

## 风险评估

## 上海市15岁及以上居民膳食反式脂肪酸摄入量及其风险评估

杨京津,蔡华,罗宝章,宋夏,徐碧瑶,秦璐昕,邱丹萍,刘弘  
(上海市疾病预防控制中心,上海 200336)

**摘要:**目的 了解上海市常见市售食品中反式脂肪酸(TFAs)含量,评估上海15岁及以上居民膳食TFAs的摄入水平及其潜在健康风险。方法 在本市超市、农贸市场、餐饮店等采样点采集11大类664份食品样品,采用《食品安全国家标准 食品中反式脂肪酸的测定》(GB 5009.257—2016)检测TFAs含量。结合“2013年上海市居民膳食与健康状况监测”消费量数据,采用简单分布模型(确定性评估)方法,计算每个个体每日TFAs摄入量及其供能比。结果 在各类食品中,植物油中TFAs平均含量最高,达0.7 g/100 g,乳及乳制品中TFAs平均含量次之,为0.67 g/100 g,牛羊肉及其制品中的TFAs平均含量也较高,为0.51 g/100 g。上海市15岁及以上人群TFAs平均摄入量为0.34 g/d,平均供能比为0.18%,远低于WHO的建议水平(1%)。从个体TFAs供能比在人群中的分布来看,大部分居民供能比在0.1%~0.3%范围内,最大值为0.68%。从不同类食品对TFAs摄入的贡献率来看,加工食品占总摄入水平的75.16%,其中植物油贡献率最高,约占51.58%。结论 植物油是上海市15岁及以上居民膳食TFAs的最主要来源;上海市15岁及以上人群膳食摄入TFAs的健康风险很低。

**关键词:**反式脂肪酸;风险评估;膳食摄入量;市售食品

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)10-1491-08

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.10.013

**Dietary intake of trans fatty acids and its risk assessment in Shanghai residents aged 15 years and older**

YANG Jingjin, CAI Hua, LUO Baozhang, SONG Xia, XU Biyao, QIN Luxin, QIU Danping, LIU Hong  
(Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

**Abstract: Objective** The aim of this study was to determine the content of trans fatty acids (TFAs) in common foods sold in Shanghai and the consumption of these foods, and to assess the dietary intake of TFAs and its potential health risks among residents aged 15 years and older in Shanghai. **Methods** Six hundred and sixty-four food samples from 11 categories were collected from supermarkets, farmers' markets, restaurants, and other sampling sites in Shanghai. The TFA content was determined using the standard method GB 5009.257—2016. Combined with food consumption data from the “2013 Shanghai Diet and Health Survey”, the daily TFA intake and energy supply ratio of each individual were calculated using a simple distribution model (deterministic assessment). **Results** The average TFA content was highest in vegetable oil (0.7 g/100 g), followed by milk and dairy products (0.67 g/100 g). The average TFA contents of beef, mutton, and their products were also high (0.51 g/100 g). The average TFA intake was 0.34 g/d, and the average energy supply ratio was 0.18%, which is well below the ratio recommended by the World Health Organization (1%). The TFA energy supply ratio of most residents was in the range of 0.1%–0.3%, with a maximum value of 0.69%. Processed foods accounted for 75.16% of the total intake, with vegetable oil contributing the most at 51.58%. **Conclusion** Vegetable oil is the main source of dietary TFAs for residents aged 15 years and older in Shanghai. The health risks of dietary TFA intake in the population aged over 15 years in Shanghai are very low.

**Key words:** Trans fatty acids; risk assessment; dietary intake; market food

反式脂肪酸(Trans fatty acids, TFA)是至少含有 2 个碳原子结合的 2 个氢原子分别在碳链的两侧, 1 个反式非共轭双键结构不饱和脂肪酸(与双键上 空间构象呈线性)的总称。TFA 主要有两大类来

收稿日期:2022-06-13

基金项目:上海市公共卫生三年行动计划优秀青年人才项目(GWV-10.2-YQ21)

作者简介:杨京津 女 主管医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:yangjingjin@scdc.sh.cn

通信作者:刘弘 男 主任医师 研究方向为食品安全风险监测与评估 E-mail:liuhong@scdc.sh.cn

源:工业生产的 TFA (Industrially produced TFAs, i-TFAs) 和天然产生的 TFA (Ruminant TFAs, r-TFAs)。植物油的部分氢化是 i-TFAs 的主要来源,且多见于人造黄油(奶油)、起酥油、焙烤食品以及一些常见的加工和冷冻食品、油炸食品<sup>[1]</sup>。此外,植物油的精炼脱臭以及高温反复煎炸都会产生 i-TFA,反刍动物及其制品含有少量的 r-TFAs。

在 TFA 与疾病风险的关联研究中,大多数研究是针对来源于部分氢化植物油的 i-TFA。目前已有充足证据表明,TFA 摄入与冠心病风险有关<sup>[2-3]</sup>。一项针对前瞻性观察性研究的 Meta 分析表明,过量摄入 TFA 与冠心病发生及死亡风险、全因死亡风险增加显著相关<sup>[4]</sup>。2010 年的一个全球疾病负担研究表明,全球每年约有 53 万人因摄入过量 TFA (超过总热量的 0.5%) 而死于冠心病<sup>[5]</sup>。TFA 与糖尿病、癌症、痴呆、阿尔茨海默病等其他疾病风险之间的关系尚需进一步研究确证<sup>[6]</sup>。天然来源 r-TFA 健康效应方面的证据,目前尚不充分。

