

## 综述

## 膳食反式脂肪酸研究进展及安全管理

张坚

(中国疾病预防控制中心营养与食品安全所,北京 100021)

**摘要:** 研究表明,过量摄入反式脂肪酸可引起血脂代谢紊乱,增加冠心病及其它慢性疾病的发生风险。其对健康的不利影响受到广泛关注。本文就膳食反式脂肪酸的结构特点、食物来源、主要健康危害、不同人群摄入量以及管理现状等问题进行综述。

**关键词:** 反式脂肪酸;膳食摄入量;健康危害

**中图分类号:** S963.733 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-8456(2011)03-0282-05

## Progress on the research of trans fatty acids and related regulations

Zhang Jian

(National Institute for Nutrition and Food Safety, China CDC, Beijing 100021, China)

**Abstract:** More evidences implied that over consumption of trans fatty acids can cause dyslipidemia and increase the incidence of coronary heart disease and other chronic diseases. Thus, much more attentions have been attracted by the negative effects of trans fatty acids on health. This review concentrates on the issues of structural characteristics, food source and health risk of trans fatty acids, the intake of trans fatty acids in different population and related regulations.

**Key words:** Trans fatty acids; dietary intake; health risk

近20年来,各国学者深入而广泛地研究了反式脂肪酸与健康的关系,并逐步形成共识:反式脂肪酸对健康不利,在日常饮食中应尽量避免。公众和相关管理部门对此问题给予了高度关注<sup>[1]</sup>。本文就反式脂肪酸与健康的关系、主要膳食来源及摄入量、安全管理现状等方面进行综述,以促进人们对此问题有更为深入、全面的认识。

## 1 反式脂肪酸的概念

反式脂肪酸(trans fatty acids, TFA)是含有一个以上反式构型双键的不饱和脂肪酸,即与C=C双键相连的氢原子分布在脂肪酸碳链的两侧。反式脂肪酸是根据碳链的长度和双键的位置来命名;如最常见的反式油酸,表示符号为C18:1 9t,18代表碳原子个数,1代表双键数目,9表示从羧基端数起双键的位置,t则代表为反式构型。常见的反式脂肪酸有C18:1 9t;C18:1 11t;C18:2 9c,12t;C18:2 9t,12t和C18:3 9c,12c,15t等<sup>[2]</sup>。

## 2 反式脂肪酸的主要膳食来源

## 2.1 油脂氢化过程

19世纪末,油脂部分氢化工艺在欧洲产生,并于20世纪20年代传入美国。这项工艺主要是在镍(Ni)等催化剂的作用下,向油脂中加氢,降低油脂的不饱和程度。氢化后的油脂具有熔点高、氧化稳定性好、货架期长、口感宜人等特点,因而在欧美国家被广泛用于加工食品中。但在氢化过程中,不饱和双键可以发生异构化,生成了反式脂肪酸,主要是9位反式油酸(C18:1 9t)。因生产工艺的不同,氢化植物油中反式脂肪酸含量波动很大,在10%~60%之间。

## 2.2 油脂精炼烹调过程

植物油在精炼过程中,多不饱和脂肪酸发生热聚合反应,造成脂肪酸的异构化,可产生部分反式脂肪酸,高温脱臭后的油脂中反式脂肪酸的含量可增加1%~4%;另外,不当的烹调习惯,如过度加热或反复煎炸也可产生反式脂肪酸。

## 2.3 天然来源

反刍动物瘤胃中的微生物在酶作用下通过生物氢化作用将不饱和脂肪酸转变为饱和脂肪酸,在这个过程中也会产生部分反式脂肪酸,主要是11位反式油酸(C18:1 11t)。一般情况下,反式脂肪酸占反刍动物体脂肪中总脂肪酸的比例为4%~11%,占牛、羊乳总脂肪酸的比例为3%~5%。

