

王以群研究员主持“膳食脂肪与健康”特约专栏文章之四

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.03.004

KANG J X. 研发生产富含 Omega-3 脂肪酸食品是改善民众营养健康状况的重要饮食策略[J]. 粮油食品科技, 2022, 30(3): 41-45.

KANG J X. Development and production of Omega-3 fatty acids-enriched foods is an important dietary strategy to improve people's nutritional and health status[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2022, 30(3): 41-45.

研发生产富含 Omega-3 脂肪酸食品 是改善民众营养健康状况的 重要饮食策略

Jing-xuan KANG (康景轩)

(哈佛大学医学院麻省总医院脂质医学与技术实验室, 波士顿 MA 02129, 美国)

摘要: Omega-6 和 Omega-3 脂肪酸都是对细胞结构和功能非常重要的必需营养素, 但人体不能合成, 必须从食物中获得。这两类脂肪酸在代谢和功能上不同, 并拮抗调节许多生理和病理过程。因此, Omega-6 和 Omega-3 脂肪酸之间的相对平衡对健康至关重要。然而, 现今的饮食中 Omega-6 过多, 而 Omega-3 过少, 导致严重失衡, 大多数人体内的 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比率很高 (>10)。许多证据表明, 这个失衡是导致现代慢性疾病发生和发展的关键因素。越来越多的实验室及临床研究结果表明, 通过增加机体组织中的 Omega-3 脂肪酸和/或减少 Omega-6 脂肪酸来均衡 Omega-6/Omega-3 脂肪酸的比例, 对许多危及生命的慢性疾病的防治和促进公众健康都非常有益。因此, 开发和生产富含 Omega-3 脂肪酸的食品应作为每个国家的一项健康重点工程, 以平衡必需脂肪酸的摄入, 从而改善人们的营养和健康状况。

关键词: 必需脂肪酸; Omega-3 脂肪酸; Omega-6 脂肪酸; Omega-6/Omega-3 比例; 慢性疾病; 食品; 膳食脂肪; 食用油

中图分类号: TS201.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2022)03-0041-05

网络首发时间: 2022-05-11 13:59:41

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220511.1351.002.html>

Development and Production of Omega-3 Fatty Acids-Enriched Foods is an Important Dietary Strategy to Improve People's Nutritional and Health Status

Jing X. KANG

(Laboratory for Lipid Medicine and Technology, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston MA02129, USA)

Abstract: Both Omega-6 and Omega-3 fatty acids are essential nutrients important for cellular structure and function but cannot be synthesized by the human body and must be obtained from food. These two classes of

收稿日期: 2022-03-12

作者简介: Jing-xuan KANG (康景轩), 男, 1962 年出生, 博士, 教授, 研究方向为 Omega-3 脂肪酸、Omega-6/Omega-3 比率与人类健康、营养基因组学、脂质组学、代谢组学、肠道菌群、慢性炎症, 以及慢病干预等转化应用研究。E-mail: jxkang@mgh.harvard.edu. 作者详细介绍见 PC17。本文英文原文详见 P46。

fatty acids are metabolically and functionally different and antagonistically regulate many physiological and pathological processes. Thus, the relative balance between Omega-6 and Omega-3 fatty acids are critical for good health. However, today's diet contains too much Omega-6 but too little Omega-3, leading to a severe imbalance with a very high Omega-6/Omega-3 ratio (>10) in most people. Many lines of evidence suggest that this imbalance is a key factor contributing to the development of modern chronic diseases. A growing number of studies ranging from laboratory research to clinical trials have shown that balancing the tissue ratio of Omega-6/Omega-3 fatty acids by increasing tissue levels of Omega-3 fatty acids and/or decreasing the content of Omega-6 fatty acids are very beneficial for the prevention and treatment of many life-threatening chronic diseases as well as for health promotion of the general public. Therefore, development and production of foods rich in Omega-3-fatty acids should be considered as a key health program to balance essential fat intake and thereby improve the nutritional and health status of all people.