由于 TFA 的健康风险,许多国家纷纷出台相关规定对 TFA 的摄入量进行限制。世界卫生组织 (World Health Organization, WHO) 建议,每天来自 TFA 的热量不超过食物总热量的 1% (大致相当于 2 克)<sup>[7]</sup>。2018 年 5 月 14 日,WHO 发布名为“REPLACE”的行动指导方案,计划在 2023 年之前彻底清除全球食品供应链中使用的人造 TFA<sup>[8]</sup>。到 2018 年底,已有 23 个国家法定限制工业生产的反式脂肪或禁用部分氢化油<sup>[8]</sup>。

我国也相继在《食品安全国家标准 婴儿配方食品》(GB 10765—2010)、《食品安全国家标准 预包装食品营养标签通则》(GB 28050—2011) 等标准中对 TFA 进行了规定。

虽然国家食品安全风险评估中心对北京、广州等地居民 TFA 膳食摄入的评估结果显示,两城市居民的 TFA 摄入供能比仅为 0.3%<sup>[9]</sup>,但考虑到上海作为国际化大都市,膳食的西方化趋势明显,城市中消费 TFA 含量较高食物的人群增加,尚缺乏上海市居民膳食中 TFA 摄入量的相关数据。因此,有必要对上海市常见市售食品中 TFA 含量进行分析,结合上海市居民膳食消费量数据,以了解上海市居民 TFA 摄入的现状,并评估居民膳食 TFA 摄入的人群健康风险,也为对食品中 TFA 进行进一步的监管提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

综合考虑各区人口数、地域面积、食品生产和

消费情况等因素,采样区域覆盖城市中心地区、城郊接合区和远郊地区,本研究在本市大、中型超市、农贸市场(包含批发、集贸市场)、餐饮店以及现场制售食品摊点等采样点采集样品。采集焙烤食品、乳及乳制品、牛羊肉及其制品、油炸食品、植物油、巧克力及糖果、饮料、冷冻饮品、调味品、膨化食品、快餐及方便食品等共计 11 大类食品,664 份样品。采样时,同种类食品按照销量大小,优先选择销量高的食品品牌。样品采集的基本原则按照《食品卫生检验方法 理化部分 总则》(GB/T 5009.1—2003) 执行。

### 1.2 TFA 检测

所有食品的检测方法采用《食品安全国家标准 食品中反式脂肪酸的测定》(GB 5009.257—2016) 进行 TFA 含量检测。规定检测的主要 TFA 种类共有 16 种,包括反-6-十八碳烯酸甲酯(6t18:1)、反-9-十六碳一烯酸(9t16:1)、反-9-十八碳一烯酸(9t18:1)、反-11-十八碳一烯酸(11t18:1)、反-11-二十碳烯酸甲酯(11t20:1)、反-13-二十二碳烯酸甲酯(13t22:1)、反-9,反-12-十八碳二烯酸(9t12t18:2)、顺-9,反-12-十八碳二烯酸(9c12t18:2)、反-9,顺-12-十八碳二烯酸(9t12c18:2)、反-9,12,15-十八碳三烯酸(9t12t15t18:3)、反-9,反-12,顺-15-十八碳三烯酸(9t12t15c18:3)、反-9,顺-12,反-15-十八碳三烯酸(9t12c15t18:3)、反-9,顺-12,顺-15-十八碳三烯酸(9t12c15c18:3)、顺-9,反-12,反-15-十八碳三烯酸(9c12t15t18:3)、顺-9,反-12,顺-15-十八碳三烯酸(9c12t15c18:3)、顺-9,顺-12,反-15-十八碳三烯酸(9c12c15t18:3),TFA 总量及其各异构体的含量以 g/100 g 为单位。当检测值低于检出限 (Limit of detection, LOD) 时,本研究考虑到 WHO“食品中低水平污染物可信评价”原则<sup>[10]</sup>,并参考《中国居民反式脂肪酸膳食摄入水平及其风险评估》的数据处理原则<sup>[9]</sup>,由于食品中 TFA 含量的 LOD 非常低,以 1/2LOD 或 0 代替未检出值的差异很小,为方便计算,本次研究中未检出值按 0 计算。反-9,反-12,顺-15-十八碳三烯酸(9t12t15c18:3) 和反-9,顺-12,反-15-十八碳三烯酸(9t12c15t18:3) 两种异构体为同一个峰,色谱难以将其分开,我们将这两种异构体的总量作为一项指标在表格中列出。

### 1.3 食物消费量数据

本次评估采用的食物消费量数据来自“2013 年上海市居民膳食与健康状况监测”的食物频率表部分,本研究使用 15 岁及以上人群组数据。“2013 年上海市居民膳食与健康状况监测”分 4 个阶段抽样,第 1 阶段利用比例概率抽样法 (Probability

proportional to size, PPS), 在上海市所有街道中抽取 54 个乡镇/街道; 第 2 阶段采用 PPS 抽样法, 从抽中的乡镇/街道中各抽取 3 个居委会/行政村; 第 3 阶段采用简单随机抽样法, 从抽中的居委会/行政村中各抽取 1 个居民小组(含不少于 50 个家庭户); 第 4 阶段采用简单随机抽样法, 从抽中居民小组 15 岁及以上人群中, 抽取 12 人。其中, 15~44 岁、45~59 岁、60 岁及以上年龄组, 每组抽取 2 名男性、2 名女性。抽样后实际监测人数约 1 944 人, 最后获有效问卷 1 700 份。其中含 TFA 的食物种类主要包括植物油、焙烤食品(饼干、蛋糕、面包等)、乳及乳制品(奶酪、奶粉、发酵乳、液态乳、奶油、黄油等)、牛羊肉及其制品(牛肉、羊肉、熟制牛肉、熟制羊肉)、油炸食品(油条和油饼、油炸小食品、其他油炸面食)、膨化食品、巧克力、咖啡、冰淇淋、快餐及方便食品(方便面)等。