收稿日期:2010-12-09

作者简介:张坚 男 研究员 研究方向为脂质代谢与慢病预防

E-mail: zhjian6708@ yahoo. com. cn

### 3 反式脂肪酸对健康的影响

20世纪70年代已有科学家关注食用氢化脂肪与心血管疾病相关危险因素的关系<sup>[3]</sup>。1990年Mensink和Katana<sup>[4]</sup>发表了关于反式脂肪酸与血脂关系的人体试食研究报告,提出食用反式脂肪酸过多会引起血脂代谢紊乱。这一结果引起了学术界和政府部门的关注,促使多领域的科学工作者广泛而深入地开展了针对反式脂肪酸与健康关系的研究。目前资料多集中在心血管系统、糖尿病、癌症、生长发育等方面。

#### 3.1 反式脂肪酸与心血管疾病

流行病学研究揭示了过量摄入反式脂肪酸与心脏病的关系。Oomen等<sup>[5]</sup>在1985—1995期间对荷兰667位老年人的跟踪研究显示,在控制了年龄、体质指数、吸烟等混杂因素后,反式脂肪酸的摄入量与慢性病的发生呈正相关。与反式脂肪酸摄入量低于总能量2.36%的个体相比,摄入量占总能量达到3.87%和6.38%时,相对危险度分别增至1.26和2.03。美国护士健康研究(Nurses Health Study)对80082名34~59岁妇女进行了为期14年追踪观察,发现用饱和脂肪代替膳食中占5%能量的碳水化合物,患心脏病危险增加17%;而由反式不饱和脂肪酸代替2%能量时,患心脏病危险增加93%<sup>[6]</sup>。在芬兰进行的对21930名50~69岁男性吸烟者干预项目中(Alpha Tocopherol, Beta Carotene Cancer Prevention Study),研究者也发现反式脂肪酸的摄入与冠心病死亡的危险性呈显著正相关,反式脂肪酸每日摄入量为6.1g者与摄入1.3g者相比,其冠心病死亡的相对危险度是1.39<sup>[7]</sup>。其他许多类似的人群干预或调查研究也证明了这一结论:反式脂肪酸摄入过多对心脏病有不利影响。

关于反式脂肪酸影响心血管系统的作用机制已有较多研究。Ascherio等<sup>[8,9]</sup>综述了反式脂肪酸对人体胆固醇代谢影响方面的研究结果,发现反式脂肪酸能升高低密度脂蛋白胆固醇与高密度脂蛋白胆固醇的比值(LDL-C/HDL-C)。每增加2%总能量的反式脂肪酸,LDL-C/HDL-C比值增加0.1,而在同样条件下,饱和脂肪酸仅使该比值增加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%。如果单纯从升高血清胆固醇的角度考虑,摄入1g反式脂肪酸相当于摄入2.5g的饱和脂肪酸。反式脂肪酸影响胆固醇代谢的机理主要在两个方面:第一,与饱和脂肪酸相同,反式脂肪酸降低LDL受体的数目和活性。第二,反式脂肪酸还可以升高胆固醇脂转运蛋白(CETP)的活性<sup>[10]</sup>,而CETP的主要功能是把HDL

中的胆固醇脂转运到LDL或VLDL并与其交换甘油三酯。此外,反式脂肪酸还可增加冠心病独立危险因素,血清脂蛋白a[Lp(a)]的浓度<sup>[11]</sup>。

目前,还没有足够的证据表明反式脂肪酸的摄入与脑血管疾病有关。美国一项对43732名男性医护人员14年随访研究得出的结论是膳食脂肪摄入的总量和种类均与出血性和缺血性脑卒中的患病率无关<sup>[12]</sup>。

#### 3.2 反式脂肪酸与糖尿病

膳食、营养与糖尿病之间的关系受到越来越多的关注。近年来,美国居民膳食脂肪摄入量保持稳定甚至有所下降,但其肥胖和糖尿病患者却仍在增加。有学者认为这可能与膳食中脂肪的种类有关。反式脂肪酸对2型糖尿病发生的影响仍不确定。对美国护士健康研究资料分析发现,总脂肪摄入量以及饱和、单不饱和脂肪酸摄入量与发生糖尿病之间没有相关性,而反式脂肪酸与多不饱和脂肪酸的摄入量与糖尿病发生有显著相关<sup>[13]</sup>。但也有研究认为反式脂肪酸摄入对糖尿病没有影响甚至有益,如在爱荷华州对35988名老年妇女中进行的一项队列研究中,经过长达11年的跟踪调查后,研究者认为糖尿病发生率与反式脂肪酸的摄入量成负相关<sup>[14]</sup>。因此,反式脂肪酸与2型糖尿病的关系还有待今后进一步深入研究。