Key words: essential fatty acids; Omega-3 fatty acids; Omega-6 fatty acids; Omega-6/Omega-3 ratio; chronic disease; food; dietary fat; cooking oils

1 Omega-3 脂肪酸的生化及功能特征

Omega-3 脂肪酸是一类很特别的脂肪, 具有以下特征: 在结构上, 它们呈长碳氢链 (18 或以上个碳原子), 包含三个或以上 (最多六个) 双键。第一个双键出现在甲基末端的第三个碳原子上。这些脂肪酸被称为“必需”脂肪酸, 因为它们不能由身体 (动物或人类) 产生, 必须由饮食提供以保障健康的需要。Omega-3 脂肪酸的来源有限。与食品中广泛存在的其他脂肪酸不同, 这些 Omega-3 脂肪酸主要存在于富含脂肪的鱼类、某些蔬菜和坚果中。在功能上, Omega-3 脂肪酸可以对细胞功能产生广泛的影响。除了作为能量来源外, 这些脂肪酸是决定细胞膜理化性质的重要因素, 还可作为产生信号分子或功能介质的底物以及调控基因表达的调节剂。因此, Omega-3 脂肪酸可以通过多种机制深刻影响生理活动和病理过程。

食物中常见的三种 Omega-3 脂肪酸是: α -亚麻酸 (ALA)、二十碳五烯酸 (EPA) 和二十二碳六烯酸 (DHA)。ALA 主要存在于植物性食物 (如蔬菜、坚果和种子) 中, 而 EPA 和 DHA 主要存在于海洋脊椎动物和藻类中。虽然人类身体能够将 ALA 转化为 EPA 和 DHA, 但这不是一个非常有效的过程, 转化率很低。Omega-3 脂肪酸, 尤其是 DHA, 在大脑、心脏和视网膜中含量丰富, 对这些器官的细胞结构和功能非常重要。

2 Omega-3 和 Omega-6 脂肪酸在现代饮食中含量的反差

饮食中 Omega-3 脂肪酸的含量在人类进化和文明演化过程中发生了巨大变化^[1-2]。人类祖先先吃的食物与今天吃的完全不同。研究认为, “古代”食物富含 Omega-3 脂肪酸, 并且 Omega-6 和 Omega-3 脂肪酸的摄入量比例相等 (即, Omega-6/Omega-3 的比例接近 1:1)^[2]。然而, 今天的情况却大不相同。饮食依赖谷物的现代农业导致总饱和脂肪酸和 Omega-6 多不饱和脂肪酸 (主要是亚油酸和花生四烯酸) 的增加。这些 Omega-6 脂肪酸在植物油 (如玉米油、葵花籽油、大豆油、红花油等) 和饲料饲养的动物肉中含量丰富。在过去的一个世纪里, 工业革命、产销加工食品的农商产业的涌现、谷物肥育牲畜及家禽的饲养业和植物油的氢化加工等都进一步降低了 Omega-3 脂肪酸, 而大大增加了 Omega-6 脂肪酸在食物中的含量^[2-3]。事实上, 目前市面上大多数常见的食品都含有大量的 Omega-6 脂肪酸, 但很少或根本没有 Omega-3 脂肪酸。因此, 许多国家的现代饮食都缺乏 Omega-3 脂肪酸, 而 Omega-6 脂肪酸过多, 导致 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比率 >10 ^[3-5]。显然, 这个比例与人类建立在 1:1 比例上的基因构成不协调。不幸的是, 人类身体无法在如此短的时间内调整其基因谱以适应新的比例。