#### 1.4 膳食暴露评估方法

评估时采用简单分布模型(确定性评估), 计算每个个体每日 TFA 的摄入水平(每天摄入 TFA 的克数), 并利用 TFA 的能量折算系数(9 kcal/g)和个体的膳食摄入总能量, 计算 TFA 的供能比。

TFA 摄入量的计算公式为:  $DI = \sum_{i=1}^n (F_i \times C_i / 100)$

其中: DI 为某个体每日的 TFA 摄入量, g/d;  $F_i$  为某个体第  $i$  种食物的消费量, g/d;  $C_i$  为第  $i$  种食物中 TFA 的平均含量, g/100 g。

TFA 供能比的计算公式为:  $E\% = \frac{DI \times 9}{DE} \times 100$

其中: E% 为某个体每日的 TFA 供能比(%), DI 为某个体每日的 TFA 摄入量, 单位为 g/d; DE 为某个体摄入的膳食总能量, 通过食物频率表中各类食物的摄入量与该类食物的能量乘积相加所得, 结合国家食物成分库中每种食物的能量, 某类食物的能量由 3 d 24 h 膳食调查中该类食物排名前 10 的食物品种的能量经消费量调整获得, 单位为 kcal; 9 是 TFA 能量折算系数, 单位为 kcal/g。

评估 TFA 摄入的潜在风险时, 以 WHO 建议的 TFA 供能比 <1% 为衡量标准。

#### 1.5 统计学分析

以均值和百分位数描述各类食品中 TFA 的含量、分布; 采用 SPSS 22.0 软件对膳食消费量数据及 TFA 摄入量和供能比数据进行统计分析。

## 2 结果

### 2.1 食品中 TFA 的含量分析

本研究共检测了 11 大类 664 件食品中 TFA 的

含量, 见表 1。其中, 植物油中 TFA 平均含量最高, 达 0.7 g/100 g, 乳及乳制品中 TFA 平均含量次之, 为 0.67 g/100 g, 牛羊肉及其制品中的 TFA 平均含量也较高, 为 0.51 g/100 g。焙烤食品、巧克力及糖果、冷冻饮品、膨化食品、快餐及方便食品中 TFA 平均含量在 0.1~0.2 g/100 g 之间, 饮品、调味品中 TFA 平均含量较低, 均低于 0.1 g/100 g。

表 1 各类食品中 TFA 含量

Table 1 TFA content of various foods

食品种类	样本量	TFA 含量/(g/100 g)		
		均值	中位数	最大值
焙烤食品	105	0.20	0.09	1.19
饼干	40	0.19	0.07	1.19
糕点	40	0.20	0.12	1.06
面包	25	0.21	0.12	0.79
乳及乳制品	60	0.67	0.25	4.90
奶酪	10	0.37	0.33	0.61
奶粉	10	0.51	0.50	0.91
发酵乳	10	0.04	0.04	0.06
液态乳	10	0.06	0.06	0.07
奶油黄油	20	1.53	1.24	4.90
牛羊肉及其制品	40	0.51	0.15	2.85
牛肉	10	0.18	0.07	0.98
熟制牛肉	10	0.08	0.06	0.24
羊肉	10	0.53	0.20	2.85
熟制羊肉	10	1.25	1.23	2.48
油炸食品	70	0.14	0.00	8.29
油炸小食品	23	0.00	0.00	0.01
油条油饼	10	0.00	0.00	0.01
其他油炸面食	37	0.26	0.00	8.29
植物油	55	0.70	0.58	2.45
巧克力及糖果	40	0.12	0.09	0.29
巧克力	20	0.10	0.08	0.29
糖果	20	0.14	0.14	0.29
饮品	120	0.05	0.02	0.97
速溶咖啡	20	0.03	0.02	0.11
速溶奶茶	20	0.04	0.03	0.21
现制咖啡	21	0.02	0.01	0.14
现制奶茶	19	0.00	0.00	0.05
甜品 <sup>(1)</sup>	40	0.11	0.04	0.97
冷冻饮品	20	0.20	0.18	0.46
调味品	50	0.05	0.01	0.75
固体汤料	10	0.04	0.02	0.18
辣油辣酱	12	0.04	0.02	0.15
调味酱	28	0.07	0.01	0.75
膨化食品	40	0.15	0.14	0.30
快餐及方便食品	64	0.11	0.07	0.57
披萨、汉堡、三明治	31	0.14	0.12	0.57
方便面/粉/自热锅	23	0.08	0.05	0.35
速冻食品	10	0.04	0.02	0.22

注: 本研究中甜品样品主要包括荔枝甘露、西米露等饮品

### 2.2 食品中 TFA 的组成分析

对各类食品中 TFA 异构体进行分析, 结果见表 2。天然来源的 TFA 以 C18:1 11t 为主, 此外还含有一定的 C16:1 9t、C18:1 6t、C18:1 9t, 以及少量的 trans C18:2 和 trans C18:3, 几乎不含 C20:1 11t、C22:1 13t。各类加工食品中均未检出 C22:1 13t,

其余各类 TFA 异构体均有检出,但 TFA 异构体的分布并不一样。其中,焙烤食品、油炸食品、冷冻饮品、调味品、快餐及方便食品中的 TFA 分别以 C18:1 11t、C18:3 9t、12t、15t、C18:1 9t、C18:1 9t、C16:1

9t 为主;植物油中 C18:2 9t、12C、C18:3 9t、12C、15t+C18:3 9t、12t、15C 含量较多;巧克力及糖果和饮料中主要 TFA 为 C18:1 11t、C18:1 9t;膨化食品中 trans C18:2 和 C18:3 9t、12t、15t 含量较多。

表2 各类食品中16种TFA异构体构成百分比(%)

