

刘元法教授主持“未来粮油食品”特约专栏文章之二

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.01.002

徐勇将, 雷竞男, 张哲皓, 等. 未来健康油脂: 精准营养与适度加工[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(1): 6-11.

XU Y J, LEI J N, ZHANG Z H, et al. Future healthy oil: precision nutrition and moderate processing[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(1): 6-11.

未来健康油脂: 精准营养与适度加工

徐勇将^{1,2}, 雷竞男^{1,2}, 张哲皓², 叶展^{1,2}, 刘元法^{1,2}✉

(1. 江南大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江苏 无锡 214122;

2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122)

摘要: 油脂是提供脂肪酸和各类微量功能成分的重要来源, 对人体健康发挥重要调节作用。油脂中常量和微量成分与营养健康密切相关。从精准营养与适度加工两个方面介绍未来健康油脂发展目标与策略: 一方面, 基于生命周期和生理状态的精准营养是油脂科学的重点研究领域。另一方面, 适度加工较大程度保留维生素 E 等营养物质, 避免反式脂肪酸等风险因子的生成, 既保证了油脂安全, 又减少了健康有益脂肪伴随物损失, 是油脂工程化研究的发展方向。因此, 在营养和安全双重考虑下, 油脂精准营养、适度加工将助力“健康中国”和“双碳”战略的落实。未来健康油脂不仅提供基础营养与风味, 还赋予不同生命周期人群(如婴幼儿、儿童、青少年、成年人、老年人)特定的健康功能, 并维持不同生理状态人群的机体稳态(如妊娠与哺乳期女性)。

关键词: 油脂; 精准营养; 适度加工; 未来油脂; 健康油脂

中图分类号: TS221 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)01-0006-06

网络首发时间: 2022-09-16 10:52:35

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20220915.1600.007.html>

Future Healthy Oil: Precision Nutrition and Moderate Processing

XU Yong-jiang^{1,2}, LEI Jin-nan^{1,2}, ZHANG Ze-hao², YE Zhan^{1,2}, LIU Yuan-fa^{1,2}✉

(1. State Key Laboratory of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract: Oil is a significant source of fatty acids and various trace functional components, and plays a vital role in regulating human health. The macro- and micro-components in oils are closely related to nutritional health. This paper introduces the future development goals and strategies of healthy oils from two aspects of precise nutrition and moderate processing. Firstly, precise nutrition based on life cycle and physiological state is a priority research area of lipid science. On the other hand, moderate processing will retain nutrients

收稿日期: 2022-06-06

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFD2100300); 山东省重点研发计划(重大科技创新工程)(2021CXGC010808); 江苏省重点科技项目(BE2021306)

Supported by: National Key Research and Development Project of China (No. 2021YFD2100300); Key Research and Development Project of Shandong Province (Major Scientific and Technological Innovation Project) (No. 2021CXGC010808); Key Science and Technology Program of Jiangsu Province (No. BE2021306)

作者简介: 徐勇将, 男, 1982 年出生, 博士, 教授, 研究方向为食品脂质营养与安全。E-mail: yjxutju@gmail.com.

通讯作者: 刘元法, 男, 1974 年出生, 博士, 教授, 研究方向为油脂加工与安全营养。E-mail: yfliu@jiangnan.edu.cn.

such as vitamin E, phytosterols, and squalene to a greater extent, and avoid the formation of risk factors such as *trans* fatty acids, 3-chloropropanol esters, and glycidyl esters. Moderate processing not only ensures the safety of oil, but also reduces the loss of healthy and beneficial fat concomitants, which is the development direction of oil engineering research. Therefore, under the dual demands of nutrition and safety, accurate nutrition and moderate processing of oils will help the implementation of "Healthy China" and "Double-Carbon" strategies. Future healthy oils will not only provide basic nutrition and flavor, but also give specific health functions to people with different life cycles, such as infants, children, adolescents, adults and the elderly, and maintain the homeostasis of people with different physiological states including pregnant and lactating women.