3 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比例失衡与慢性疾病的发生发展密切相关

Omega-6/Omega-3 脂肪酸比例失衡可增加人们患慢性疾病（如肥胖、糖尿病、心血管疾病、癌症、阿尔茨海默病等）的风险，从而对公共健康造成严重威胁^[2-3,6]。这两类必需脂肪酸在生物合成和代谢中竞争相同的酶，并对许多生理和病理过程产生相反的影响，包括炎症反应、肠道菌群、能量代谢、胰岛素敏感性和脂肪生成等，而这些病理生理的变化却是多种慢性疾病发生发展的基础^[7-8]。（总体来说，Omega-6 脂肪酸促进炎症反应，而 Omega-3 脂肪酸具有抗炎特性。^[8]）越来越多的多层面（包括分子、动物和人体）的研究结果表明，机体组织中 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比率过高与多种主要疾病的发生发展密切相关，而平衡或降低 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比率可以对许多临床问题产生显著有益的影响，并降低慢性病的发病率^[6-7,9-10]。笔者实验室最近使用基因工程方法（Fat-1 和 Fat-2 转基因小鼠模型）进行的研究也有力地支持这样一种观点，即高 Omega-3、低 Omega-6 的饮食有助于预防或治疗许多慢性疾病^[7,9,11-15]。因此，笔者认为，人类饮食中 Omega-6 和 Omega-3 脂肪酸之间的不平衡是最关键的现代营养问题之一；通过减少饮食中的 Omega-6 同时增加 Omega-3 脂肪酸来平衡或降低这一比例，是应对人类今天面临的慢性病流行的关键解决方案。

4 Omega-3 脂肪酸对人类健康的重要性（近期研究概况）

Omega-3 脂肪酸因其具有多种健康益处，现已成为被研究得最多最深入的营养素之一^[16]。迄今为止，已经发表了近 6 万篇科学研究论文，涵盖了 Omega-3 的方方面面，从生物化学到基因工程技术，从健康食品到药物，从优生优育到抗衰老作用，显示了它对人类健康的非凡重要性^[17]。在 Omega-3 脂肪酸的众多健康益处中，其对心脏保护作用^[18]、抗炎作用^[19]、抗癌作用^[20]和神经保护作用^[21]得到最深入的研究，越来越多的结论性研究结果正在得到认可^[22]。最近的研究还强调了 Omega-3 脂肪酸，尤其是 EPA 和 DHA 在大脑发

育和功能^[23]、孕产妇健康^[24]、肥胖管理^[25]和长寿^[26-29]中的重要性。在此基础上，一些政府卫生机构（如 WHO-AFO、US-NAS 等）和科学组织（如 ISSFAL、AHA 等）已经提出增加 Omega-3 摄入量的建议或声明^[30]。然而，各方的推荐量有很大差异，有待进一步调整。鉴于其对生命周期的各个阶段有着多种有益的影响，Omega-3 脂肪酸现在已被广泛用作健康食品、膳食补充剂以及治疗药物。

5 促进富含 Omega-3 脂肪酸食品的开发和生产的必要性、紧迫性及效益

威胁人类生命的慢性疾病（包括心血管疾病、糖尿病和癌症等）日益流行，已成为一个重大的全球健康问题。在过去几十年中，许多国家都经历了这些慢性病的快速而广泛的发展。不幸的是，这些疾病的发病率在未来几年只会继续增加。值得注意的是：（1）导致这些慢性病发生和发展的因素中，约 70%~80% 与不健康饮食或营养不平衡有关；（2）目前有一种主要的慢性病可以单靠药物治愈，相反，许多药物往往会对患者造成不良副作用。因此，为了更好地预防和治疗这些疾病，迫切需要能消除或控制慢性病根源的安全有效的健康解决方案。据上所述，在人类饮食和身体中平衡 Omega-6/Omega-3 脂肪酸比例就是一个针对慢性疾病根源的解决方案。

因此，笔者呼吁，通过促进富含 Omega-3 脂肪酸食品的开发和生产，以平衡必需脂肪酸的摄入（即增加 Omega-3 和减少 Omega-6 脂肪酸）作为每个国家的一项重点健康工程或重要饮食策略。这将会产生许多显著的社会和经济效益。

从医疗和公共卫生的角度来看，这一举措有助于改善全民的整体健康。鉴于 n-3 脂肪酸是人体细胞的重要结构和功能物质，但人体不能合成，而 Omega-3 脂肪酸的缺乏是许多慢性疾病发生和发展的关键因素，Omega-3 脂肪酸对于整个生命周期的健康促进（所有人，不分年龄和性别）和各个阶段的疾病管理（预防、治疗、康复）都很有价值。因此，这项工作（增加 Omega-3 脂肪酸摄入）不仅可以帮助降低慢性病的发病率和死亡率，还可以提高全民的健康质量，从而大大减轻

