

食品中反式脂肪酸的研究

杨 虎 阳长敏 吴雪琴 赵国华

(西南大学食品科学学院,重庆,400716)

摘 要 在总结近几年国内外有关反式脂肪酸研究文献的基础上,较全面地论述了膳食反式脂肪酸的暴露水平、含量、来源与形成机理、生物活性以及食物中反式脂肪酸含量的控制方法。同时,文中也对我国在反式脂肪酸研究方面存在的问题进行了探讨。

关键词 膳食,反式脂肪酸,暴露水平,含量,生物活性

以亚麻酸、花生四烯酸、二十二碳五烯酸(DHA)和二十六碳四烯酸(EPA)为代表的顺式多聚不饱和脂肪酸由于其显著的营养与保健作用,近年成为膳食油脂营养研究的热点。但是,研究发现,顺式不饱和脂肪酸在食品加工过程中会发生异构化而形成一些反式不饱和脂肪酸,并且也发现一些食物原料中自身也含有一定量的反式脂肪酸(TFA)。因此,反式脂肪酸广泛分布于人造黄油、焙烤食品、面包和人造奶油等典型的食物中。由此可见,反式脂肪酸是油脂或含有油脂的食物中常见的一个组成成分。过去在研究上常常关注顺式多聚不饱和脂肪酸的保健功能,而对反式脂肪酸的研究相对薄弱。近5年,国内外有一大批学者对反式脂肪酸进行了比较深入的研究,发现它可能是人体健康的潜在危害因素,已有研究发现,TFA可以增加人们患心血管疾病^[1]和II型糖尿

病^[2]的危险性,抑制人类的早期发育与生长^[3],这些研究结果引起了诸如FDA等食品管理权威部门的高度关注。在对我国已发表的文献研究中发现,我国在反式脂肪酸的研究上严重滞后,只有少量的研究工作涉及反式脂肪酸的生物活性及安全性,有关我国居民日常食物中反式脂肪酸的含量以及暴露水平的研究尚属于空白。鉴于此,文中就近年来国内外反式脂肪酸的研究情况加以综述,以期推动我国在这一方面的研究。

1 食物中反式脂肪酸的含量及暴露水平

对常见食物脂肪酸组成分析中发现,大多数含有油脂的食物都含有一定量的反式脂肪酸,表1列出了常见食品中反式脂肪酸的含量。

表1 常见食品中反式脂肪酸的含量^[1-3] mg/g

食物名称	反式脂肪酸含量	食物名称	反式脂肪酸含量	食物名称	反式脂肪酸含量
牛 肉	28~95	蛋 糕	53	冰淇淋	26~60
羊 肉	2~9	甜饼干	19	橄榄油	0~1.1
鸡 肉	4~14	炸薯条	5	大豆油	4~8.6
火鸡肉	3~13	牛 乳	32~52	向日葵油	1.3~8.9
鸭 肉	3~8	干 酪	36~57	玉米油	1~19.1
兔 肉	6	黄 油	40~62	花生油	0.4~6.3
马 肉	4	人造奶油	164	菜籽油	3.9

对反式脂肪酸的风险性评价中,其暴露水平的评估至关重要。据 Allison 等人^[7]报道,美国居民平均摄入反式脂肪酸产生的能量占膳食总能量的2.6%,即每人每天摄入反式脂肪酸约5.3g。其他学者发现,圣保罗地区居民1980~1982年期间平均摄入的反式脂肪酸产生的能量占膳食总能量的3.0%,而1995~1997年的这一数值下降到了2.2%。欧洲14国居民每人每天摄入反式脂肪酸约1.2~6.7g,膳食

反式脂肪酸产生的能量占膳食总能量的0.5%~1%,明显低于美国的暴露水平。Cantwell 等人^[8]报道,爱尔兰居民每人每天膳食反式脂肪酸摄入量为5.4g,反式脂肪酸产生的能量占膳食总能量的2.0%。

2 食物中反式脂肪酸的来源与机理

总膳食中反式脂肪酸的含量主要取决于膳食的每一类食物中反式脂肪酸的含量。Elias 等人^[9]对加拿大60位健康孕妇进行为期28周的研究发现,其膳

第一作者:硕士研究生(赵国华教授为通讯作者)

