

以 DRIs 推荐为依据的营养调和油的研制

初柏君¹, 惠 菊¹, 李晓龙¹, 王满意¹, 赵慧敏¹,

孟祥永², 周胜利³, 于 雷⁴, 王翔宇¹

(1. 中粮营养健康研究院有限公司 营养健康与食品安全北京市重点实验室, 老年营养食品研究北京市工程实验室, 北京 102209; 2. 中粮福临门食品营销有限公司, 北京 100001; 3. 中粮油脂研发中心, 天津 300452; 4. 中粮油脂生产部, 北京 100001)

摘要:依据 2013 年中国营养学会编著的《中国居民膳食营养素参考摄入量》的要求, 以玉米油、菜籽油、稻米油、花生油和亚麻籽油为原料, 以脂肪酸平衡和营养成分含量为评价指标, 使用计算机软件进行建模编程, 设计 3 种调和油配方, 并对样品进行 18 个月货架期跟踪。结果表明: 3 种调和油中 $n-3$ PUFA、 $n-6$ PUFA 均满足脂肪酸摄入推荐范围, 但配方三中 $n-3$ PUFA 不满足适宜推荐摄入量; 3 种调和油中均含有丰富的维生素 E、植物甾醇、角鲨烯和谷维素; 18 个月后样品营养伴随物含量衰减率均在 20% 以内。因此, 所得结果中 2 种调和油配方是满足推荐的营养调和油, 可以为其他营养调和油的研制提供参考。

关键词: DRIs; 脂肪酸; 营养伴随物; 调和油

中图分类号: TS225.1; R151

文献标识码: A

文章编号: 1003-7969(2020)04-0079-04

Development of nutritional blend oils based on DRIs recommendation

CHU Baijun¹, HUI Ju¹, LI Xiaolong¹, WANG Manyi¹, ZHAO Huimin¹,
MENG Xiangyong², ZHOU Shengli³, YU Lei⁴, WANG Xiangyu¹

(1. Beijing Engineering Laboratory of Geriatric Nutrition Food Research, Beijing Key Laboratory of Nutrition & Health and Food Safety, COFCO Nutrition & Health Research Institute, Beijing 102209, China; 2. COFCO Fulinmen Food Marketing Co., Ltd., Beijing 100001, China; 3. COFCO - Oils R & D Center, Tianjin 300452, China; 4. COFCO Oil & Oilseeds Production Department, Beijing 100001, China)

Abstract: According to the *Chinese dietary reference intakes* (DRIs) written by Chinese nutrition society in 2013, three blend oils based on corn oil, rapeseed oil, rice oil, peanut oil and flaxseed oil were designed by computer software, and the changes of fatty acid and nutrient content of the sample in 18 months storage period were tested. The results showed that the $n-3$ PUFA and $n-6$ PUFA in three blend oils met the recommended range in Chinese DRIs, but the $n-3$ PUFA of No. 3 formula didn't meet the adequate intake in Chinese DRIs. The three blend oils were rich in vitamin E, phytosterols, squalene, oryzanol, and the decay rates of the nutritional companion in the samples were less than 20% after 18 months storage period. So the two blend oils were nutritional blend oils which could meet the recommendation, and the study could provide references for the development of nutritional blend oils.

Key words: DRIs; fatty acid; nutritional companion; blend oil

收稿日期: 2019-09-20; 修回日期: 2019-11-08

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0101102)

作者简介: 初柏君(1990), 女, 工程师, 硕士, 主要从事油脂深加工及产品研发工作(E-mail) 172166903@qq.com。

通信作者: 王翔宇, 工程师, 博士(E-mail) wang_xiangyu@cofco.com。

脂肪是人体能量的主要来源, 也是人体最重要的体成分和能量的储存形式^[1]。随着我国居民安全、营养、健康意识的不断提升, 对营养健康的烹调油产品的需求也日益增长。大量研究表明, 不同脂肪酸种类和比例对人体代谢和疾病的发生具有不同

