



营养调和油的配方研究

张泽生¹, 王 瑞^{1,2}, 孙长霞²

(1. 天津科技大学食品工程与生物技术学院, 天津 300457; 2. 天津农学院, 天津 300384)

摘要: 选取 6 种坚果作物花生、葵花子、杏仁、开心果、夏威夷果、榛子及 6 种油料作物棉籽、米糠、菜籽、亚麻籽、大豆、芝麻进行脂肪酸分析与比较, 根据脂肪酸的测定结果选择适宜的油品进行数学建模, 研究并得到既满足中国营养学会提出的单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸配比标准, 且适合不同产区的营养调和油产品配方。

关键词: 调和油; 脂肪酸配比; 数学模型

中图分类号: TS221

文献标识码: A

文章编号: 1672-6510 (2008) 02-0039-04

Research on the Formulation of Healthy Blend Oil

ZHANG Ze-sheng¹, WANG Rui^{1,2}, SUN Chang-xia²

(1. College of Food Engineering and Biotechnology, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300457, China;

2. Tianjin Agricultural University, Tianjin 300384, China)

Abstract: The content of the fatty acid in six kinds of hazelnut crops and six kinds of oil crops were analyzed and compared respectively. The hazelnut crops included peanut, sunflower seed, almond, pistachio, Hawaii fruit and nut. The oil crops included cottonseed, rice bran, rapeseed, linseed, soybean and gingili. Then, according to the contents of fatty acids of all the materials above-mentioned, the suitable formulation of the blend oil was chosen by mathematical model, which coincides with the ratio standards of monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acid by Chinese Nutrition Society, and meet with the requirement of the products in different areas.

Keywords: blend oil; ratio standards of fatty acids; mathematical model

从营养学的角度讲, 脂肪、碳水化合物、蛋白质为人体三大功能营养素。而脂肪酸是脂肪的主要组成部分, 人体可以自身合成多种脂肪酸, 但是有两种脂肪酸人体无法合成, 只能从食物中摄取, 因此被称作“必需脂肪酸”, 这两种必需脂肪酸分别是亚油酸和亚麻酸。研究表明, 包括“必需脂肪酸”在内, 人体一天所需脂肪酸总量中有 50% 来源于食用油, 常吃单一的某种油, 会导致某种或几种脂肪酸的摄入不够或者过量, 从而使人体内的代谢平衡发生变化, 从而引起各种各样的疾病^[1]。

20 世纪 90 年代以来, 国内外油脂营养学者对各种脂肪酸在人体内的生理代谢进行了大量的研究, 西方发达国家、联合国粮农组织和世界卫生组织对人体摄入各种脂肪酸的比例都提出了相应的标准。2000

年中国营养学会也提出了推荐比例, 它们是: ①饱和脂肪酸 (SFA)、单不饱和脂肪酸 (MUFA)、多不饱和脂肪酸 (PUFA) 的质量比值是 1 : 1 : 1。②多不饱和脂肪酸中 ω -6 与 ω -3 的质量比值是 (4~6) : 1^[2]。虽然日常人们饮食中的蔬菜、蛋奶等食品中也含有少量的脂肪酸, 但相对人体摄入各种脂肪酸的总量来说比例还很低。我国绝大多数居民动物性食物的消费是以猪牛羊肉为主, 占人体脂肪摄取总量的 30% 左右。动物脂肪含有较多的饱和脂肪酸, 居民日摄入量差异较大, 摄入量的控制和均衡摄入等都是较难解决的。因此, 研制和开发适合人体代谢需求的、脂肪酸配比合理的调和油, 关键是解决占人体脂肪摄取总量 70% 左右的植物油中调配饱和脂肪酸的单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的质量比为 1 : 1 和多不饱

收稿日期: 2007-09-05; 修回日期: 2007-09-28

作者简介: 张泽生 (1956—), 男, 天津人, 教授, 博士。

和脂肪酸中 ω -6 与 ω -3 的质量比为 (4~6):1 的问题. 近年来, 我国油脂与营养学方面的专家学者对脂肪酸的均衡摄入问题的研究和开发有了很大进展. 不少食用油生产商也开发出了新成果. 如金龙鱼二代调和油, 解决了 MUFA 与 PUFA 的质量比为 1:1 的问题^[3]. 但是, 目前尚没有一种植物油产品的脂肪酸组成比例是符合单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的质量比为 1:1 以及多不饱和脂肪酸中 ω -6 与 ω -3 的质量比为 (4~6):1^[4,5].