Key words: oils; precision nutrition; moderate processing; future oils; healthy oils

油脂作为日常饮食中的重要组成部分, 其重要功能是给机体提供能量, 1 g 脂肪可以产生的热量大约是 9 千卡, 是碳水化合物或蛋白质的 2.5 倍^[1]。除了提供能量, 油脂还可以提供亚油酸、亚麻酸等必需脂肪酸以及人体不可或缺的脂溶性维生素^[2]。此外, 油脂在维持机体温度及新陈代谢、保护内脏等方面都发挥着重要角色, 也是人体细胞组成的关键成分。

随着城镇化进程的加快及居民生活水平的提高, 在油脂消费领域中, 人们越来越趋向高营养、多样化的选择^[3]。合理的营养不仅为人类的生长发育和维持正常生理功能奠定了基础, 也是国际公认的减少肥胖、心血管疾病、II 型糖尿病和肿瘤等慢性非传染性疾病负担和相关风险因素最为有效和经济的方法之一^[4]。目前膳食营养指南都是基于平均人群数据, 理论上, 能够满足 97%~98% 的特定年龄性别和特定生理状态下个体的需求量^[5]。但是年龄 (如婴幼儿和老人)、生理状态 (如孕妇乳母)、人种、地域等因素都会导致个体对油脂需求的差异^[6], 这些差异通过影响油脂的消化、吸收、转运、代谢和储存及内环境的稳态调控, 最终反映为个体或亚人群在营养反应或疾病易感性的差异。“精准营养”就是基于特定个体和人群的需求, 提供多维动态的膳食推荐, 实现健康促进和疾病防治^[7]。

另一方面, 人们越来越注意到油脂的过度加工会导致油脂营养有益物质的流失和健康危害物的伴生。因此, 研究油脂油料的基础物理化学性质, 明确目标产品的性质、组成、规格等, 进而

开展食用油脂精准营养与适度加工, 实现脂质营养与健康、资源利用与绿色加工的最终目标已经成为油脂行业重要的发展方向, 也是提高食用油品供给质量, 减少高脂膳食危害, 解决“双重营养负担”问题, 促进食用油加工行业转型升级的重要保障^[8]。

未来健康油脂既可以提供基础油脂的营养和风味, 又可以提供普适或者特定性的健康作用, 从而维持机体稳态或者进一步改善患病风险。因此, 针对不同人群的个性化精准营养和保证油脂营养品质的精准适度加工是未来健康食用油的两大重要基石。

1 油脂精准营养

1.1 不同生命周期的油脂精准营养

生命每个阶段 (婴幼儿、儿童、青少年、成年人、老年人) 的特定生理状况决定了营养需求的差异。在婴幼儿阶段, 婴儿摄入的脂肪酸种类与脂肪含量对其生长发育起关键作用^[9]。母乳无疑是婴幼儿最佳的食物, 其含有约 4.0% 脂肪^[10], 可以为婴幼儿提供相应的能量, 例如为 0~6 个月婴儿供给 45.0% 的能量, 并且提供了婴儿脑与视力发育不可缺少的亚油酸和亚麻酸^[11]。但是, 对于一些无法得到母乳喂养的婴幼儿, 倘若没有摄入适量的油脂, 很大可能对他们的成长产生负面影响。因而《食品安全国家标准婴儿配方食品》(GB 10765—2010) 中为满足婴儿生长发育而规定了配方食品中亚油酸与 α -亚麻酸比值在 5~15 之间。

儿童阶段生长发育速率开始变得缓慢,但仍处于较高的水平。虽然儿童膳食结构与成年人基本一致,但由于生长需求,儿童对各类营养素的需求较高,并且其与青少年期和成年期罹患肥胖症有较大的联系。虽然大量研究建议儿童智力营养品中添加 DHA 和 EPA 可用于促进智力发育和生长^[12],但是在人体内 EPA 是前列腺环素 PGI₃ 的前体物质。PGI₃ 在治疗心脑血管等慢性疾病方面具有良好的功效,但如果儿童服用过多的 EPA 可能会致使性早熟。此外, EPA 并不具有直接的益智作用,它不能通过血脑屏障而被大脑吸收。因此,儿童阶段需要应合理摄入油脂数量及种类^[13]。