Table 2 Composition ratios of 16 TFA isomers in various foods (%)

TFA 异构体	食品种类										
	乳及乳制品	牛羊肉及其制品	焙烤食品	油炸食品	植物油	巧克力及糖果	饮料	冷冻饮品	调味品	膨化食品	快餐及方便食品
C16:1 9t	14.32	0.00	13.23	0.00	0.00	5.08	5.77	6.35	0.00	4.25	74.51
C18:1 11t	62.22	94.23	50.79	0.73	0.43	20.34	42.31	11.56	0.00	4.24	0.00
C18:1 6t	9.77	0.00	0.00	22.63	0.00	8.47	7.69	11.27	3.70	0.00	7.84
C18:1 9t	3.93	0.00	2.65	0.00	0.00	27.97	26.92	46.80	55.56	8.09	0.00
C18:2 9C,12t	5.18	2.04	10.58	0.00	8.63	5.93	5.77	7.05	11.11	17.76	12.75
C18:2 9t,12C	1.16	3.74	5.82	1.46	18.27	9.32	7.69	6.05	0.00	19.26	0.00
C18:2 9t,12t	0.00	0.00	0.53	2.19	0.00	5.08	3.85	3.51	29.63	10.53	4.90
C18:3 9C,12C,15t	1.50	0.00	4.76	0.00	10.79	0.00	0.00	0.00	0.00	4.99	0.00
C18:3 9C,12t,15C	0.09	0.00	1.59	3.65	5.32	5.93	0.00	3.60	0.00	3.77	0.00
C18:3 9C,12t,15t	0.00	0.00	4.76	0.00	10.79	0.00	0.00	0.05	0.00	6.64	0.00
C18:3 9t,12C,15C	1.81	0.00	1.59	0.00	5.32	7.63	0.00	2.57	0.00	1.24	0.00
C18:3 9t,12C,15t+											
C18:3 9t,12t,15C <sup>(1)</sup>	0.00	0.00	2.12	23.36	35.11	0.00	0.00	0.19	0.00	0.54	0.00
C18:3 9t,12t,15t	0.00	0.00	0.00	45.99	0.00	3.39	0.00	1.01	0.00	17.31	0.00
C20:1 11t	0.00	0.00	1.59	0.00	5.32	0.85	0.00	0.00	0.00	1.37	0.00
C22:1 13t	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:(1)由于 C18:3 9t,12C,15t 和 C18:3 9t,12t,15C 两种异构体在实验过程中无法完全分离,故合并计算总量

## 2.3 食品的消费量分析

### 2.3.1 人群分组

根据人群能量摄入量和食物消费模式,将 2013 年“上海市居民膳食与健康状况监测”的调查对象按年龄、性别、区域进行分组,各组人群信息见表 3。

表3 2013年上海市居民膳食与健康状况监测调查对象基本情况

Table 3 Basic information of respondents in 2013 Shanghai diet and health survey

分组	调查人数	人数比例/%
年龄/岁		
15~44	517	30.41
45~59	569	33.47
≥60	614	36.12
性别		
男	846	49.76
女	854	50.24
区域		
中心城区	838	49.29
城郊接合区	408	24.00
远郊地区	454	26.71

### 2.3.2 目标食物的平均消费量

本次研究中目标食物的消费量如表 4 所示。由于食物频率表中未涉及奶茶、糖果等的消费量调查,这些数据采用文献的数据进行估算。

## 2.4 TFA 摄入量及供能比

上海市居民 TFA 摄入量及供能比见表 5。15 岁及以上人群 TFA 平均摄入量为 0.34 g/d,平均供

能比为 0.18%,摄入量和供能比的第 97.5 百分位数值( $P_{97.5}$ )分别为 0.72 g/d 和 0.41%。不同年龄组及性别组人群 TFA 摄入量及供能比相近,而不同区域人群 TFA 摄入量及供能比有显著差异( $P < 0.05$ ),以中心城区居民 TFA 平均摄入量最高,远郊地区居民最低。大部分居民供能比在 0.1%~0.3% 范围内,最大值为 0.68%。15 岁及以上人群 TFA 供能比的人群分布见图 1。

## 2.5 不同类食品对 TFA 摄入的贡献率

本次评估中各类食品对上海市居民膳食 TFA 摄入的贡献率见表 6。加工食品是居民膳食 TFA 的主要来源,占总摄入水平的 75.16%,其中植物油是各类食品中对膳食 TFA 摄入贡献率最高的,约占 51.58%;面包的贡献率居第 2 位,占 7.85%。其他加工食品的贡献率均较低,如饼干、甜品等常见食品的贡献率分别为 4.17%、1.61%。天然来源 TFA 约占居民膳食 TFA 摄入水平的 24.84%,其中贡献率最大的是液态乳,为 10.95%,牛羊肉及其制品和发酵乳及其他乳制品等贡献率分别为 7.72%、6.17%。

## 2.6 不同国家近期反式脂肪摄入量及供能比

不同国家近期反式脂肪摄入量及供能比见图 2<sup>[13-27]</sup>,结果表明上海市 15 岁及以上居民膳食 TFA 摄入量及供能比均处于最低水平。由于不同国家进行评估的时间不同,评估所用的方法和数据

表 4 食物频率调查中目标食物的平均消费量(g/d)  
Table 4 Average consumption of target foods in food frequency questionnaire (g/d)