的影响,当某种脂肪酸缺乏时,会造成人体代谢紊乱,严重时会引起疾病,因此脂肪酸的膳食平衡越来越受到人们的重视,同时也受到众多营养学家的关注^[2-3]。近年来,不同国家和组织开始制定相关脂肪酸参考摄入量,其中中国营养学会在2000年编著的《中国居民膳食营养素参考摄入量》(DRIs)中提出,倡导饱和脂肪酸(SFA)、单不饱和脂肪酸(MUFA)、多不饱和脂肪酸(PUFA)的膳食摄入量应达到1:1:1的配比,但2013年更新后,DRIs不再对脂肪酸配比提出要求,只是对SFA、MUFA、PUFA的摄入量提出宏量营养素可接受范围(AMDR)和适宜摄入量(AI)。油脂中除了含有脂肪酸,还含有丰富的微量营养成分,其中具有代表性的谷维素、植物甾醇、生育酚等营养伴随物在预防疾病、清除人体自由基等方面具有重要的作用^[4]。

目前,市面上食用油产品种类繁多,产品特征也各不相同,但单一品种食用油很难满足脂肪酸的推荐要求,含有的营养伴随物成分也不够丰富。而由两种及两种以上食用油调配制成的调和油产品,与单一品种食用油相比拥有平衡性更好的脂肪酸组成、更为丰富多样的营养成分,同时还可以兼具单一油品没有的风味,被认为比单一油品更具优势^[5]。

本文选用玉米油、菜籽油、稻米油、花生油和亚麻籽油为原料,通过计算机软件编程运算,配制以脂肪酸配比合理、营养和风味兼备为评价指标的调和油产品。

1 材料与方法

1.1 实验材料

一级玉米油,一级菜籽油,一级稻米油,压榨花生油,一级亚麻籽油。脂肪酸甲酯标准品(CRM47885), α -生育酚标准品(Sigma-Aldrich 47783), β -生育酚标准品(Sigma-Aldrich 46401U), γ -生育酚标准品(Sigma-Aldrich 47785), δ -生育酚标准品(Sigma-Aldrich 47784),角鲨烷标准品(CFEQ-4-470106-0005),角鲨烯标准品(CFAD-S3626-10 mL),菜籽甾醇标准品(Toronto Research Chemicals CDDM-B676850-5 mg),豆甾醇标准品(Toronto Research Chemicals CD-DM-S686750-5 g),菜油甾醇标准品(Toronto Research Chemicals CDDM-C155360-1 mg),谷甾醇标准品(Toronto Research Chemicals CDDM-S497050-5 mg),胆甾醇(纯度 $\geq 96.3\%$)(Dr. Ehrenstorfer GmbH C 11665400)。

Agilent Technologies 7890B 气相色谱仪,Agilent Technologies 1260 Infinity 高效液相色谱,UNICO

2800 分光光度计。

1.2 实验方法

1.2.1 脂肪酸组成分析

按照 GB 5009.168—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪酸的测定》方法对原料油进行甲酯化处理,然后进入气相色谱仪分析。色谱条件:色谱柱为 Agilent HP-88 毛细管柱(100 m \times 250 μ m \times 0.25 μ m);进样器温度 250 $^{\circ}$ C;检测器温度 280 $^{\circ}$ C;载气为氮气;分流比 50:1;进样量 2.0 μ L;升温程序为初始温度 45 $^{\circ}$ C,保持 4 min,以 13 $^{\circ}$ C/min 升温速率升至 175 $^{\circ}$ C,保持 27 min,以 4 $^{\circ}$ C/min 升温速率升至 215 $^{\circ}$ C,保持 35 min。面积归一化法计算脂肪酸含量。

1.2.2 维生素 E 含量的测定

称取约 1 g(精确到 0.000 1 g)的油脂样品,溶解于色谱纯正己烷中,超声 30 s,准确定容至 10 mL;摇匀,取 1 mL,过 0.45 μ m 有机相滤膜后,进入高效液相色谱分析。色谱条件:色谱柱为硅胶柱(250 mm \times 4.6 mm \times 5 μ m,货号 880975-901);进样量 10 μ L;流动相为正己烷-异丙醇(体积比 98.5:1.5);流速 1 mL/min。外标法定量^[6-7]。