对于青少年的营养建议通常是综合考虑营养缺乏和来自成人研究的推断而制定。在英国、美国和加拿大,目前的膳食营养指南已经从简单的推荐膳食摄入量演变为一个更复杂的钟形分布,其平均值代表了可能满足 50% 人口需要的摄入量。最上端的 97.5 分位数代表可能满足大多数人需要的摄入量,而最下端的 2.5 分位数代表可接受的最低摄入量。因此,针对从童年到成年的过渡时期的青少年油脂精准营养具有非常重要意义^[14]。

对于成年人,中国营养学会建议脂肪提供的热量应该控制在饮食中总能量的 20%~25%^[15],联合国粮农组织和世界卫生组织则建议其不应超过总能量的 30%,且脂肪提供的热量中饱和脂肪酸不能大于 10%。

随着年龄的增加,老年人新陈代谢减缓,对热能的需求也相对减少。因此,老年人应该避免摄入的热量过多而引起肥胖等一些慢性疾病^[16],此外摄入脂肪的量应占总热量的 20% 左右,并且应尽量减少动物性和饱和脂肪,选用含不饱和脂肪多的植物性油脂。

1.2 不同生理状态的油脂精准营养

由于生命体处在不同生理状况,生长、繁殖、疾病等需要,对各种营养物质需求也会发生改变。

妊娠会使母体产生错综复杂的生理变化,以适应体内胎儿的发育。这个过程中,孕妇所需摄入的营养素不仅要维持机体的需求,还要满足胎儿的生长发育。在孕妇所需的营养素中,脂类的

生理代谢变化最大^[17]。怀孕初期,母体就会存积一些脂肪并为胎儿提供必需脂肪酸,以促进胎儿脑细胞增殖及脑神经生成。孕妇应多补充富含多不饱和长链脂肪酸的油脂,但过量的摄入又会致使妊高症发生等副作用。

哺乳期女性的膳食搭配要做到数量充沛、种类丰富、营养全面。乳母所消耗的能量和各类营养素因为为婴儿提供乳汁而偏多^[18],所以乳母适宜的脂肪摄入量应占到总热量的 27%。人乳中的脂肪含量受各种因素影响变化很大^[19],例如,母亲增加不饱和脂肪酸的摄入,乳汁中则表现出相同的增加趋势;倘若母亲从食物中获取的能量主要来源于糖类,则在乳汁中由糖类合成的中链脂肪酸会增多。

2 油脂适度加工

2.1 适度加工提高了油脂营养品质

油脂油料的加工分为预处理、制油、精炼等多个加工环节。目前,由于过度追求油脂的纯度,导致过度加工现象日趋严重。事实上,过度加工不但造成不必要的社会资源及能源的浪费,还导致大量的营养伴随物的损失和危害物的伴生。

针对上述问题,为了实现我国油脂行业的绿色低碳和精准适度加工,国家开展了一系列研发项目,如“大宗油料适度加工与综合利用技术及智能装备研发与示范”、“大宗油料绿色加工及高值化利用关键技术研发与应用示范”等,有效的缓解了我国食用油脂过度加工的问题。叶敏倩等^[20]为探究油茶籽油中的特征组分随工艺温度的变化,详细优化了精炼中各个工段的温度条件,发现脱胶、脱酸、脱色与冬化对应的温度分别为 55 °C、55 °C、90 °C 和 0 °C 时,最大程度的保留了成品油中的特征组分。董华等^[21]针对油脂过度加工而造成大量营养伴随物损失的问题,探究了不同加工工艺对玉米油营养指标的影响,优化最佳加工条件,降低了 7.7% 的维生素 E 损失,6.4% 的植物甾醇损失,且成品油各特性指标均符合国家要求。朱云^[22]研究发现角鲨烯会因油脂过度加工而损失严重这一问题,探究了角鲨烯的含量随不同的加工工艺变化的机制,提出三种低温