食物类别	样品名称	平均消费量
焙烤食品	饼干	6.75
	糕点	3.47
	面包	17.50
乳及乳制品	奶酪	0.51
	奶粉	1.13
	发酵乳	31.44
	液态乳	73.82
牛羊肉及其制品	奶油黄油	0.10 <sup>(1)</sup>
	牛肉	7.65
	熟制牛肉	1.71
	羊肉	1.81
油炸食品	熟制羊肉	0.77
	油炸小食品	1.21
	油条和油饼	4.85
植物油	其他油炸面食	0.81
	植物油	27.60
巧克力及糖果	巧克力	1.70
	糖果	0.20 <sup>(1)</sup>
饮料	奶茶	0.02 <sup>(1)</sup>
	咖啡	12.33
冷冻饮品	甜品	4.90 <sup>(2)</sup>
	冰淇淋	4.15
调味品	固体汤料	0.32 <sup>(3)</sup>
	辣油辣酱	1.22 <sup>(3)</sup>
膨化食品	调味酱	0.19
	膨化食品	0.68
快餐及方便食品	披萨、汉堡、三明治	5.30 <sup>(1)</sup>
	方便面	2.72
	速冻食品	19.90 <sup>(1)</sup>

注:数据(1)来自 2011 年“北京、广州两市 3 岁及以上人群含 TFA 食物消费状况典型调查”<sup>[11]</sup>;数据(2)来自“2012 年中国居民营养与健康状况监测”<sup>[12]</sup>;数据(3)来自 2011 年“广州市 3 岁及以上人群含 TFA 食物消费状况典型调查”<sup>[11]</sup>

表 5 各分组人群 TFA 摄入量(g/d)及供能比/%  
Table 5 Dietary TFA intake (g/d) and energy supply ratios of each group/%

分组	摄入量均值	供能比均值	摄入量 P97.5	供能比 P97.5
年龄				
15~44	0.34	0.17	0.73	0.39
45~59	0.34	0.18	0.71	0.40
60~	0.33	0.19	0.70	0.41
性别				
男	0.34	0.17	0.71	0.39
女	0.34	0.19	0.73	0.43
区域				
中心城区	0.40	0.21	0.79	0.44
城郊接合区	0.32	0.17	0.61	0.36
远郊地区	0.24	0.14	0.50	0.34
合计	0.34	0.18	0.72	0.41

来源各异,因此最终获得的 TFA 摄入水平存在一定的不确定性。

### 3 讨论

根据评估结果,上海市 15 岁及以上人群 TFA 平均摄入量为 0.34 g/d,平均供能比为 0.18%,远

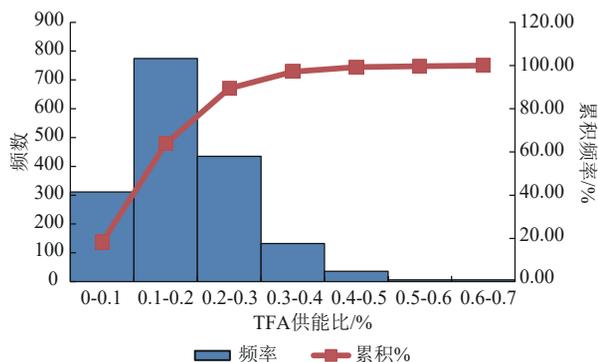


图 1 TFA 供能比的人群分布

Figure 1 Population distribution of TFA energy supply ratio

表 6 不同 TFA 来源的食物贡献率(按供能比计算,%)  
Table 6 Food contribution rate of different foods (calculated by energy supply ratio, %)

TFA 来源	样品名称	贡献率
加工食品	植物油	51.58
	面包	7.85
	饼干	4.17
	速冻食品	2.38
	披萨、汉堡、三明治	2.22
	糕点	1.68
	甜品	1.61
	冰淇淋	1.34
	其他 <sup>(1)</sup>	2.33
	小计	75.16
天然来源	液态乳	10.95
	牛羊肉及其制品	7.72
	发酵乳及其他乳制品	6.17
	小计	24.84

注:(1)其他类包括:油炸小食品、油条和油饼、其他油炸面食、巧克力、糖果、奶茶、咖啡、固体汤料、辣油辣酱、调味酱、膨化食品、方便面  
低于 WHO 的建议水平(1%),低于 2011 年国家开展的 TFA 风险评估结果中北京、广州两城市全人群 TFA 平均供能比(0.30%)<sup>[9]</sup>。各年龄组、性别组及区域组人群的 TFA 平均供能比均未超过 WHO 建议的上限值(1%)的一半。中心城区居民 TFA 平均供能比(0.21%)显著高于远郊地区居民(0.14%)。各年龄组、性别组、区域组 TFA 供能比的高端百分位数值(P97.5)为 0.39%~0.44%,亦未超过 WHO 建议的上限值(1%)。从个体 TFA 供能比在人群中的分布来看,大部分居民供能比在 0.1%~0.3% 范围内,最大值为 0.68%。从不同类食品对 TFA 摄入的贡献率来看,加工食品占总摄入水平的 75.16%,其中植物油贡献率最高,约占 51.58%,面包的贡献率居第 2 位,占 7.85%。综合以上,评估结果表明植物油是上海市 15 岁及以上居民膳食 TFA 的最主要来源;上海市 15 岁及以上人群膳食摄入 TFA 的健康风险很低。