收稿日期:2006-01-21,改回日期:2006-03-15

食中反式脂肪酸的食物来源分布如图 1a 所示。从图 1a 可以看出,焙烤食品、快餐食品、面包和早餐食品是膳食反式脂肪酸的主要来源,来自上述食物种类的反式脂肪酸分别占膳食中总反式脂肪酸的 34%、11%、11% 和 11%。Cantwell 等人^[8]对 23~63 岁的 105 位爱尔兰居民的膳食进行研究,发现其中反式脂肪酸的食物来源分布如图 1b 所示。研究还表明,膳

食中反式脂肪酸主要来自食物中自身含有的反式脂肪酸和使用氢化油而带来的反式脂肪酸。在膳食反式脂肪酸中,天然来源的反式脂肪酸和氢化油来源的反式脂肪酸分别占到了 29.5% 和 70.5%。自身含有反式脂肪酸的食物主要包括黄油、牛乳、奶酪、肉和肉制品,而以氢化油为反式脂肪酸来源的食物主要包括饼干、蛋糕、涂抹奶油和炸薯条等。

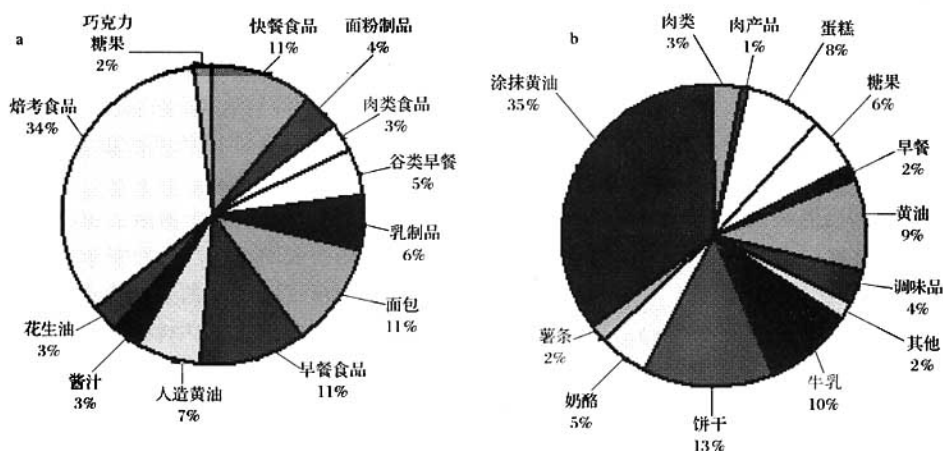


图 1 膳食中反式脂肪酸的食物来源与分布

食物中反式脂肪酸的来源主要包括 3 个方面:首先是一些顺式脂肪酸会在反刍动物(如马、牛、羊等)肠腔中发生酶促生物氢化反应形成部分反式脂肪酸,从而导致一些动物性食物中本身含有反式脂肪酸;其次是在植物油或鱼油工业氢化的过程中,形成了大量的反式脂肪酸,这就导致了以氢化油为原料的食物中含有了反式脂肪酸;再者,顺式脂肪酸在食品加工过程中受到环境条件的影响(加热、氧化等)而异构化形

成一定量的反式脂肪酸^[10]。就顺式饱和脂肪酸异构化形成反式脂肪酸的机理而言,单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸是有区别的。图 2^[11]和图 3^[12]分别是单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸异构化形成反式脂肪酸的机理。由图 2、图 3 可以看出,单不饱和脂肪酸异构化的途径主要是自由基链式反应,而多不饱和脂肪酸异构化形成反式脂肪酸的途径包括自由基链式反应(图 3a)和分子内重排两种途径(图 3b)。

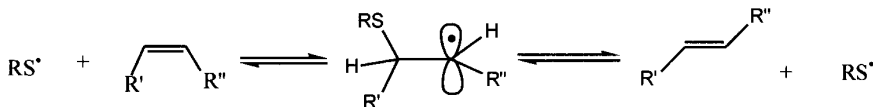


图 2 单不饱和脂肪酸形成反式脂肪酸的途径

3 反式脂肪酸的生物活性

血脂中的低密度脂蛋白胆固醇浓度是动脉粥样硬化和心血管疾病的主要危险因素,而高密度脂蛋白胆固醇是动脉粥样硬化和心血管疾病的预防因子。血脂低密度脂蛋白胆固醇/高密度脂蛋白胆固醇值越高,患动脉粥样硬化和心血管疾病的几率就越大。研究发现,与顺式单不饱和或多不饱和脂肪酸含量较高的膳食相比,含有较高含量反式脂肪酸的膳食能够增