提油的方法——水酶法、冷榨法和快速液压法均可相对较多地将其保留在油中。

2.2 适度加工降低了油脂安全风险

油脂过度加工不但会导致营养物质损耗增加,还会伴随生成如 3-氯丙醇酯等对人体健康产生危害风险因子,增加食品的安全隐患,降低食用油品质,并且会引起食用油回味、返色等现象。

王兴国等^[23]发现反式脂肪酸的形成主要受到精炼中的脱臭工段影响,因此探究适度加工大豆油的工艺条件,将脱臭条件进行优化,与常规工艺相比,改进的脱臭工艺时间缩短了大约 30 min,温度降低了 25 °C,在降低反式脂肪酸含量的同时,降低了能耗与工艺时长。

近年的各项研究发现,不同植物成品油中的 3-氯丙醇酯(3-MCPD 酯)和缩水甘油酯(GEs)的含量有明显的差异,这主要是由涉及到高温的脱臭工段所导致。3-MCPD 酯和 GEs 危害人体健康,因此防范和控制脱臭过程 3-MCPD 酯和 GEs 的生成十分必要,必须对油脂脱臭工艺条件精准控制和优化^[24]。任我行等^[25]探究该工段的温度与时间对 3-MCPD 酯和 GEs 含量的影响,当工艺温度到 250 °C 时,该工段时间设置为 60 min,两者含量分别为 5.0 mg/kg 和 8.4 mg/kg,含量较高。但当工艺温度不超过 230 °C 时,工艺时间从 60 min 延长至 120 min,3-MCPD 酯含量仅提高了 2.58 mg/kg,GEs 含量仅提高了 3.88 mg/kg。由此看出,降低脱臭温度可以有效控制油脂适度加工中有害物质的生成。

玉米赤霉烯酮是在玉米生长及保藏过程中因受霉菌污染而产生的真菌毒素,此毒素严重威胁人体健康,而作为从玉米制品中得到的玉米胚芽油存在污染玉米赤霉烯酮的概率。精炼是防范成品油中玉米赤霉烯酮的主要加工工艺。董华等^[21]综合考虑营养物质和风险因子指标后,对精炼加工条件进行优化,脱胶、脱色、脱臭温度分别为 60 °C、105 °C、230 °C,脱胶、脱臭反应时间分别为 20 min 和 60 min,最终使得真菌毒素的去除率高达 88%。

精准适度加工食用油脂,既可以节约能源,又可以最大程度保留有益的营养物质,减少由过

度加工产生的有害物质的生成。

3 未来健康油脂展望

《“健康中国”2030 规划纲要》中指出在 2030 年内推进健康中国建设,建议以预防为主,实现科学健康的饮食生活方式,营造绿色安全的健康环境,从而减少疾病发生。油脂作为人体的三大基本营养素之一,如甘油三酯、类脂及其衍生物,与人体健康和慢性疾病发预防和治疗密切相关。高品质营养的油脂产品是实现“健康中国 2030”中国居民个性化精准营养的保障。

未来健康油脂首先明确了要从观念上认清油脂,提升油脂结构与营养功能关系的认识,基于特定个体和人群的需求,提供多维动态的膳食推荐,实现健康促进和疾病防治,实现油料全脂质与社会文明健康关系的跨越。

同时,油脂的过度加工会导致油脂营养有益物质的流失和健康危害物的伴生,挖掘营养性油料资源,采用精准适度加工技术,研发新型的功能型脂质,制备高品质营养好油,实现脂质营养与健康、绿色加工与高效资源利用,满足不同人群和多元化健康需求。

因此,满足不同人群的个性化精准营养需求和保证油脂营养品质的精准营养适度加工是未来健康食用油的发展方向,也是解决营养和安全双重诉求的重要途径。

参考文献:

- [1] 刘伟,王殿纯,郭秀云,等. 油脂的营养价值及其在畜牧业中的应用研究进展[J]. 饲料研究, 2019, 42(11): 104-108.
LIU W, WANG D C, GUO X Y, et al. Research progress on nutritional value of oil and its application in animal husbandry[J]. Feed Research, 2019, 42(11): 104-108.
- [2] 薛莉,黄晓荣,汪雪芳,等. 食用植物油营养成分及检测技术的研究进展[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(2): 446-451.
XUE L, HUANG X R, WANG X F, et al. Research progress on nutritional functional components and detection technology of edible vegetable oil[J]. Journal of Food Safety and Quality Inspection, 2017, 8(2): 446-451.
- [3] 程正载,龚凯,罗灿,等. 食用油与人体健康[J]. 化学教学, 2014(11): 81-86.
CHENG Z Z, GONG K, LUO C, et al. Edible oil and human

- health[J]. Chemistry Teaching, 2014(11): 81-86.
- [4] DEEN A, VISVANATHAN R, WICKRAMARACHCHI D, et al. Chemical composition and health benefits of coconut oil: an overview[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2021, 101(6): 2182-2193.
- [5] 本刊讯. 中国营养学会发布《中国居民膳食指南(2022)》[J]. 上海护理, 2022, 22(5): 55.
BEN K X. Chinese Nutrition Society issued "Dietary Guidelines for Chinese Residents (2022)"[J]. Shanghai Nursing, 2022, 22(5): 55.
- [6] 曹维, 汪志明, 胡传荣, 等. 特殊人群专用食用油的研制[J]. 食品工业, 2014, 35(9): 27-30.
CAO W, WANG Z M, HU C R, et al. Development of special edible oil for special populations[J]. Food Industry, 2014, 35(9): 27-30.
- [7] 郭英男, 郭倩颖, 柳鹏, 等. 精准营养的实践与挑战[J]. 中国慢性病预防与控制, 2021, 29(11): 874-878.
GUO Y N, GUO Q Y, LIU P, et al. Practice and challenges of precision nutrition[J]. China Chronic Disease Prevention and Control, 2021, 29(11): 874-878.
- [8] 王瑞元, 王兴国, 何东平. 食用油精准适度加工理论的发端、实践进程与发展趋势[J]. 中国油脂, 2019, 44(7): 1-6.
WANG R Y, WANG X G, HE D P. The origin, practice process and development trend of the theory of precise and moderate processing of edible oil[J]. China Oil, 2019, 44(7): 1-6.
- [9] 韦伟, 张星河, 金青哲, 等. 人乳脂中甘油三酯分析方法及组成的研究进展[J]. 中国油脂, 2017, 42(12): 35-39.
WEI W, ZHANG X H, JIN Q Z, et al. Research progress on analytical methods and composition of triglycerides in human milk fat[J]. China Oils and Fats, 2017, 42(12): 35-39.
- [10] 马翠玲, 张永花, 王克玲, 等. 母乳宏量营养素、钙检测及婴儿生长相关因素研究[J]. 现代医药卫生, 2021, 37(15): 2546-2549+2555.
MA C L, ZHANG Y H, WANG K L, et al. Research on breast milk macronutrients, calcium detection and related factors of infant growth[J]. Modern Medicine and Hygiene, 2021, 37(15): 2546-2549+2555.
- [11] 程立坤, 陈浩, 王国泽. 母乳中脂肪酸组成研究进展[J]. 现代食品, 2020(23): 4-11.
CHENG L K, CHEN H, WANG G Z. Research progress on fatty acid composition in breast milk[J]. Modern Food, 2020(23): 4-11.
- [12] 袁峰, 何卫加. 长链多不饱和脂肪酸对婴儿生长发育的作用[J]. 中国乳品工业, 2005(6): 47-49.
YUAN F, HE W J. Effects of long-chain polyunsaturated fatty acids on infant growth and development[J]. China Dairy Industry, 2005(6): 47-49.
- [13] KOLETZKO B, UAUY R, PALOU A, et al. Dietary intake of eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) in children—a workshop report[J]. British Journal of Nutrition, 2010, 103(6): 923-928.
