

反式脂肪酸与健康

杜慧真 程振倩 王晓华

(山东大学附属千佛山医院营养科, 山东济南 250014)

摘要: 反式脂肪酸 (trans fatty acid, TFA) 又称反式脂肪或逆态脂肪酸, 与饱和脂肪酸及不饱和脂肪酸不同, TFA 是一种人工产物, 源自于对植物油脂的改造。一些西式糕点的包装上常常注明含有“氢化油”, 即将植物油脂中液态的不饱和脂肪通过加氢硬化, 变成固态或半固态的油脂, 其目的在于防止油脂变质, 增加口感及美味。凡是含有氢化油的食物, 都可能含有 TFA。在人们经常吃的饼干、巧克力、色拉酱、炸薯条、奶油蛋糕、冰淇淋、珍珠奶茶、油炸干吃面等食物中, 均含有不等量的 TFA。

国外研究证实, 经常摄入占总热量 5% 的氢化油, 即每天 10 ~ 15g——相当于 100g 奶油蛋糕或 50g 桃酥, 就会对健康产生一定的危害。TFA 摄入增加不但增加 TC 和 LDL-C 含量, 而且降低 HDL-C, 其对血脂分布的不利影响大于饱和脂肪酸, 被认为是引发 TC 水平升高和动脉硬化的诱因之一。

TFA 还会诱发肿瘤、冠心病、2 型糖尿病、肥胖等疾病, 对胎儿体重、青少年发育也有不利影响。

TFA 对人体的危害已引起人们普遍的关注, 美国和欧盟 8 国已开始出台标准, 对 TFA 含量予以限制。美国加利福尼亚州州长施瓦辛格已签署法案, 从 2010 年 1 月 1 日起, 加州餐馆将禁止使用含反式脂肪的烹调油和人造黄油等。这一禁令 2011 年将扩大到所有烘焙食品。违反者将面临 25 美元至 1000 美元不等的罚款。目前, 我国对于 TFA 管理的空白, 主要是因为基础数据的缺失, 从而造成风险评估的滞后。

关键词: 反式脂肪酸; 摄入量; 法规

反式脂肪酸 (trans fatty acid, TFA) 是不饱和脂肪酸的一种, 是所有含有反式双键的不饱和脂肪酸的总称, 因其与双键相连的氢原子分布在碳链的两侧而得名。TFA 虽然也属于不饱和脂肪酸, 但反式双键的存在使脂肪酸的空间构型产生了很大的变化, 脂肪酸分子呈刚性结构, 性质接近饱和脂肪酸。空间结构的改变使 TFA 的理化性质也产生了极大改变, 最显著的是熔点, 一般 TFA 的熔点远高于顺式脂肪酸, 如油酸 (oleic acid) 的熔点是 13.5℃, 室温下呈液体、油状, 反式油酸 (elaidic acid) 的熔点为 46.5℃, 室温下呈固态、脂状^[1]。

1 TFA 的主要膳食来源

1.1 氢化植物油

植物油经过加工使结构部分氢化产生的脂肪酸, 天然的顺式结构被异化成了反式结构。方法是在少量的镍、钨、铂或钴等触媒金属的帮助下, 将氢加入植物油里产生氢化反应。经过氢化工艺得到的人造黄油 (margarine), 酥油 (shortening) 及部分氢化植物油 (partially hydrogenated vegetable oil) 在饼

干、糕点、煎炸食品 (薯条)、调味品 (花生酱) 等许多食品的生产中被广泛使用。

TFA 的味道香浓, 口感诱人, 价格低廉, 用其加工的食品稳定性好、保质期长、耐储存。因此, 广泛的被世界各国的食品制造商用来代替猪油、牛油和奶油, 添加在许多加工食品中。在我国, 它有很多变名, 比如, 加在点心中的, 叫起酥油; 加在蛋糕中的, 叫人造黄油或人造奶油; 加在巧克力中的, 叫代可可脂。一些即冲型麦片、咖啡伴侣中植脂末, 都含有 TFA 成分。它还可能存在于巧克力派、色拉酱、方便面、炸薯条、油酥饼、饼干、炸鸡块、冰激淋、雪糕和许多西式面包与糕点中。