#### 3.3 反式脂肪酸与癌症

反式脂肪酸与患癌症之间的关系尚存在争议<sup>[15]</sup>。对698名绝经后荷兰妇女的跟踪研究发现乳腺癌发生率与脂肪组织中反式脂肪酸水平呈正相关。King等<sup>[16]</sup>对272名前腺癌患者和正常对照组人员的血清磷脂反式脂肪酸含量进行测定后发现,反式油酸和反式亚油酸含量与前列腺癌发生有显著相关,OR值分别为1.69和1.79。Bakker等<sup>[17]</sup>研究了9个国家人群脂肪组织中脂肪酸成分与各种肿瘤的关系,他们的分析结果揭示,脂肪组织中反式脂肪酸与乳腺和大肠肿瘤呈正相关,但没有发现脂肪组织中反式脂肪酸与前列腺肿瘤有关。美国一项涉及3个州共4403人的调查结果也表明,食用氢化植物油增加患大肠肿瘤的危险<sup>[18]</sup>,但另一人群研究中未发现任何一类脂肪酸与乳腺癌的发生有关<sup>[19]</sup>。因此,膳食中反式脂肪酸与罹患癌症的风险还有待进一步研究。

#### 3.4 反式脂肪酸对必需脂肪酸代谢及生长发育的影响

摄入过量的反式脂肪酸对必需脂肪酸代谢,尤其是对花生四烯酸(AA, 20:4 n-6)和二十二碳六烯酸(DHA, 22:6 n-3)在体内合成的影响也是人们

关注的热点。Acar 等<sup>[20]</sup>研究了喂饲幼鼠反式亚麻酸对视网膜上磷脂脂肪酸组成的影响,结果证实了 *t*-DHA 的存在,并观察到摄入反式亚麻酸的幼鼠视网膜电图(ERG) b 波出现异常,提示过量摄入反式多不饱和脂肪酸对幼儿视力和大脑可能产生不利影响。

Decsi 等<sup>[21]</sup>发现早产幼儿血清中反式脂肪酸浓度与 *n*-3 和 *n*-6 系列长链多不饱和脂肪酸以及幼儿的体重呈负相关;正常产婴儿血清中反式脂肪酸含量与 *n*-6 系列长链多不饱和脂肪酸呈负相关。Carlson<sup>[22]</sup>总结回顾了反式脂肪酸与胎儿、婴幼儿生长发育的关系,认为虽然不能直接证明反式脂肪酸与婴幼儿生长发育的因果关系,但部分实验结果已经证明反式脂肪酸可通过干扰必需脂肪酸的代谢,影响机体发育。

### 3.5 与过敏性疾病

Wijga 等<sup>[23]</sup>在研究 1~4 岁儿童过敏与母乳中脂肪酸关系时发现母乳中反式脂肪酸含量与儿童过敏症状有关。美国开展的一项儿童健康研究,也发现母亲在孕期吃含反式脂肪酸较多的炸鱼排时,儿童发生哮喘的危险性增加,OR 为 2.04<sup>[24]</sup>。有 56 个国家,155 个合作中心参与的针对 13~14 岁少年哮喘、过敏问题的国际评估报告显示,来自氢化油中的反式脂肪酸与医院诊断的儿童哮喘、过敏性鼻炎、湿疹发生率呈明显的正相关<sup>[25]</sup>。一项欧洲的研究表明摄入较多人造奶油可增加成人期哮喘发作的危险性,且这一作用在成年男性比女性中更加明显<sup>[26]</sup>。但也有横断面调查研究未发现血清磷脂中反式脂肪酸水平与甘草热或其它过敏性疾病相关<sup>[27]</sup>。

需要指出的是上述研究集中于工业氢化过程中产生的反式脂肪酸。但是对来源于反刍动物的 11 位反式油酸则有不同。由于其在体内可以进一步衍生为具有抗肿瘤作用的共轭亚油酸,顺-9,反-11 十八碳二烯酸,且有动物实验结果显示它有降低血胆固醇的作用。目前尚无充分研究结果证明这类天然来源的反式脂肪酸会对健康产生不利影响<sup>[28]</sup>。