1.2.3 植物甾醇含量的测定

根据 GB/T 25223—2010《动植物油脂 甾醇组成和甾醇总量的测定 气相色谱法》对原料油进行甲酯化处理,然后进入气相色谱仪分析。色谱条件:色谱柱为 HP-5 毛细管柱(30 m \times 0.32 mm \times 0.25 μ m);载气为高纯氮气,纯度 99.999%;恒压 112.7 kPa;分流比 20:1;进样口温度 320 $^{\circ}$ C;程序升温为初始温度 240 $^{\circ}$ C,保持 1 min,以 4 $^{\circ}$ C/min 的速率升温到 255 $^{\circ}$ C,保持 35 min;FID 检测器,温度 320 $^{\circ}$ C;进样量 1.0 μ L。面积归一化法计算甾醇含量。

1.2.4 角鲨烯含量的测定

根据 LS/T 6120—2017《粮油检验 植物油中角鲨烯的测定 气相色谱法》对原料油进行甲酯化处理,然后进入气相色谱仪分析。色谱条件:色谱柱为 HP-5 毛细管柱(30 mm \times 0.32 mm \times 0.25 μ m);进样口温度 250 $^{\circ}$ C;柱温采用程序升温方式,以 15 $^{\circ}$ C/min 的速率从 160 $^{\circ}$ C 升温到 220 $^{\circ}$ C,保持 2 min,然后以 5 $^{\circ}$ C/min 的速率升温到 280 $^{\circ}$ C,保持 20 min,最后以 5 $^{\circ}$ C/min 的速率升温到 300 $^{\circ}$ C,保持 2 min;FID 检测器,温度 300 $^{\circ}$ C;氢气流速 40 mL/min,空气流速 450 mL/min,尾吹气流速 30 mL/min;载气为高纯氮气,纯度 99.999%;恒压 110.32 kPa;分流比 10:1;进样量 1.0 μ L。面积归一化法计算角鲨烯含量。

1.2.5 谷维素含量的测定

根据 LS/T 6121.1—2017《粮油检验 植物油中

谷维素含量的测定 分光光度法》称取 0.02 g(精确到 0.000 1 g)原料油,置于 25 mL 容量瓶中,加入正庚烷溶解并定容至刻度,摇匀。用待测溶液润洗石英比色皿 3 次,将待测溶液倒入石英比色皿,以正己烷为参比,在 315 nm 处测定吸光度。所测的吸光度若不在 0.2~0.8 之间时,应适当调整待测样品的称样量或稀释待测溶液,再重新进行测定。按 LS/T 6121.1—2017 中计算公式计算谷维素含量。

1.2.6 数学建模

依据 DRIs 推荐, $n-3$ PUFA 的 AI 为总能量的 0.6%,AMDR 为总能量的 0.5%~2.0%,按照成年人每天需要 8.372 MJ 的总能量,分别折算成年人每天适宜摄入 1.33 g 的 $n-3$ PUFA 和可接受摄入范围为 1.11~4.44 g。参考中国居民营养与健康调查数据,城市居民膳食 $n-3$ PUFA 脂肪酸中有 79.7% 来自植物油, $n-6$ PUFA 脂肪酸中有 68.8% 来自植物油,按照每人每天摄入 30 g 烹调油计算^[8],烹调油中含有 3.5% 的 $n-3$ PUFA 即可满足人体需要,但当低于 2.9% 时无法满足能量需求及预防缺乏。同理,烹调油中含有 20.4% 的 $n-6$ PUFA 即可满足人体需要,但当低于 12.7% 时无法满足能量需求及预防缺乏。据此进行调和油配方设计数学模型的建立如下(以 AI 推荐为例):

$$\begin{cases} a + b + \dots + n = 1 \\ ax_1 + bx_2 + \dots + nx_n \geq 3.5 \\ ay_1 + by_2 + \dots + ny_n \geq 20.4 \\ 0 \leq a, b, \dots, n \leq 1 \end{cases}$$