目前市面的珍珠奶茶多是用奶精、色素、香精和木薯粉 (指奶茶中的珍珠) 及自来水制成。而奶精主要成分氢化植物油。每天 1 杯 500ml 珍珠奶茶中 TFA 含量已超出正常人体承受极限, 饮用者易患心血管疾病。1kg 奶精可调配 100 杯奶茶, 其成本只有 4 至 6 角钱, 而售价高达 3 至 6 元不等。前期媒体报道的地沟油中, 就含有 TFA。地沟油的最大危害并非来自“地沟”二字, 而是来自“多次加热”和“氧化”。在餐馆中, 很多食材都需要过油, 很

多菜肴、点心需要油炸。这就势必带来油脂的反复加热，所以，在餐馆吃饭，不可避免地会吃到多次加热的油。

液体的植物油并不耐热。炒菜、油炸的温度高达 160 ~ 300℃，油脂会在加热条件下发生反式异构化、热氧化、热裂解、环化、醚化、聚合等多种反应。其中的维生素 E 和必需脂肪酸逐渐损失殆尽，而有害的 TFA 和饱和脂肪持续增加，油脂氧化聚合和环化产物充斥其中。

1.2 反刍动物肉中的脂肪和乳脂

反刍动物（牛、羊等）肠腔中的丁酸弧菌属菌群与饲料中的不饱和脂肪酸发生酶促生物氢化反应，可生成 TFA，存在于机体组织和乳汁中；但与植物油氢化过程产生的 TFA 类型不同，主要是 11 位反式油酸（11t-18:1）。

1.3 高温重复煎炸

反式构型较顺式构型稳定，高温导致部分顺式双键转化成反式双键，TFA 的量取决于温度和重复煎炸的次数。

2 TFA 的摄入量

2002 年我国学者对国内 100 多种食物中 TFA 含量进行了监测，并利用 2000 年总膳食项目中食物样品对居民膳食摄入量进行初步研究。结果显示，表明原料中含氢化植物油和用起酥油制作的饼干、糕点类食物是 n-9 反式油酸的主要来源，牛、羊肉、奶等反刍类动物食品是 n-11 反式油酸的主要来源。人群平均膳食中 TFA 含量很低，且主要来自反刍类动物食品。目前越来越多的食品配料表中标明使用了氢化植物油或起酥油。因此，一些特定人群的 TFA 摄入量可能会大大高于全国人均水平，这方面今后值得关注^[2]。

酥饼面食诸如各类羊角面包（Nussgipfel、Crèmeschnitten）等食物中 TFA 的含量平均高达 8.5%。不同食品中 TFA 的含量从 0.6% - 19.2% 不等，黄油面包（Buttergipfel）中的 TFA 相反却并不高。

TFA 含量最高和最低的食品分别是冰激淋和用于油炸食物的植物油。冰激凌中 TFA 含量最高的为 25.6%，但也有含量是 0 的，其平均值为 5.9%。菜籽油中 TFA 的含量高达 29.3%，其他植物油平均为 7.5%。

其实，TFA 有许多种，它是一类脂肪酸的统称。TFA 是油脂分子在结构变化过程中产生的，主要有两种产生途径：一是经氢化产生的，一是天然存在

的。前者主要指氢化植物油，即普通植物油在一定温度和压力下加氢催化的产物，在氢化过程中，一部分不饱和脂肪酸会发生构型转变，从天然的顺式结构异化为反式结构，人造黄油、人造奶油中 TFA 的含量可达 50% 以上。后者是在牛、羊等反刍动物的肉和奶中天然存在的，在牛羊肉及其乳汁中，约含有 3% ~ 8% 的 TFA^[3]。