## 4 反式脂肪酸摄入量

基于反式脂肪酸与健康关系的研究资料,许多国家纷纷检测了本国食品中反式脂肪酸含量,并尽可能细致地进行膳食调查,估计本国居民反式脂肪酸的摄入量,为科学地进行膳食指导提供依据。如美国农业部建立了一个比较全面的食品反式脂肪酸含量数据库,并结合人群膳食调查资料计算出 20 岁以上美国成年人日均反式脂肪酸的摄入量为 3.0

~4.0 g,约占膳食总能量的 2.6%,其中 95% 来自氢化植物油<sup>[29]</sup>。1995—1996 年,欧盟 14 个国家联合进行的关于反式脂肪酸的研究结果显示,男性日均摄入量为 1.2~6.7 g,女性 1.7~4.1 g,分别相当于能量的 0.5%~2.1% (男性)和 0.8%~1.9% (女性)<sup>[30]</sup>。亚洲国家居民的膳食结构不同于欧美国家,含部分氢化植物油的加工、烘焙食物消费量低,因此,亚洲国家居民反式脂肪酸的人均摄入量相对较低。日本推算其居民人均日摄入反式脂肪酸量在 1.7 g 左右,占膳食总能量的 0.8%<sup>[31]</sup>。1995 年,有学者根据所测定的我国重庆地区母乳中反式脂肪酸含量推算出重庆地区妇女膳食反式脂肪酸摄入量在 0.3 g 左右,远低于同一研究中加拿大妇女每人每天摄入 10.6 g 的水平<sup>[32]</sup>。2003 年以后,我国一些学者测定了食物中反式脂肪酸的含量。夹心饼干、蛋黄派、酥性饼干、曲奇以及奶茶中植脂末、反复煎炸油中含有较高量的反式脂肪酸,但不同品牌产品反式脂肪酸含量差异很大。如蛋黄派和夹心饼干中反式脂肪酸含量分别在 0.97%~18.2% 和 3.6%~18.3% 之间。有学者利用 2002 年中国居民营养与健康调查中食物摄入量数据,初步估算我国居民反式脂肪酸摄入量为人均 1.06 g,占膳食总能量的 0.4%<sup>[33-35]</sup>。

最近的监测数据显示,欧美等国居民反式脂肪酸的摄入量已经明显下降。如与 20 世纪 90 年代中期人日均摄入量的 8.4 g 相比,加拿大人均反式脂肪酸的摄入量在 2008 年已降低到 3.4 g (约占总能量的 1.4%)。由于油脂生产企业的努力,丹麦人造奶油和起酥油中的反式脂肪酸含量已经由 20 世纪 70 年代平均 10 g/100 g,降低到几乎为 0。法国对 4 079 名 3~79 岁的居民进行为期 7 d 膳食调查的结果显示,到 2008 年反式脂肪酸的摄入量下降了 40%。而丹麦、芬兰、挪威、瑞典居民反式脂肪酸的摄入量已经降低到占能量 0.5%~0.6% 的水平<sup>[36,37]</sup>。

## 5 针对反式脂肪酸的管理

1993 年,基于反式脂肪酸对人体健康产生不利影响的研究报告,FAO 和 WHO 建议,政府部门应限制食品中反式脂肪酸含量。WHO/FAO 于 2003 年发表的《膳食、营养与慢性病预防》的专家委员会报告中指出,为增进心血管健康,尽量控制饮食中的反式脂肪酸,最大摄取量最好不超过总能量的 1%<sup>[38]</sup>。国际法典委员会(CODEX)在 1993 年修改的《营养标签指导通则》(CAC/GL2)中建议,在总脂肪的下行可以标示不同类型的脂肪酸克数,包括饱

