高度氢化植物油。其中G奶茶中含较高的 $C_{16:0}$ 脂肪酸(45%~50%), $C_{18:0}$ 脂肪酸较少(5%~6%),说明G奶茶主要添加的是饱和的氢化棕榈油。

## 参考文献:

- [1] STENDER S, DYERBERG J. Influence of trans-fatty acids on health[J]. Ann Nutr Metab, 2004, 48(2): 61-66.
- [2] OH K, HU F B, MANSON J E, et al. Dietary fat intake and risk of coronary heart disease in women: 20 years of follow-up of the nurses health study[J]. Am J Epidemiol, 2005, 161(7): 672-679.
- [3] 佟志刚. 反式脂肪酸与心血管相关疾病关系的研究现状[J]. 实用临床医学, 2010, 11(6): 131-133.
- [4] 张坚, 王春荣, 高俊全, 等. 我国居民膳食脂肪摄入量的研究[J]. 营养学报, 2004, 26(3): 167-171.
- [5] 邓泽元, 刘蓉, 刘东敏, 等. 中国居民膳食中原料食物的各种反式脂肪酸的调研[J]. 中国食品学报, 2010, 10(4): 38-47.
- [6] 范亚苇, 邓泽元, 李静. 气相色谱法测定乳制品中共轭亚油酸的含量[J]. 食品科学, 2005, 26(11): 176-179.
- [7] 邓泽元, 范亚苇. 不同饲养类型鸡蛋中脂类的含量测定[J]. 食品科学, 2004, 25(9): 140-144.
- [8] CRUZ-HERNANDEZ C, DENG Zeyuan, ZHOU Jianqiang, et al.

- Methods for analysis of conjugated linoleic acids and *trans*-18:1 isomers in dairy fats by using a combination of gas chromatography, silver-ion thin-layer chromatography/gas chromatography, and silver-ion liquid chromatography[J]. J AOAC Int, 2004, 87(2): 545-562.
- [9] 谢明勇, 谢建华, 杨美艳, 等. 反式脂肪酸研究进展[J]. 中国食品学报, 2010, 10(4): 14-26.
- [10] 刘小如, 邓泽元, 李静. 氢化植物油中的反式脂肪酸及其对妊娠哺乳期母婴的影响[J]. 中国乳品工业, 2007, 35(12): 29-34.
- [11] WAHLE K W J, JAMES W P T. Isomeric fatty acids and human health [J]. Eur J Clin Nutr, 1993, 47(12): 828-839.
- [12] CHOBANIAN A V, BAKRIS G L, BLACK H R, et al. The seventh report of the joint national committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: the JNC 7 report[J]. J AMA, 2003, 289(7): 2560-2571.
- [13] Guidelines Committee. 2003 European society of hypertension-European society of cardiology guidelines for the management of arterial hypertension[J]. Hypertension, 2003, 21(4): 1011-1053.
- [14] ANDERSON K M, CASTELLI W P, LEVY D. Cholesterol and mortality. 30 years of follow-up from the Framingham study[J]. JAMA, 1987, 257(14): 2176-2180.
- [15] HJERMANN I, HELGELAND A, HOLME I, et al. The association between blood pressure and serum cholesterol in healthy men: the Oslo study[J]. J Epidemiol Community Health, 1978, 32(2): 117-123.
- [16] 田秀红. 食用油脂的营养及安全性分析[J]. 食品科学, 2007, 28(9): 613-616.
- [17] CANTWELL M M, FLYNN M A T, CRONIN D. Contribution of food to trans unsaturated fatty acid intake in a group of Irish adults[J]. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 2005, 18(5): 377-385.
- [18] BHANGER M L, ANWER F. Fatty Acid Composition and contents of trans unsaturated FA in hydrogenated vegetable oils and blended fats from Pakistan[J]. Am Oil Chem Soc, 2004, 81(2): 129-134.

**《食品科技》杂志社**

中文核心期刊



全年12期 25元/1期  
邮发代号: 2-681

订阅电话:

**67913893**  
**83557685**

Http://WWW.e-foodtech.net  
E-mail: shipinkj@vip.163.com  
邮编: 100053  
地址: 北京市宣武区广安门内大街316号京粮大厦522室