TFA 并非都是杀手。研究人员们发现，食物中的 TFA 主要是反式油酸，约占 90%。反式油酸中最常见的是 n-9 位反式油酸，其次是 n-11 位反式油酸。反刍动物如牛、羊的脂肪、乳及乳制品中主要是 n-11 位反式油酸，n-9 位反式油酸则存在于植物油经过氢化加工的产品中。而我国居民膳食中主要是 n-11 位反式油酸，目前没有证据表明这种 TFA 对人体有害。所以，各种研究表明的对心血管健康产生不利影响的 TFA 主要是指 n-9 位反式油酸^[4]。

真正对人有害的 TFA 是那些被氢化了的植物油脂——人造黄油、人造奶油、植物性起酥油，等等。

含植物油脂最多的主要是各类西式食品，如人造奶油食品、咖啡伴侣、马铃薯片、沙拉酱、饼干、多纳圈等。尤其是像蛋挞、奶油蛋糕、小面包这样的各种西式小糕点，其备受大人孩子喜爱的软脆香酥、疏松绵柔的口感，即源于 TFA 的使用。调查显示，我国近 30 年来，TFA 含量较高的“洋快餐”、人造奶油、面包、蛋糕、饼干、炸薯条、炸薯片年销售量都在以 7% ~ 9% 的速度增长，食用油脂则每年递增 10% 以上。我国居民通过膳食摄取的 TFA 的量，虽低于欧美发达国家。但由于我国居民的食品消费的结构差异很大，城市里一些生活方式西化的富裕阶层人士及其子女的 TFA 摄入量，仍然值得注意。每周 1 ~ 2 次光顾洋快餐店吃洋快餐的儿童和在每天下午茶时吃一块奶油点心的白领青年人，摄入的 TFA 提供的能量，肯定远超过一日总能量的 2%，这也即是这一人群发生肥胖、高血脂、高血压病的比例高于正常人群的一个重要原因^[5]。

福州大学傅红副教授进行了长达 5 年的跟踪检测。自 2005 年至 2009 年，其课题组选取了中国市场上 52 个著名品牌共 167 种产品，进行油脂含量、TFA 种类及含量检测。其结论认为，抽检食品共查出 87% 的样品含有 TFA，其中，所有的奶酪制品、95% 的“洋快餐”、蛋糕、面包、油炸薯条类小吃等以及约 90% 的冰淇淋、80% 的人造奶油，71% 的饼干中，均检出含有 TFA。所有的奶酪制品，81% 的面包和蛋糕，80% 的人造奶油，60% 的冰淇淋等 TFA 含量超过 2%。TFA 含量最多的食品有：植脂

末、涂抹奶油、威化饼干、蛋糕派类食品。

值得注意的是,对两大著名“洋快餐”的检测结果表明,汉堡包、奶昔、薯条、蛋挞中 TFA 含量较高,达到 0.4g/份以上。因此一份“洋快餐”套餐中 TFA 含量高达 1~2g/份。根据中国居民膳食指南(2007)推荐的人均食用油脂量,以 25~30g/日推算,每份“洋快餐”套餐中 TFA 已达到日摄入油脂量的 3.33%~8.00%,已经超过国际上对%实行立法国家的最高限量标准。

3 TFA 与健康的关系

3.1 对婴幼儿的影响

早在 1997 年,Carlson SE 就总结回顾了 TFA 与胎儿、婴幼儿生长发育的关系,认为根据目前的资料,虽然不能直接证明 TFA 与婴幼儿生长发育的因果关系,但部分实验结果已经证明 TFA 可通过干扰必需脂肪酸的代谢影响机体发育,且母亲血清 TFA 含量与早产儿出生体重之间有一定相关,动物实验也发现 TFA 对胎儿生长发育有一定的影响^[6]。