和脂肪酸、反式脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。

早在1994年,丹麦营养委员会在其“反式脂肪酸对健康影响”第1版中就指出“膳食中反式脂肪酸可增加冠心病危险,其不利影响至少与饱和脂肪相当,甚至严重……,应减少丹麦人造奶油中反式脂肪酸的含量”。9年后,该委员会又进一步提出“研究表明,每增加1g反式脂肪酸(来自部分氢化脂肪),发生心脏病的危险性是饱和脂肪酸的10倍”,因此委员会建议应尽快停止反式脂肪酸的工业化生产。2003年3月,丹麦兽医与食品管理局(Danish Veterinary and Food Administration)发布了最终条例,从2004年1月1日起,反式脂肪酸含量超过总脂肪2%的食物禁止在市场上销售,这一条例适用于所有食物,包括饭店出售的食品和焙烤的面包等,但反刍动物肉中天然存在的反式脂肪酸不在此限制之列。同时该条例还规定,声称“无”反式脂肪酸的食品,反式脂肪酸含量不得超过总脂肪的1%。

由于居民反式脂肪酸的摄入量总体上并不高,欧盟还没有做出对反式脂肪酸强制标示的规定。但欧盟一些国家还是提出了限制反式脂肪酸摄入的建议。如针对反式脂肪酸,英国、法国提出的限量为小于2%膳食总能量;德国、奥地利、瑞士提出的限量为小于1%膳食总能量;荷兰则提出要尽可能减少<sup>[39]</sup>。

2004年修改的《美国居民膳食指南》建议居民日均反式脂肪酸摄入量不超过总能量的1%。美国食品药品监督管理局(FDA)于2003年7月11日通过最终条例,要求从2006年1月起对加工食品中的反式脂肪酸含量进行强制标示。FDA要求在营养标签上,反式脂肪酸以“反式脂肪”或“反式”标示,在饱和脂肪的下面一行单独列出,其含量以每份中含有的克数来表示,含量在5g以下时精确到0.5g,5g以上时精确到1g。加拿大从2005年12月12日开始强制实施食品营养标签,但部分小型食品生产企业可以豁免。这一规定也同样适用于反式脂肪酸。加拿大也要求反式脂肪酸在营养标签的单独一行列出。并且对健康声称中反式脂肪酸的含量进行了详细规定,如“不含饱和脂肪酸”定义为每份标准食物或参考量的食物中饱和脂肪酸不大于0.2g,反式脂肪酸不大于0.2g;“低饱和脂肪酸”指每份中饱和脂肪酸不大于2g,且反式脂肪酸不大于2g等<sup>[40]</sup>。

中国卫生部于2007年12月发布了《食品营养标签管理规范》,2008年5月1日起实施。规定反式脂肪酸含量可以标示在“脂肪”下面,当反式脂肪酸含量 $\leq 0.3$ g/100g食品时,可标示为“0”或声称

“无”或“不含”反式脂肪酸。2010年4月,卫生部发布66项乳品安全国家标准,其中在GB 10765—2010《婴儿配方食品》中,明确规定了原料“不应使用氢化油脂”,且终产品中“反式脂肪酸最高含量应小于总脂肪酸的3%”;另外在GB 10767—2010《较大婴儿和幼儿配方食品》、GB 10769—2010《婴幼儿谷类辅助食品》、GB 10770—2010《婴幼儿罐装辅助食品》中,也明确规定了原料“不应使用氢化油脂”。此外,在2008年发布了GB/T 22110—2008《食品中反式脂肪酸的测定》,2010年发布了GB 5413.36—2010《婴幼儿食品和乳品中反式脂肪酸的测定》的国家食品安全标准,为保证反式脂肪酸的检测质量奠定了基础。

## 6 结语

基于目前的研究资料,欧美国家学者已基本形成氢化植物油中的反式脂肪酸不利于人体健康的共识,但同时认为对其在疾病发生中的作用机理和程度还有待深入研究。欧美国家相关管理部门依据科学事实,在反式脂肪酸的有效监管、公众教育、生产工艺改进等方面付出了很多努力,取得了许多值得借鉴的经验。20多年来,随着经济的发展,我国居民膳食结构发生了很大变化。但我国关于反式脂肪酸方面的研究资料非常有限,依据现有的研究结果难以获得不同人群的反式脂肪酸摄入量,更无法科学评估我国居民现有膳食结构下,反式脂肪酸对居民健康(如心血管疾病)造成的风险。因此,尽快开展我国居民,特别是高暴露人群反式脂肪酸摄入量及健康风险方面的研究评估工作,为制定切合我国实际状况的管理措施提供科学依据十分必要。