本研究中油炸小食品和油条油饼的 TFA 含量均值分别为 3.9 mg/100 g 和 1.16 mg/100 g,与《中

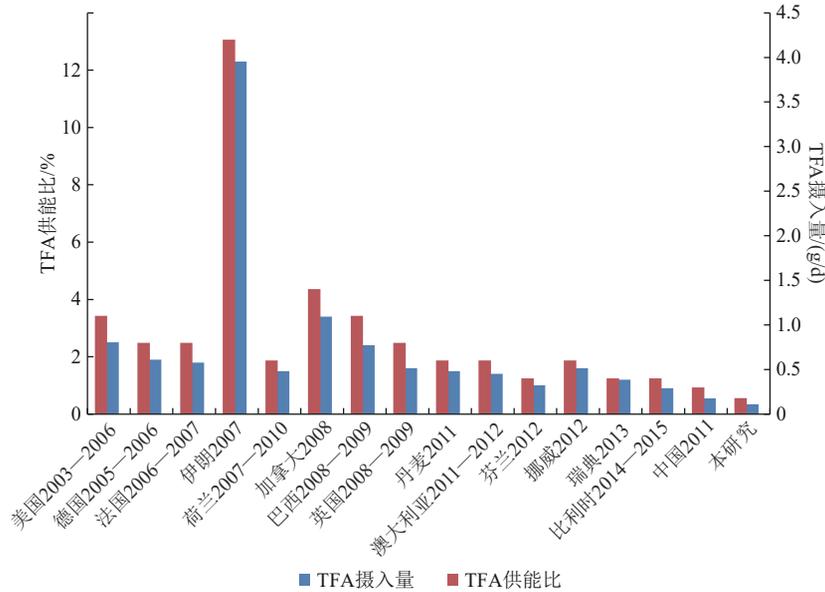


图2 不同国家膳食TFA摄入量及供能比

Figure 2 Dietary TFA intake and energy supply ratio in different countries

国居民反式脂肪酸膳食摄入水平及其风险评估》<sup>[9]</sup>报告中小吃类和油条油饼的TFAs含量均值(0.24 g/100 g和0.31 g/100 g)相比差异较大,但与郑艺等<sup>[28]</sup>对棕榈油油炸食品(油条、薯条和鸡块)中TFAs含量(4.36~6.01 mg/100 g)的研究结果接近。何天宇等<sup>[29]</sup>在连续无添加新油的油炸模拟体系中,测定不同油脂煎炸的面制品中TFA含量,发现TFA含量由大到小为氢化油>葵花籽油>大豆油>棕榈油,棕榈油油炸面制品中反式油酸及反式亚油酸含量在0.08~1.47 mg/100 g。本研究中油炸食品的TFA含量相较十年前<sup>[9]</sup>有较大幅度的下降,可能与近年来煎炸棕榈油的推广使用<sup>[30]</sup>以及油炸食品卫生和工艺的改善有关。

在这次研究的各类食品中,植物油的贡献率最高。谢岩黎等<sup>[31]</sup>的研究表明,决定通过摄入植物油途径的TFA日平均暴露量大小的主要因素为食用植物油中TFA含量,因此选用低TFA含量的植物油可降低植物油途径TFA日均暴露量。在本研究中,低TFA含量的植物油主要有茶籽油、橄榄油、葵花籽油等,调和油、菜籽油、大豆油等植物油TFA含量较高,与其他研究结果类似<sup>[32]</sup>。植物油的精炼过程中脱臭工艺是TFA产生的主要过程<sup>[33]</sup>。而目前我国对如何降低及去除植物油中TFA的实际应用研究较少,现有的各类TFA去除方法仍不够完善,需要加大对植物油中TFA去除方法的研究力度,完善现有方法并找出新方法,以降低植物油中TFA的含量<sup>[34]</sup>。

天然来源的TFA贡献率虽较高,但目前其与人类健康的关系仍有争议<sup>[4]</sup>,有报道称其是无害的甚

至是冠心病的保护因素<sup>[35-37]</sup>,这可能与TFA异构体的种类及含量有关<sup>[38]</sup>。本研究中天然来源的TFA异构体主要为C18:1 11t,该异构体对身体可能有保护效应,只有超高水平r-TFA摄入才会导致血脂的不良改变<sup>[39]</sup>。同时,我们亦应认识到牛奶、酸奶等食物的营养价值远大于其中微量r-TFA带来的健康风险。

本次评估采用2013年上海市居民膳食与健康状况监测的消费量数据,其中未涉及奶茶、糖果、甜品等的消费量调查,这些数据采用国家评估报告或文献中的数值进行估算,可能与上海市居民的实际消费情况有一定偏差;另外,由于食品分类较细,具体到每小类食品中样品量有限,检测结果不一定能完全代表该类食品类别的TFA平均含量;其次,本次评估未覆盖到一些TFA含量低的食物类别,假设其TFA含量为0,未纳入TFA摄入量,在一定程度上低估了TFA摄入水平;此外,本研究的消费量调查数据仅为15岁及以上人群,而TFA摄入贡献率相对较高的面包、饼干、汉堡等食品,可能在儿童青少年中消费比例更高,需要重点关注和评估。

目前,我国对于TFA的暴露评估和风险评估相对较少,相关食品中TFA含量及人群消费量数据也不够完善,本研究中的研究对象涵盖各种富含TFA的食品,尤其是近年来各类网红奶茶、甜品以及新兴方便食品等,开展相对全面的风险评估,为健康促进措施提供了有力的科学支撑。

#### 参考文献

- [1] LI C Y, COBB L K, VESPER H W, et al. Global surveillance of trans-fatty acids[J]. Preventing Chronic Disease, 2019, 16: E147.