3.2 对血胆固醇的影响

大量的流行病学调查和人群干预研究证明,TFA 特别是反式单不饱和脂肪酸具有升高 TC 和 LDL-C 的作用。血清中总胆固醇(TC)浓度高,和低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)浓度高是引起冠心病的最重要危险因素之一,而血清高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)的浓度则与冠心病呈负相关。反式单不饱和脂肪酸与饱和脂肪酸一样能升高 TC 和 LDL-C 的浓度;不同的是,反式单不饱和脂肪酸还会降低 HDL-C 的浓度^[7]。

研究发现 TFA 能升高 LDL/HDL 比值,每增加 2%总能量的 TFA,LDL-C/HDL-C 比值增加 0.1,而在同样条件下,饱和脂肪酸仅增加 LDL-C/HDL-C 比值 0.04。LDL-C/HDL-C 比值每增加 0.1 相当于增加患缺血性心脏病(IHD)危险 5%。如果单从升高血清胆固醇的角度考虑,摄入 1gTFA 相当于摄入 2.5g 的饱和脂肪酸。

TFA 不但增加血清 LDL-C,降低 HDL-C 的浓度,而且还可增加血清甘油三酯(TG)和血清脂蛋白 a(Lp(a))的浓度。血清中 Lp(a)的浓度高是引发冠心病的一个独立危险因子。相对于饱和脂肪酸而言,TFA 对健康的不良影响可能更大^[8]。

3.3 对发生心血管疾病风险的影响

大量实验室及临床实验表明,TFA 摄入增加不但增加总胆固醇(TC)和低密度脂蛋白胆固醇

(LDL-C)含量,而且降低高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C),其对血脂分布的不利影响大于饱和脂肪酸,如 TFA 增加血浆 TC/HDL-C 比例的能力是饱和脂肪酸的两倍,另外还可以通过影响其他一些冠心病危险因素来产生作用,如损伤动脉的舒张性、影响胆固醇酯酶活性和白细胞介素,以及破坏血管内皮细胞的完整性和引起血小板聚集等原因,最终对心脏功能产生不利影响^[9]。

《中国居民膳食指南(2007)》指出:“研究表明,TFA 摄入量多时可升高低密度脂蛋白,降低高密度脂蛋白,增加患动脉粥样硬化和冠心病的危险性。如妇女将 TFA 摄入量降至 2%,可使冠心病的危险性下降 53%”。还有研究表明,TFA 可干扰必需脂肪酸代谢,可能影响儿童的生长发育及神经系统健康。

3.4 TFA 对免疫功能的影响

在动脉粥样硬化、急性心梗、猝死、胰岛素抵抗等病理过程中免疫和内皮细胞功能受损起着重要作用。TFA 摄入量的增加可使体内炎症反应标记物和 sICAM-1、sVCAM-1、E-selectin 等内皮细胞黏附因子水平升高。如 TFA 摄入量的增加使健康妇女或超重但其它指标尚正常妇女的肿瘤坏死因子 TNF- α 及其受体活力及血浆中 IL-6 和 CRP 浓度升高。以确诊心脏病的患者为研究对象,在控制其它危险因素后,红细胞膜上脂肪酸中 TFA 含量每增加 1%,TNF- α 水平增高 249%,TNF 受体 1 水平升高 41%,TNF 受体 2 水平升高 247%^[10]。

3.5 TFA 对肿瘤的影响

TFA 可增加癌症(如结肠癌、前列腺癌、乳腺癌等)和其他一些疾病的危险性。美国一项涉及 3 个州共 4403 个人的调查,得出结论,食用氢化植物油增加患大肠肿瘤的危险。与此相反,来自其它两项研究报告指出膳食 TFA 与肿瘤的发生无关。膳食中 TFA 与肿瘤发生的关系,还有待进一步考证。