式中: a, b, \dots, n 为不同原料油在调和油中的占比; x_1, x_2, \dots, x_n 为各原料油中 $n-3$ PUFA 含量测定值; y_1, y_2, \dots, y_n 为各原料油中 $n-6$ PUFA 含量测定值。

1.2.7 计算机软件编程

采用计算机软件平台将上述数学模型开发成“调和油配方设计系统”计算机软件,输入各原料油脂肪酸含量测定值,将模型改为软件程序语言,通过软件运算,获得多种调和油配方。

1.2.8 最优配方的选择

设定最优限制条件,通过设定配方中某些原料油的含量定值,运行软件获得最优调和油配方。

2 结果与分析

2.1 原料成分分析

根据 1.2.1~1.2.5 方法测定 5 种原料油的脂肪酸组成及含量,维生素 E、植物甾醇、角鲨烯、谷维素含量,结果如表 1 和表 2 所示。

表 1 5 种原料油主要脂肪酸组成及含量 %

脂肪酸	玉米油	菜籽油	稻米油	花生油	亚麻籽油
C14:0	0.05	0.04	0.21	0.04	0.04
C16:0	9.67	3.72	16.36	10.49	5.96
C18:0	2.33	2.17	1.42	3.22	4.59
C18:1	27.59	64.63	40.00	50.65	21.02
C18:2	58.33	17.51	38.63	34.15	15.89
C18:3	1.07	6.29	2.54	1.23	50.63

表 2 5 种原料油营养成分组成及含量 mg/kg

营养成分	玉米油	菜籽油	稻米油	花生油	亚麻籽油
维生素 E (α -TE)	256.6	233.5	197.1	240.5	63.7
植物甾醇	8 167.2	6 940.0	16 366.2	2 201.9	4 989.5
角鲨烯	83.2	7.7	81.7	182.2	20.6
谷维素	414.3	601.6	20 810.7	165.1	1 447.2

从表 1 可以看出,所选 5 种原料油脂肪酸含量各不相同,能够很好地为调和油产品提供 MUFA 和 PUFA,其中亚麻籽油可以作为 $n-3$ PUFA 的主要提供原料,玉米油、稻米油和花生油可以作为 $n-6$ PUFA 的提供原料,菜籽油可以作为 MUFA 的主要提供原料。从表 2 可以看出,5 种原料油的营养伴随物种类丰富,其中稻米油的植物甾醇和谷维素含量尤为高。

2.2 计算机软件配方运算

根据 1.2.6~1.2.8 方法,结合 2.1 原料成分数据,对计算机软件函数进行编程,通过运行计算机语言,设定价格为最优限定条件,通过对某种或几种原料油的添加比例进行限定,运算得出最优配方。

2.3 调和油配制及成分分析

根据 2.2 软件运算结果,配制出满足 AI 推荐和 AMDR 推荐的调和油配方,根据 1.2.1~1.2.5 方法测定 3 种调和油脂肪酸组成及含量,维生素 E、植物甾醇、角鲨烯、谷维素含量,结果如表 3 所示。

由表 3 可知,3 种配方的 $n-3$ PUFA、 $n-6$ PUFA 均满足 AMDR 推荐范围,而配方三的 $n-3$ 脂肪酸含量为 AMDR 推荐范围的下限,且低于植物油中应含 $n-3$ 脂肪酸的适宜推荐量。因此,为保证油脂生产储存过程中的成分损失不会对最终摄入造成影响,选择配方一和配方二的调和油作为日常饮食,可以满足 DRIs 中关于脂肪酸平衡的要求。