因此, 本文在对一些植物油脂脂肪酸分析的基础上进行合理配伍, 提出不同植物油的组合达到单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸的质量比为 1:1 和多不饱和脂肪酸中 ω -6 与 ω -3 的质量比为 (4~6):1, 对一些生产厂家生产营养价值更高的调和植物油具有指导意义.

1 材料与试剂

1.1 材料

花生、榛子、杏仁、夏威夷果、开心果、葵花籽、棉籽、米糠、菜籽、亚麻籽、大豆、芝麻等材料均购自天津市王顶堤农贸市场.

1.2 仪器和试剂

日本岛津 GC-17A 气相色谱仪, 配有 FID 检测器及 GS-2010 色谱数据工作站.

苯、石油醚、甲醇、氢氧化钾均为优级纯, 乙醚为分析纯, 均购自天津市永大化学试剂开发中心. 脂肪酸甲酯标准品购自 SIGMA 公司.

2 实验方法

2.1 用毛细管气相色谱法测定油料作物中脂肪酸的含量^[6]

色谱条件: 色谱柱 ϕ 0.25 mm \times 30 m, 石英毛细管柱, 固定相 FFAP; 柱温 180 $^{\circ}$ C, 检测器温度 260 $^{\circ}$ C, 气化室温度 260 $^{\circ}$ C; 载气: N₂ 30 mL/min, H₂ 50 mL/min, 空气 500 mL/min.

测定步骤:

(1) 样品处理: 经粉碎后的原始风干样品充分混匀过 40 目筛, 用四分法取样于称量瓶中, 放在恒温干燥箱中 105 $^{\circ}$ C 至恒重.

(2) 甲醇-氢氧化钾室温酯化: 精确称取样品 0.5 g, 放入 10 mL 比色管中, 再加入 2 mL 提取液 (苯与石油醚的体积比是 1:1) 静置 30 min 以上,

以浸提油脂, 再加入 1 mL 0.4 mol/L 的 KOH/CH₃OH 溶液, 静置 10 min 以上, 待脂肪酸甲酯化以后, 加超纯水至刻度, 待上层液澄清后, 准确移取 0.25 mL 上清液, 移入安培瓶中, 在 N₂ 下吹干, 加入 50 μ L 正己烷, 取适量 (0.5 μ L) 进样分析, 以保留时间定性, 以峰面积定量.

各种油料作物均作三个平行分析.

2.2 营养调和油的配方设计

由于植物油中单不饱和脂肪酸主要由油酸构成, 多不饱和脂肪酸主要由亚油酸 (ω -6 系) 和亚麻酸 (ω -3 系) 构成^[7]. 因此, 本文所构建的满足脂肪酸配比合理的调和油条件的数学模型如下:

首先, 将多种原料植物油脂中的 5 种主要脂肪酸的含量按照一个矩阵来表达:

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} \cdots a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} & a_{25} \cdots a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} \cdots a_{3n} \\ a_{41} & a_{42} & a_{43} & a_{44} & a_{45} \cdots a_{4n} \\ a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & a_{55} \cdots a_{5n} \end{pmatrix}$$

其中: a_{ij} 表示第 j 中油品中第 i 种脂肪酸的含量; n 表示原料油品种的数量, $n > 1$.

设调和油品总量为 100 g, 油品中第 j 种物质的含量为 x_j , 本模型可表达为

$$\begin{cases} \left(\sum_j a_{3j} x_j \right) : \left[\left(\sum_j a_{4j} x_j \right) + \left(\sum_j a_{5j} x_j \right) \right] = 1:1 \\ \left(\sum_j a_{4j} x_j \right) : \left(\sum_j a_{5j} x_j \right) = c:1 \\ \sum_j x_j = 100 \end{cases} \quad (1)$$

其中: $c \in [4, 6]$, $x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$. 经过代数运算, 可将式 (1) 化简为

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n b_j x_j = 0 \\ \sum_{j=1}^n x_j = 100 \\ \sum_{j=1}^n d_j x_j = 0 \\ x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

其中: $b_j = a_{3j} - (1+c)a_{5j}$, $d_j = a_{4j} - ca_{5j}$.