- [ 2 ] MENTE A, DE KONING L, SHANNON H S, et al. A systematic review of the evidence supporting a causal link between dietary factors and coronary heart disease[J]. *Archives of Internal Medicine*, 2009, 169(7): 659-669.
- [ 3 ] SKEAFF C M, MILLER J. Dietary fat and coronary heart disease: Summary of evidence from prospective cohort and randomised controlled trials[J]. *Annals of Nutrition & Metabolism*, 2009, 55(1-3): 173-201.
- [ 4 ] de SOUZA R J, MENTE A, MAROLEANU A, et al. Intake of saturated and trans unsaturated fatty acids and risk of all cause mortality, cardiovascular disease, and type 2 diabetes: Systematic review and meta-analysis of observational studies[J]. *BMJ (Clinical Research Ed)*, 2015, 351: h3978.
- [ 5 ] WANG Q, AFSHIN A, YAKOUB M Y, et al. Impact of nonoptimal intakes of saturated, polyunsaturated, and trans fat on global burdens of coronary heart disease [J]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5(1): e002891.
- [ 6 ] GINTER E, SIMKO V. New data on harmful effects of trans-fatty acids[J]. *Bratislavské Lekárske Listy*, 2016, 117(5): 251-253.
- [ 7 ] World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation [R]. Geneva: WHO, 2003.
- [ 8 ] World Health Organization. WHO plan to eliminate industrially-produced trans-fatty acids from global food supply [EB/OL]. (2018-05-14) [2021-12-14]. <https://www.who.int/news/item/14-05-2018-who-plan-to-eliminate-industrially-produced-trans-fatty-acids-from-global-food-supply>.
- [ 9 ] 国家食品安全风险评估中心. 中国居民反式脂肪酸膳食摄入量及其风险评估 [EB/OL]. (2016-01-25) [2021-12-14]. <https://www.cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=57BDA291C511BD8EA59546A6CDFAE1F724055CDF525A9AE57E2948C42FB94F5C6423B2FC2E414C3>.  
China National Center for Food Safety Risk Assessment. Risk assessment of dietary trans fatty acids intake in Chinese population [EB/OL]. (2016-01-25) [2021-12-14]. <https://www.cfsa.net.cn/Article/News.aspx?id=57BDA291C511BD8EA59546A6CDFAE1F724055CDF525A9AE57E2948C42FFB94F5C6423B2FC2E414C3>.
- [ 10 ] Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants [J]. WHO Offset Publication, 1985(87): 1-102.
- [ 11 ] 纪桂元, 李建文, 何洁仪, 等. 广州市居民含反式脂肪酸食物消费状况调查[J]. *华南预防医学*, 2013, 39(6): 46-50.  
JI G Y, LI J W, HE J Y, et al. Consumption status of main trans fatty acid-containing food for residents in Guangzhou City. *South China Journal of Preventive Medicine*, 2013, 39(6): 46-50.
- [ 12 ] 张宇凤. 2002-2012年中国居民零食消费状况及影响因素 [D]. 北京: 中国疾病预防控制中心, 2017.  
Zhang Y F. Snack consumption and influencing factors of Chinese residents from 2002 to 2012 [D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2017.
- [ 13 ] Australian Bureau of Statistics. Australian health survey: Nutrition first results—foods and nutrients, 2011-12 [EB/OL] (2014-05-09) [2021-12-14]. <https://www.abs.gov.au/statistics/health/health-conditions-and-risks/australian-health-survey-nutrition-first-results-foods-and-nutrients/latest-release>.
- [ 14 ] SARAH BEL, KARIN A DE RIDDER, THÉRÉSA LEBACQ, et al. Rapport 3: Lichaamsbeweging en sedentair gedrag. In: Voedselconsumptiepeiling 2014-2015 (Belgium) [EB/OL]. (2016-4) [2021-12-14]. [https://www.researchgate.net/publication/301296706\\_Rapport\\_3\\_Lichaamsbeweging\\_en\\_sedentair\\_gedrag\\_In\\_Voedselconsumptiepeiling\\_2014-2015\\_Belgium](https://www.researchgate.net/publication/301296706_Rapport_3_Lichaamsbeweging_en_sedentair_gedrag_In_Voedselconsumptiepeiling_2014-2015_Belgium).
- [ 15 ] PEREIRA R A, DUFFEY K J, SICHIERI R, et al. Sources of excessive saturated fat, trans fat and sugar consumption in Brazil: An analysis of the first Brazilian nationwide individual dietary survey [J]. *Public Health Nutrition*, 2014, 17(1): 113-121.
- [ 16 ] SOUZA R A G, YOKOO E M, SICHIERI R, et al. Energy and macronutrient intakes in Brazil: Results of the first nationwide individual dietary survey [J]. *Public Health Nutrition*, 2015, 18(17): 3086-3095.
- [ 17 ] RATNAYAKE W M N, L'ABBE M R, FARNWORTH S, et al. Trans fatty acids: Current contents in Canadian foods and estimated intake levels for the Canadian population [J]. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 2019, 92(5): 1258-1276.
- [ 18 ] DTU Food. Dietary habits in denmark 2011 - 2013: Main results [OL]. (2015-2) [2023-11-30]. [https://www.food.dtu.dk/english/-/media/institutter/foedevareinstituttet/publikationer/pub-2015/rapport\\_danskernes-kostvaner-2011-2013.pdf?la=da&hash=9F789A52C0C588803E2E4F7EA27930D2A7A1DF07](https://www.food.dtu.dk/english/-/media/institutter/foedevareinstituttet/publikationer/pub-2015/rapport_danskernes-kostvaner-2011-2013.pdf?la=da&hash=9F789A52C0C588803E2E4F7EA27930D2A7A1DF07).
- [ 19 ] HELLDÁN A; RAULIO S; KOSOLA M, et al. Finravinto 2012 - tutkimus: The National FINDIET 2012 Survey [OL]. (Raportti 16/2013) [2021-12-14]. <https://www.julkari.fi/handle/10024/110839>.
- [ 20 ] Agence Francaise de Securite Sanitaire des Aliments. Avis de l'Agence francaise de securite sanitaire des aliments sur l'estimation des apports en acides gras trans de la population francaise [OL]. (2009-02-20) [2021-12-14]. <https://www.lefigaro.fr/assets/pdf/anses.pdf>.
- [ 21 ] Bundesinstitut für Risikobewertung. Höhe der derzeitigen trans-Fettsäureaufnahme in Deutschland ist gesundheitlich unbedenklich [OL]. (2013) [2023-11-30]. <https://mobil.bfr.bund.de/cm/343/hoehe-der-derzeitigen-trans-fettsaeureaufnahme-in-deutschland-ist-gesundheitlich-unbedenklich.pdf>.
- [ 22 ] MOZAFFARIAN D, ABDOLLAHI M, CAMPOS H, et al. Consumption of trans fats and estimated effects on coronary heart disease in Iran [J]. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2007, 61(8): 1004-1010.
- [ 23 ] Norwegian Directorate of Health. Utviklingen i Norsk Kosthold 2015 [OL]. (2015-11) [2021-12-14]. [https://www.researchgate.net/publication/301613565\\_Utviklingen\\_i\\_norsk\\_kosthold\\_2015\\_IS-2382\\_Trends\\_in\\_the\\_Norwegian\\_diet\\_2015](https://www.researchgate.net/publication/301613565_Utviklingen_i_norsk_kosthold_2015_IS-2382_Trends_in_the_Norwegian_diet_2015).
- [ 24 ] VAN ROSSUM C T M, FRANSEN H P, VERKAIK-KLOOSTERMAN J, et al. Dutch national food consumption survey 2007—2010 [OL]. (2011) [2023-11-30]. <https://www.semanticscholar.org/paper/Dutch-National-Food-Consumption-Survey-2007-2010-%3A-Ctm-Hp/87d45bd61db3f90d41f257f52c06538ce90c5cb2>.
- [ 25 ] POT G K, PRYNNE C J, ROBERTS C, et al. National diet and nutrition survey: Fat and fatty acid intake from the first year of