当使用配方一和配方二调和油作为日常烹调油时,从烹调油中还可以摄取到维生素 E、植物甾醇、角鲨烯和谷维素,这些营养成分的适量摄入也会对人体产生有益的影响。

表3 3种调和油营养成分组成及含量

项目	配方	PUFA 含量/%		含量/(mg/kg)			
		<i>n</i> -3	<i>n</i> -6	维生素 E(α -TE)	植物甾醇	角鲨烯	谷维素
配方一	玉米油 40%	3.5	41.3	238.7	9 896.5	70.0	4 558.3
	菜籽油 22%						
	稻米油 21%						
	花生油 15%						
	亚麻籽油 2%						
配方二	玉米油 37%	5.3	37.0	241.3	9 354.4	67.2	2 970.9
	菜籽油 35%						
	稻米油 13%						
	花生油 10%						
	亚麻籽油 5%						
配方三	玉米油 37%	2.9	38.5	246.2	9 552.4	71.1	4 315.9
	菜籽油 30%						
	稻米油 19%						
	花生油 4%						
	亚麻籽油 0%						

2.4 货架期跟踪

为了验证产品在保质期内营养成分衰减情况,选择配方二调配样品,采用成品所用的充氮技术和抗紫外线包装生产样品,模拟出厂后储存条件,进行为期 18 个月的货架期跟踪。跟踪期内,每两个月对调和油二样品进行取样检测,根据 1.2.2~1.2.5 方法测定配方调和油维生素 E、植物甾醇、角鲨烯、谷维素含量,结果如表 4 所示。

表4 18个月货架期调和油的营养

时间(月)	伴随物含量			
	维生素 E	植物甾醇	角鲨烯	谷维素
0	241.30	9 354.4	67.2	2 970.9
2	240.12	8 699.6	66.6	2 876.0
4	235.20	8 859.4	65.2	2 854.7
6	235.00	8 675.5	63.7	2 766.8
8	233.00	8 632.0	63.4	2 831.3
10	232.00	8 544.9	64.0	2 966.0
12	228.34	8 430.0	64.3	2 752.4
14	226.12	8 284.0	63.4	2 811.4
16	214.06	7 712.5	57.7	2 734.0
18	213.18	7 478.3	55.2	2 695.0

从表 4 可以看出,18 个月货架期内调和油二的维生素 E、植物甾醇、角鲨烯、谷维素含量无明显衰减,衰减率均在 20% 以内。

3 结论

以 DRIs 提出的最新脂肪酸摄入平衡和营养成分含量为评价指标,选用玉米油、菜籽油、稻米油、花生油和亚麻籽油作为调和油的原料油,设计出 3 种

调和油配方。经过对 3 种调和油样品成分分析,有两种配方满足设计依据,且富含维生素 E、植物甾醇、角鲨烯、谷维素等营养伴随物,通过对样品进行货架期跟踪发现,18 个月保质期内样品营养物质衰减率均在 20% 以内。本研究可以为其他营养调和油配方设计提供参考。

参考文献:

- [1] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(2013 版)[M]. 北京:科学出版社,2014:117-141.
- [2] WILLIAMS C D, WHITLEY B M, HOYO C, et al. A high ratio of dietary *n*-6/*n*-3 polyunsaturated fatty acids is associated with increased risk of prostate cancer[J]. Nutr Res, 2011,31(1):1-8.
- [3] LI G Y, SONG Z X, YIN H, et al. Low *n*-6/*n*-3 PUFA ratio improves lipid metabolism, inflammation, oxidative stress and endothelial function in rats using plant oils as *n*-3 fatty acid source[J]. Lipids,2015, 51(1):1-11.
- [4] WATSON R R, PREEDY V R. Bioactive food as dietary interventions for cardiovascular disease[M]. San Diego: Academic Press, 2013:333-343.
- [5] 单素敏. 食用调和油消费升级[J]. 学习之友,2018(6):25-26.
- [6] Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC: AOCS Ce8-89[S]. Champaign, IL: AOSS,1998.
- [7] 食品安全国家标准 食品中维生素 A、D、E 的测定:GB 5009.82—2016[S]北京:中国标准出版社,2016.
- [8] 中国营养学会. 中国居民膳食指南(2016)[M]. 北京:人民卫生出版社,2016:344.