- [14] 胡霄, 姜红如, 王柳森, 等. 中国 7~17 岁儿童青少年膳食指南指数建立及应用[J]. 卫生研究, 2022, 51(2): 181-188.
HU X, JIANG H R, WANG L S, et al. Establishment and application of dietary guideline index for children and adolescents aged 7-17 in China[J]. Health Research, 2022, 51(2): 181-188.
- [15] 张根旺. 油脂的营养与健康[J]. 中国油脂, 2008(5): 4-7.
ZHANG G W. Nutrition and health of oils and fats[J]. China Oils and Fats, 2008(5): 4-7.
- [16] 林娟, 黄绍宽, 陈智超, 等. 高龄老人代谢综合征的发病率及危险因素分析[J]. 心血管康复医学杂志, 2012, 21(3): 259-261.
LIN J, HUANG S K, CHEN Z C, et al. Analysis of the incidence and risk factors of metabolic syndrome in the elderly[J]. Journal of Cardiovascular Rehabilitation Medicine, 2012, 21(3): 259-261.
- [17] 陈爱菊, 张伟利, 靳艳平, 等. 正常妊娠妇女血液、胎盘和脐血中脂肪酸成分测定[J]. 临床儿科杂志, 2017, 35(9): 649-651.
CHEN A J, ZHANG W L, JIN Y P, et al. Determination of fatty acid components in blood, placenta and cord blood of normal pregnant women[J]. Journal of Clinical Pediatrics, 2017, 35(9): 649-651.
- [18] 张彦芯. 膳食干预对哺乳期孕妇营养状况的影响研究[J]. 食品安全导刊, 2021(34): 119-121.
ZHANG Y X. Effects of dietary intervention on nutritional status of lactating pregnant women[J]. Food Safety Guide, 2021(34): 119-121.
- [19] NIWA S, KAWABATA T, SHOJI K, et al. Investigation of maternal diet and FADS1 polymorphism associated with long-chain polyunsaturated fatty acid compositions in human milk[J]. Nutrients, 2022, 14(10): 2160.
- [20] 叶敏倩, 周海芳, 吴峰华, 等. 油茶籽油适度精炼温度优化及其对特征组分的影响[J]. 食品科技, 2022, 47(2): 200-206.
YE M Q, ZHOU H F, WU F H, et al. Optimization of moderate refining temperature for Camellia oleifera seed oil and its influence on characteristic components[J]. Food Science and Technology, 2022, 47(2): 200-206.
- [21] 董华, 高健, 李洁艳, 等. 精炼玉米油适度加工营养元素保留技术的研究[J]. 现代食品, 2021(9): 56-59.
DONG H, GAO J, LI J Y, et al. Research on nutrient element retention technology in moderate processing of refined corn oil [J]. Modern Food, 2021(9): 56-59.
- [22] 朱云. 植物油中角鲨烯含量及其在油脂加工与使用过程中的变化[J]. 中国油脂, 2019, 44(12): 136-138.
ZHU Y. Squalene content in vegetable oil and its changes during oil processing and use[J]. China Oils and Fats, 2019, 44(12): 136-138.
- [23] 王兴国, 金青哲, 白长军, 等. 大豆油精准适度加工关键新技术开发与示范[J]. 中国油脂, 2015, 40(9): 7-12.
WANG X G, JIN Q Z, BAI C J, et al. Development and demonstration of key new technologies for precise and moderate processing of soybean oil[J]. China Oil and Fats, 2015, 40(9):

- 7-12.
- [24] 刘玉兰, 王璐阳, 马宇翔, 等. 不同油脂精炼过程中氯离子、3-氯丙醇酯和缩水甘油酯含量的变化[J]. 中国油脂, 2020, 45(10): 10-15.
LIU Y L, WANG L Y, MA Y X, et al. Changes of chloride ion, 3-chloropropanol ester and glycidyl ester content in different oil refining processes[J]. China Oils and Fats, 2020, 45(10): 10-15.
- [25] 任我行, 刘玉兰, 马宇翔, 等. 玉米油脱臭条件对 3-氯丙醇酯和缩水甘油酯影响的研究[J]. 中国油脂, 2018, 43(4): 57-60.
REN W X, LIU Y L, MA Y X, et al. Study on the effect of corn oil deodorization conditions on 3-chloropropanol ester and glycidyl ester[J]. China Oils and Fats, 2018, 43(4): 57-60. 