加血脂低密度脂蛋白胆固醇降低高密度脂蛋白胆固醇^[13]。对反式脂肪酸影响血脂的量效关系研究发现,若摄入的反式脂肪酸所产生的能量等于或高于膳食总能量的 4%,血脂低密度脂蛋白胆固醇含量就会升高;而当摄入的反式脂肪酸所产生的能量等于或高于膳食总能量的 5%~6%,血脂高密度脂蛋白胆固醇含量就会降低^[14]。因此,反式脂肪酸是动脉粥样硬化和心血管疾病的危险因素。

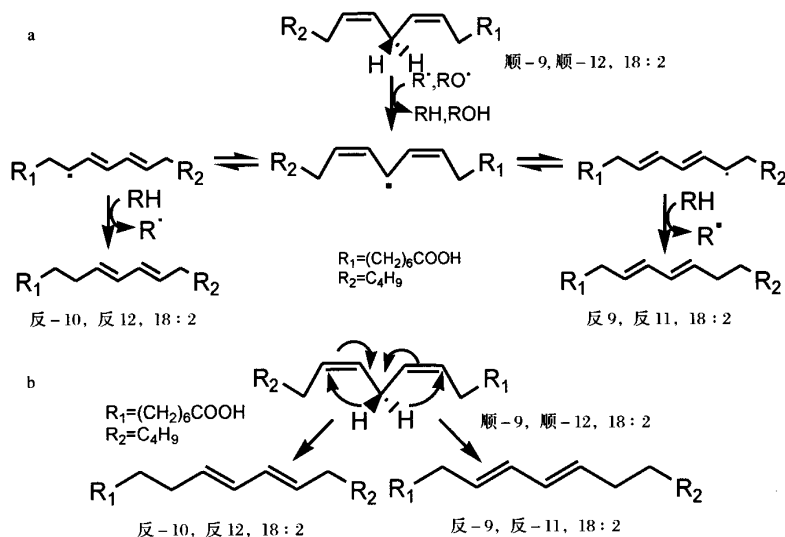


图3 多不饱和脂肪酸形成反式脂肪酸的途径

Koletzko 等人^[15]认为,胎儿血脂中反式脂肪酸的水平与其出生体重呈负相关,这表明反式脂肪酸能抑制人类的早期发育与生长。Brayt 等人^[16]认为,反式脂肪酸能提高胰岛素抗性(insulin resistance),而这将会增加人们患 II 型糖尿病的机率。

需要说明的是,并不是所有的反式脂肪酸都对人体有害。反式脂肪酸的生物活性与其结构密切相关,不同结构的反式脂肪酸可能具有完全不同甚至相反的生物活性。最为显著的实例是具有反式结构的共轭亚油酸,这类反式脂肪酸对人体健康的维护意义重大^[17]。

4 降低食物中反式脂肪酸的方法

反式脂肪酸的安全性已受到极大的关注,并且有些法定部门已明确做出对食品中反式脂肪酸含量做标示的要求^[18]。在此形势下,一些食品研究机构和食品生产企业在降低食物中反式脂肪酸方面进行了卓有成效的研究。

4.1 优化氢化条件

通过选择合适的氢化条件(如压力、温度和催化剂)就能改变氢化后油脂中反式脂肪酸的形成量、氢化油的熔点、油脂中固体脂肪含量以及其他一些性质。研究发现通过增加氢化程度可以降低氢化油中反式脂肪酸的含量而增加饱和的脂肪酸的含量,而所得氢化油与传统氢化油有相同的性能。在对大豆氢化油形成的动态研究中发现,随着氢化程度的不断提高,氢化油的含量先增加,达到一个最大值后开始下

降,但在整个氢化过程中,饱和脂肪酸的含量在不断增大^[19]。

4.2 酯交换反应的应用

酯交换反应是油脂改性的良好方法。通过酯交换反应可以将饱和度较高的酰基集中连接在甘油上从而形成性能上类似于氢化油的改性油脂。通过酯交换制备出的油脂中反式脂肪酸含量很低甚至不含反式脂肪酸。目前,常见的处理是将一种没有氢化的植物油(85%)与另一种完全氢化的植物油(15%)混合后进行酯交换反应而制备改性油脂。