各国的医疗负担。

从研究和技术的角度来看, 公众对 Omega-3 食品需求的增加将推动该领域新技术的研发。一些前沿技术, 如脂质组学、营养基因组学、基因工程(动植物基因改造技术)、优质油脂加工技术、新型健康食品的配方和生产技术等, 对于确保优质 Omega-3 油脂的持续供应、生产健康美味的食品以满足消费者的需求至关重要, 因此会得到相应的重视和发展。

在产业和社会经济层面, Omega-3 脂肪酸消费量的增加以及由此产生的 Omega-3 产业链的崛起将推动许多相关产业的发展和转型, 包括农业、畜牧业、水产养殖、饲料业、食品加工、营养和饮食、健康管理等。对 Omega-3 食品需求的增加将为这些行业带来新的发展机遇和经济增长点。由于 Omega-3 产业链覆盖范围如此之广, 其产值可达数千亿美元。

6 建议与期待

笔者认为, 无论在哪一个国家, 若要广泛有效地实施这 Omega-3 计划, 应从政府机构、研究人员、企业家到消费者的各个层面, 充分认识增加 Omega-3 脂肪酸摄入量的重要性和紧迫性。值得注意的是, 食品生产和加工在很大程度上决定了消费者对营养素的可得性, 而目前的食品生产和加工的做法产生了许多不健康的食品, 需要消费者进行饮食调整以回避风险。因此, 未来的农业和食品生产应基于科学合理的营养指南, 生产出更利健康的食品。

总之, 建立和推广“Omega-3 饮食计划”需要政策制定者、研究人员、食品生产者、医疗专业人员、教育工作者等共同努力。通过这些努力, 期待在未来实现“健康农业, 健康食品, 健康人民”的全球目标。

参考文献:

[1] EATON S B, KONNER M. Paleolithic nutrition. A consideration of its nature and current implications[J]. *N Engl J Med*, 1985, 312: 283-289.

[2] LEAF A, WEBER P C. A new era for science in nutrition[J]. *Am J Clin Nutr*, 1987, 45: 1048-1053.

[3] SIMOPOULOS A P. Importance of the Omega-6/Omega-3

balance in health and disease: evolutionary aspects of diet[J]. *World Rev Nutr Diet*, 2011, 102: 10-21.

[4] STARK K D, VAN ELSWYK M E, HIGGINS M R, et al. Global survey of the Omega-3 fatty acids, docosahexaenoic acid and eicosapentaenoic acid in the blood stream of healthy adults[J]. *Prog Lipid Res*, 2016, 63: 132-52.

[5] BLASBALG T L, HIBBELN J R, RAMSDEN C E, et al. Changes in consumption of Omega-3 and Omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century[J]. *Am J Clin Nutr*, 2011, 93(5): 950-62.

[6] SIMOPOULOS A P, CLELAND L G (Editors). Omega-6/Omega-3 essential fatty acid ratio: the scientific evidence[J]. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 2003, 92 (Basel, Karger).

[7] KALIANNAN K, LI X Y, WANG B, et al. Multi-omic analysis in transgenic mice implicates Omega-6/Omega-3 fatty acid imbalance as a risk factor for chronic disease[J]. *Commun Biol*, 2019, 26(2): 276.

[8] KANG J X, WEYLANDT K H. Modulation of inflammatory cytokines by Omega-3 fatty acids[J]. *Subcell Biochem*, 2008, 49: 133-43.

[9] KANG J X. Balance of Omega-6/Omega-3 essential fatty acids is important for health. The evidence from gene transfer studies[J]. *World Rev. Nutr. Diet*, 2005, 95: 93-102.

[10] DINICOLANTONIO J J, JAMES O'KEEFE J. The importance of maintaining a low Omega-6/Omega-3 ratio for reducing the risk of autoimmune diseases, asthma, and allergies[J]. *Mo Med*, 2021, 118(5): 453-459.

[11] KANG J X. Fat-1 transgenic mice: a new model for Omega-3 research[J]. *Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids*, 2007, 77: 263-267.

[12] HUDERT C A, WEYLANDT K H, LU Y, et al. Transgenic mice rich in endogenous Omega-3 fatty acids are protected from colitis [J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2006, 103: 11276-11281.