## 参考文献

- [1] MICHA R, MOZAFFARIAN D. Trans fatty acids: effects on cardiometabolic health and implications for policy [J]. Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids, 2008, 79:147-152.
- [2] Food and Drug Administration. Food labeling: trans fatty acids in nutrition labeling, nutrient content claims, and health claims [J]. Federal Register, 2003, 68(133):41434-41506.
- [3] MATTSON F H, HOLLENBACH E J, KLIGMAN A M. Effect of hydrogenated fat on the plasma cholesterol and triglyceride levels of man [J]. Am J Clin Nutr, 1975, 28(7):726-731.
- [4] MENSINK R P, KATANA M B. Effect of trans fatty acids on high density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects [J]. N Engl J Med, 1990, 323:439-445.
- [5] OOMEN C M, OCKE M C, FESKENS E J M, et al. Association between trans fatty acid intake and 10 year risk of coronary heart disease in the Zutphen elderly study: A prospective population-based study [J]. Lancet, 2001, 357:746-751.
- [6] HU F B, STAMPFER M J, MANSON J E, et al. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women [J]. N

- Engl J Med, 1997, 337:1491-1499.
- [ 7 ] PIETINEN P, ASCHERIO A, KORHONEN P, et al. Intake of fatty acids and risk of coronary heart disease in a cohort of Finnish men. The alpha-tocopherol, beta-carotene; cancer prevention study [J]. Am J Epidemiol, 1997, 145:876-887.
- [ 8 ] ASCHERIO A, KATAN M B, ZOCCO P L, et al. Trans fatty acid and coronary heart disease [J]. N Engl J Med, 1999, 340:1994-1998.
- [ 9 ] STENDER S, DYERBERG J. Influence of trans fatty acids on health [J]. Ann Nutr Meta, 2004, 48:61-66.
- [ 10 ] LICHTENSTEIN A H, JAUHAINEN M, MCGLADDERY S, et al. Impact of hydrogenated fat on high density lipoprotein subfractions and metabolism [J]. J Lipid Res, 2001, 42:597-604.
- [ 11 ] CLEVIDENCE B A, JUDD J T, SHAEFER E J, et al. Plasma lipoprotein (a) levels in men and women consuming diet enriched in saturated, cis, or trans-monounsaturated fatty acids [J]. Arterioscler Throm Vasc Biol, 1997, 17:1657-1661.
- [ 12 ] HE K, MERCHANT A, RIMM E B, et al. Dietary fat intake and risk of stroke in male US healthcare professionals: 14 year prospective cohort study [J]. BMJ, 2003, 327 ( 7418 ): 777-782.
- [ 13 ] SALMERON J, HU F B, MANSON J E, et al. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women [J]. Am J Clin Nutr, 2001, 73:1019-1026.
- [ 14 ] MEYER K A, JACOBS D R, KUSHI L H, et al. Dietary fat and incidence of type 2 diabetes in older Iowa women [J]. Diabetes Care, 2001, 24:1528-1535.
- [ 15 ] SMITH B K, ROBINSON L E, NAM R, et al. Trans-fatty acids and cancer: a mini-review [J]. Br J Nut, 2009, 102 ( 9 ): 1254-1266.
- [ 16 ] KING I B, KRISTAL A R, SCHAFFER S, et al. Serum trans-fatty acids are associated with risk of prostate cancer in beta-carotene and retinol efficacy trial [J]. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev, 2005, 14 ( 4 ): 988-992.
- [ 17 ] BAKKER N, van't VEER P, ZOCCO P. Adipose fatty acids and cancers of breast, prostate and colon: An ecological study [J]. Int J Cancer, 1997, 72:587-591.
- [ 18 ] SLATTERY M L, BENSON J, MA K N, et al. Trans fatty acids and colon cancer [J]. Nutr Cancer, 2001, 39(2):170-175.
- [ 19 ] HOLMES M D, HUNTER D J, COLDITZ G A, et al. Association of dietary intake of fat and fatty acids with risk of breast cancer [J]. JAMA, 1999, 281:914-920.