4.3 使用高固体脂肪指数的原料油

有些天然油脂的固体脂肪指数本身就很高,这使其性能与氢化油相比含有更低的反式脂肪酸。常见的这类油脂包括椰子油、棕榈油、棕榈仁油等它们都是商业化的产品可以获得。利用这类油脂就可以生产反式脂肪酸含量较低的食品。

4.4 性能强化油的使用

高油酸含量(高油酸向日葵油和菜籽油)、中油酸含量(中油酸向日葵油和大豆油)或低亚油酸含量(低亚油酸菜籽油和大豆油)的油脂的氧化稳定性比较高,在食品加工过程中不容易被氧化成反式脂肪酸。这些油脂可以通过植物杂交育种或基因工程等生物品种改良手段而得到。

参考文献

- 1 Ronaid P, Peter L Z, Arnold D M K, et al. Effects of di-

- etary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2003, 77: 146~155
- 2 Jorge S, Frank B H, JoAnn E M, et al. Dietary fat intake and risk of type 2 diabetes in women [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2001, 73: 1019~1026
 - 3 Carlson S E, Clandinin M T, Cook H W, et al. Trans fatty acids: infant and fetal development [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 1997, 66: 715s~736s
 - 4 Aro A, Antoine J M, Pizzoferrato L, et al. Trans fatty acids in dairy and meat products from 14 european countries: the TRANSFAIR study [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1998, 11 (2): 150~160
 - 5 Amelsvoort J V. Trans fatty acids in dietary fats and oils from 14 european countries: the TRANSFAIR study [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 1998 (11): 137~149
 - 6 Martin C A. Trans fatty acid content of Brazilian biscuits [J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(3): 445~448
 - 7 Allison D B, Egan D K, Barraj L M, et al. Estimated intakes of trans fatty and other fatty acids in the US population [J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 1999, 99: 166~174
 - 8 Cantwell M M, Flynn M A T, Cronin D, et al. 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
 - 9 Elias S L, Sheila M. Bakery foods are the major dietary source of trans-fatty acids among pregnant women with diets providing 30 percent energy from fat [J]. *Journal of the American Dietetic Association*, 2002, 102(1): 46~51
 - 10 Muik B, Lendl B, Molina D, et al. Direct monitoring of lipid oxidation in edible oils by Fourier transform Raman spectroscopy [J]. *Chemistry and Physics of Lipids*, 2005, 134(2): 173~182
 - 11 Carla F, Kratzsch S, Brede O, et al. Trans lipid formation induced by thiols in human monocytic leukemia cells [J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2005, 38 (9): 1180~1187
 - 12 Frederic D. Thermally induced formation of conjugated isomers of linoleic acid [J]. *Europe Journal Lipid Science and Technology*, 2005, 107 (3): 167~172
 - 13 Mitmesser S H. Trans fatty acids alter the lipid composition and size of apoB ~ 100-containing lipoproteins secreted by HepG2 cells [J]. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2005, 16 (3): 178~183
 - 14 Kris-Etherton P M, Etherton T D. The impact of the changing fatty acid profile of fats on diet assessment and health [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2003, 16 (3): 373~378
 - 15 Koletzko B, Decsi T M. Aspects of trans fatty acids [J]. *Clinical Nutrition (Edinburgh)*, 1997, 16(5): 229~237
 - 16 Bray G A., Lovejoy J C, Smith S R., et al. The Influence of different fats and fatty acids on Obesity Insulin Resistance and Inflammation [J]. *Journal of Nutrition*, 2002, 132: 2488~2491
 - 17 Belury M. Not all trans-fatty acids are alike: What consumers may lose when we oversimplify nutrition facts [J]. *Beyond the Headlines*, 2002, 102(11): 1606~1607
 - 18 Anonymous. FDA calls for trans fatty acid content on food labels. *Chemical Market Reporter*, 2003, 14(264): 1
 - 19 Hunter J E. Dietary levels of trans-fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use [J]. *Nutrition Research*, 2005, 25 (5): 499~513

Studies on the Trans - fatty Acids in Foods

Yang Hu Yang Changmin Wu Xueqin Zhao Guohua

(Food College of Southwest University, Chongqing 400716, China)

ABSTRACT Recent research about trans-fatty acids application in food was reviewed, including the level of exposing of the trans-fatty acid, content, source, formation mechanism, biological activity and control method. Meanwhile, the suggestions of the application in country were also discussed.

Key words dietary, trans-fatty acid, exposing level, biological activity, content