[13] XIA S, LU Y, WANG J, et al. Melanoma growth is reduced in fat-1 transgenic mice: impact of Omega-6/Omega-3 essential fatty acids[J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2006, 103: 12499-12504.

[14] HE C, QU X, CUI L, et al. Improved spatial learning performance of fat-1 mice is associated with enhanced neurogenesis and neuritogenesis by docosahexaenoic acid[J]. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2009, 106: 11370-11375.

[15] WAN J B, HUANG L L, RONG R, et al. Endogenously decreasing tissue n-6/n-3 fatty acid ratio reduces atherosclerotic lesions in apolipoprotein E-deficient mice by inhibiting systemic and vascular inflammation[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2010, 30(12): 2487-94.

[16] HARRIS W S, CALDER P C, MOZAFFARIAN D, et al. Bang and Dyerberg's Omega-3 discovery turns fifty[J]. *Nature Food*, 2021, 2: 303-305.

[17] Search PubMed with “fish oil OR n-3 fatty acids OR n-3 polyunsaturated fatty acids OR Omega-3 OR docosahexaenoic acid OR eicosapentaenoic acid OR linolenic acid”[R]. 2022, 2.

- [18] KHAN S U, LONE A N, KHAN M S, et al. Effect of Omega-3 fatty acids on cardiovascular outcomes: A systematic review and meta-analysis[J]. *EClinicalMedicine*, 2021, 38: 100997.
- [19] CALDER P C. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes: from molecules to man[J]. *Biochem Soc Trans*, 2017, 45(5): 1105-1115.
- [20] WEI L, WU Z, CHEN Y Q. Multi-targeted therapy of cancer by Omega-3 fatty acids-an update[J]. *Cancer Lett*, 2022, 526: 193-204.
- [21] DINICOLANTONIO J J, O'KEEFE J H. The importance of marine Omega-3s for brain development and the prevention and treatment of behavior, mood, and other brain disorders[J]. *Nutrients*, 2020, 12(8): 2333.
- [22] HARRIS W S. Blood n-3 fatty acid levels and total and cause-specific mortality from 17 prospective studies[J]. *Nat Commun*, 2021, 12(1): 2329.
- [23] von SCHACKY C. Importance of EPA and DHA blood levels in brain structure and function[J]. *Nutrients*, 2021, 13(4): 1074.
- [24] FIROUZABADI F D, SHAB-BIDAR S, JAYEDI A. The effects of Omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation in pregnancy, lactation, and infancy: An umbrella review of meta-analyses of randomized trials[J]. *Pharmacol Res*, 2022, 177: 106100.
- [25] SIMOPOULOS A P, DINICOLANTONIO J J. The importance of a balanced ω -6 to ω -3 ratio in the prevention and management of obesity[J]. *Open Heart*, 2016, 3(2): e000385.
- [26] KANG J X. Differential effects of Omega-6 and Omega-3 fatty acids on telomere length[J]. *Am. J. Clin. Nutr*, 2010, 92: 1276-1277.
- [27] ALI S, SCAPAGNINI G, DAVINELLI S. Effect of Omega-3 fatty acids on the telomere length: A mini meta-analysis of clinical trials[J]. *Biomol Concepts*, 2022, 13(1): 25-33.
- [28] McBURNEY M I, TINTLE N L, VASAN R S, et al. Using an erythrocyte fatty acid fingerprint to predict risk of all-cause mortality: the framingham offspring cohort[J]. *Am J Clin Nutr*, 2021, 114(4): 1447-1454.
- [29] LAI H T, de OLIVEIRA OTTO M C, LEMAITRE R N, et al. Serial circulating Omega 3 polyunsaturated fatty acids and healthy ageing among older adults in the Cardiovascular Health Study [J]. *Prospective Cohort Study BMJ*, 2018, 363: k4067.
- [30] GEBAUER S K, PSOTA T L, HARRIS W S, et al. n-3 fatty acid dietary recommendations and food sources to achieve essentiality and cardiovascular benefits[J]. *Am J Clin Nutr*, 2006, 83(6 Suppl): 1526S-1535S. 

英译中：康景轩、朱莹丹

校核：康景轩、段章群