- [ 20 ] ACAR N, CHARDIGNY J M, BONHOMME B, et al. Long-term intake of trans (n-3) polyunsaturated fatty acids reduces the b-wave amplitude of electroretinograms in rats [J]. J Nutr, 2002, 132:3151-3154.
- [ 21 ] DECSI T, KOLETZKO B. Do trans fatty acids impair linoleic acid metabolism in children [J]. Ann Nutr Metab, 1995, 39:36-41.
- [ 22 ] CARLSON S E, CLANDININ M T, COOK H W, et al. Trans Fatty acids; infant and fetal development [J]. Am J Clin Nutr, 1997, 66(3):715S-736S.
- [ 23 ] WIJGA A H, van HOUWELINGEN A C, KERKHOF M, et al. Breast milk fatty acids and allergic disease in preschool children: the Prevention and Incidence of Asthma and Mite Allergy birth cohort study [J]. J Allergy Clin Immun, 2006 117 ( 2 ): 440-447.
- [ 24 ] SALAM M T, LI Y F, LANGHOLZ B, et al. Maternal fish consumption during pregnancy and risk of early childhood asthma [J]. J Asthma, 2005, 42(6):513-518.
- [ 25 ] WEILAND S K, von MUTIUS E, HÜSING A, et al. Intake of trans fatty acids and prevalence of childhood asthma and allergies in Europe. ISAAC Steering Committee [J]. Lancet, 1999, 353 ( 9169 ): 2040-2041.
- [ 26 ] NAGEL G, LINSEISEN J. Dietary intake of fatty acids, antioxidants and selected food groups and asthma in adults [J]. Eur J Clin Nutr, 2005, 59:8-15.
- [ 27 ] KOMPAUER I, DEMMELMAIR H, KOLETZKO B, et al. Association of fatty acids in serum phospholipids with hay fever, specific and total immunoglobulin E [J]. Br J Nutr, 2005, 93 ( 4 ): 529-535.
- [ 28 ] FIELD C J, BLEWETT H H, PROCTOR S, et al. Human health benefits of vaccenic acid [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2009, 34(5):979-991.
- [ 29 ] ALLISON D B, EGAN S K, BARRAJ L M, et al. Estimated intakes of trans fatty and other fatty acids in the US population [J]. J Am Diet Assoc, 1999, 99:166-174.
- [ 30 ] van POPPEL G, van ERP-BAART M A, LETH T, et al. Trans fatty acids in foods in Europe: The TRANSFAIR study [J]. J Food Compos, 1998, 11:112-136.
- [ 31 ] YAMADA M, SASAKI S, MURAKAMI K, et al. Estimation of trans fatty acid intake in Japanese adults using 16-day diet records based on a food composition database developed for the Japanese population [J]. J Epidemiol, 2010, 20(2):119-127.
- [ 32 ] CHEN Z Y, KWAN K Y, TONG K K, et al. Breast milk fatty acid composition: A comparative study between Hong Kong and Chongqing Chinese [J]. Lipids, 1997, 32:1061-1067.
- [ 33 ] 张坚, 王春荣, 高俊全. 食物中反式脂肪酸含量及居民反式脂肪酸摄入量的研究 [C]. 中国营养学会第九次全国营养学术会议论文集, 2004:84-88.
- [ 34 ] 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.
- [ 35 ] 宋志华, 王兴国, 金青哲, 等. 植物油脂中反式脂肪酸含量及人体摄入量初估 [J]. 中国油脂, 2008, 33(12):76-79.
- [ 36 ] RATNAYAKE W M, 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]. J AOAC Int, 2009, 92:1258-1276.
- [ 37 ] EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol [J]. EFSA, 2010, 8(3):1461.
- [ 38 ] WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation [R]. Geneva: WHO, 2003.
- [ 39 ] EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol [J]. EFSA, 2010, 8(3):27-28.
- [ 40 ] Food and Drug Administration. Requesting an Extension to Use Existing Label Stock after the Trans Fat labeling Effective Date of January 1, 2006 [N]. Federal Register, 2005-12-14.