- the rolling programme and comparison with previous surveys[J]. *The British Journal of Nutrition*, 2012, 107(3): 405-415.
- [26] Food and Drug Administration, HHS. Food labeling: Trans fatty acids in nutrition labeling, nutrient content claims, and health claims. Final rule[J]. *Federal Register*, 2003, 68(133): 41433-41506.
- [27] DOELL D, FOLMER D, LEE H, et al. Updated estimate of trans fat intake by the US population [J]. *Food Additives & Contaminants Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 2012, 29(6): 861-874.
- [28] 郑艺, 何亚红, 何计国. 油脂对油炸食品中反式脂肪酸含量的影响. *食品科学*, 2020, 41(6): 58-63.  
ZHENG Y, HE Y H, HE J G. Effect of different oils on trans fatty acid contents in deep-fried foods[J]. *Food Science*, 2020, 41(6): 58-63.
- [29] 何天宇, 刘春英, 康丹, 等. 不同植物油油炸面制品中反式脂肪酸含量的研究[J]. *中国食品卫生杂志*, 2017, 29(2): 149-154.  
HE T Y, LIU C Y, KANG D, et al. Research on trans fatty acid content in different kinds of vegetable oil fried flour products[J]. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 2017, 29(2): 149-154.
- [30] 徐宝环. 煎炸用油和油炸食品的安全问题及对策[J]. *农业与技术*, 2016, 36(16): 241.  
XU B H. Safety problems and countermeasures of frying oil and fried food. *Agriculture and Technology*, 2016, 36(16): 241.
- [31] 谢岩黎, 严瑞东, 王芬, 等. 食用植物油中反式脂肪酸的暴露评估[J]. *食品科技*, 2012, 37(1): 169-171.  
XIE Y L, YAN R D, WANG F, et al. Exposure assessment of the content of trans fatty acids of vegetable oils[J]. *Food Science and Technology*, 2012, 37(1): 169-171.
- [32] 罗霞, 伍剑, 陈杰, 等. 德阳市市售植物油中反式脂肪酸含量调查[J]. *现代预防医学*, 2021, 48(6): 1003-1006.  
LUO X, WU J, CHEN J, et al. Investigation of the trans fatty acids contents in vegetable oils sold in Deyang[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2021, 48(6): 1003-1006.
- [33] 李书国, 王丽然. 油脂加工减控反式脂肪酸技术研究进展[J]. *粮食与油脂*, 2013, 26(2): 1-4.  
LI S G, WANG L R. Review on reducing and controlling technologies of trans fatty acids (TFAs) in edible oil processing. *Cereals & Oils*, 2013, 26(2): 1-4.
- [34] 陈雪, 石爱民, 刘红芝, 等. 植物油中反式脂肪酸的研究进展. *食品科学*, 2015, 36(21): 291-296.  
CHEN X, SHI A M, LIU H Z, et al. Recent progress in research on trans fatty acids in vegetable oils[J]. *Food Science*, 2015, 36(21): 291-296.
- [35] DAWCZYNSKI C, LORKOWSKI S. Trans-fatty acids and cardiovascular risk: Does origin matter?[J]. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, 2016, 14(9): 1001-1005.
- [36] JAKOBSEN M U, BYSTED A, ANDERSEN N L, et al. Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease—An overview[J]. *Atherosclerosis Supplements*, 2006, 7(2): 9-11.
- [37] JAKOBSEN M U, OVERVAD K, DYERBERG J, et al. Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease [J]. *International Journal of Epidemiology*, 2008, 37(1): 173-182.
- [38] 胡盛本, 蔡澄亮, 卓成飞, 等. 银离子固相萃取法测定反刍动物反式脂肪酸异构体含量. *中国食品学报*, 2020, 20(2): 280-288.  
HU S B, CAI C L, ZHUO C F, et al. Determination of trans fatty acid isomers in ruminant animals by silver ion solid phase extraction column[J]. *Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology*, 2020, 20(2): 280-288.
- [39] KUHN T K, DEGEN C, JAHREIS G. Evaluation of the impact of ruminant trans fatty acids on human health: Important aspects to consider[J]. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2016, 56(12): 1964-1980.