3.6 TFA 与糖尿病的关系

TFA 的摄入与胰岛素抵抗有密切的关系。其机制是 TFA 聚集在细胞膜上,从而降低或影响胰岛素受体的活性,因为 TFA 熔点较高,从而降低细胞膜的流动性。

4 关于 TFA 的法规

鉴于 TFA 对健康的不良影响,许多国家都出台了相应的法规对其加以限制。丹麦政府规定从 2000 年 1 月 1 日,要求市场上任何 TFA 含量超过 2% 的

油脂都被禁用。加拿大规定从 2005 年 12 月开始,新的食品营养标签中必须标注出 TFA 的含量。2004 年,美国食品和药品管理局(FDA)也规定,从 2006 年起,所有食品标签上的“营养成分”一栏中,都要加上人造脂肪的含量。随着对 TFA 危害的认识,欧美等国对 TFA 加以限制,规定膳食中 TFA 提供能量的比例不超过总能量的 2%^[11]。

我国从上世纪 80 年代起将人造奶油(氢化植物油)作为饱和脂肪酸的代用品应用于食品加工中,近年来,使用量大幅上升。中国粮油学会油脂专业分会的统计资料显示,1984 年我国人造奶油设备能力只有 2 万吨左右,2001 年生产能力增至 30 万吨,目前我国各类人造奶油的生产能力已突破 100 万吨^[12]。

随着西式快餐的兴起、饮食文化的西化,以及人造奶油、植物起酥油等氢化油在我国的大量生产和使用,TFA 已经在一定程度上进入了我国居民的膳食中,因此其潜在健康问题必须引起政府、学术界和公众的重视。由浙江杭州市质检院起草的《TFA 的检测方法》国家标准 2007 年 11 月 5 日在杭州通过了国家食品工业标准委员会专家审定。可对我国常见的油脂进行检测作为居民膳食的指导依据。有关限制 TFA 含量的食物营养标签管理办法也应尽快出台,以指导企业生产、保障居民健康。

《中国居民膳食指南(2007)》建议我国居民要“远离 TFA,尽可能少吃富含氢化油脂的食物”。由于 TFA 名称变异多,因此,消费者在超市购买加工食品时,应该仔细观察外包装上的配料表,要注意识别是否有其存在。除起酥油、人造黄油、人造奶油等名称外,凡标示有“精制”、“精炼”、“氢化”、“氢化油脂”、“人造油”、“人造脂肪”、“植物黄油”、“植物奶油”、“精制猪油”等字眼的产品都表示含有 TFA,应尽量少食用。

尽管我国尚未出台限制措施,但卫生部 2007 年发布的《中国营养膳食指南》建议,每人每天不能食用超过 25g 油;总脂肪的摄入量要低于每天总能

量摄入的 30%。同时要“远离 TFA”,尽量少吃富含氢化油脂的食品。

参考文献

- [1] 张坚,王春荣,高俊全.食物中 TFA 含量及居民 TFA 摄入量的研究 中国营养学会第九次全国营养学术会议论文集,(2004),84-88.
- [2] 王陇德,主编.中国居民营养与健康状况调查报告之一.综合报告.北京:人民卫生出版社,2005.22-24.
- [3] 中华人民共和国卫生部疾病控制司.中国成人超重和肥胖症预防控制指南,北京:人民卫生出版社,2006.15-18.
- [4] 陈春明,赵文华,杨正雄,等.慢性病控制的膳食关键因素研究 中华流行病学杂志,2006,27:739-743.
- [5] 葛可佑,主编.90 年代中国人群的膳食与营养状况.北京:人民卫生出版社,1996.28-36.
- [6] 美国食品药品监督管理局对标签中的反式脂肪酸作出新规定.中国药物警戒,2004,(01).
- [7] 王珊.有害物质反式脂肪酸.食品与生活.2005,(06).
- [8] 安宁.焦聚反式脂肪酸.食品与健康.2006 年 04 期.
- [9] 邵景东,刘一军.食品中反式脂肪酸危害及检测方法研究进展;中国公共卫生;2006,(03).
- [10] 美国要求标注反式脂肪酸含量.食品与发酵工业,2004,(01).
- [11] 沈建福,张志英.反式脂肪酸的安全问题及最新研究进展中国粮油学报,2005,(04).
- [12] 武丽荣.反式脂肪酸的产生及降低措施.中国油脂,2005,(03).