至此, 本问题可转化为线性规划问题, 利用 MATLAB 软件调用命令语句 linprog, 可对上式进行求解分析. 此外, 利用该数学模型可以预先设定一种

主要油料在全部原料中的份额,再通过 MATLAB 软件计算出其他油料的含量,这样可以既满足单不饱和脂肪酸与多不饱和脂肪酸质量比为 1:1 和亚油酸与亚麻酸质量比为 (4~6):1 的要求,又能使该主要油料份额在产品中达到最大,从而使该配方起到适合当地口味等作用。

3 结果与分析

3.1 六种坚果作物油脂中的主要脂肪酸的含量

在 2.1 的色谱条件下对六种坚果油脂浸提液进行检测,利用 GS-2010 色谱工作站可以清晰地看到开心果油脂中不同脂肪酸的相对含量及分布,见图 1。

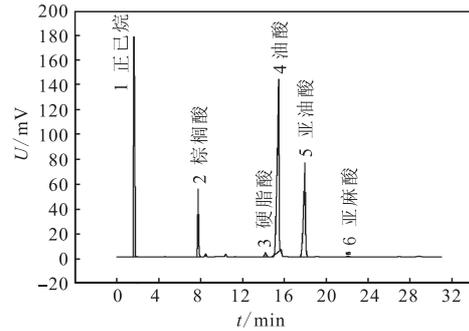


图 1 气相色谱法测定开心果油脂中脂肪酸含量的色谱图
Fig. 1 Fatty acid contents in pistachio nut by GC of figure

将色谱图中显示的脂肪酸用归一化法进行计算,得到市售坚果样品中脂肪酸的含量,见表 1。

表 1 六种坚果作物中的主要脂肪酸的含量

Tab. 1 Main fatty acid contents in six nut crops of table

%

脂肪酸	葵花子	杏仁	开心果	花生	榛子	夏威夷果
棕榈酸	7.53	4.27	13.22	11.95	5.37	12.21
硬脂酸	4.59	0.84	1.09	4.06	1.89	5.02
油酸	15.25	70.77	57.00	42.20	81.19	77.49
亚油酸	71.92	24.04	28.36	40.26	11.16	4.01
亚麻酸	0.12	0.08	0.33	1.44	0.09	0.27

榛子、杏仁、夏威夷果和开心果等坚果油脂中油酸含量较高(57%以上),其中榛子油脂中的油酸含量最高(81.19%);花生油脂中的不饱和脂肪酸含量比较丰富,占总脂肪酸含量将近 90%,油酸和亚油酸的含量均很高,分别为 42.20%和 40.26%。而葵花子油脂中亚油酸含量在供测坚果中含量最高为 71.92%,而相对其他脂肪酸含量稍低。本实验所测坚果中的不饱和脂肪酸主要由油酸、亚油酸构成, α -亚麻酸的含量相对来说较低,除花生稍高外,其他坚果中 α -亚麻酸均低于 1%。棕榈酸在供测坚果中的含量均较低,其中杏仁油脂中的棕榈酸含量最低为 4.27%。 γ -亚麻酸均未检出。从不饱和脂肪酸的配比来看,坚果中花生、开心果油脂中脂肪酸比例在供测坚果中相对比较合理。

3.2 六种油料作物油脂中的主要脂肪酸的含量

油料作物菜籽、芝麻、大豆、米糠、棉花籽、亚麻

籽油脂中的主要脂肪酸含量见表 2。由表 2 得出,供测油料作物油脂中均含有较高的油酸及亚油酸。菜籽和米糠这两种作物油脂中的各脂肪酸配比比较合理,不饱和脂肪酸中亚油酸与亚麻酸比例适中。芝麻油脂中的油酸和亚油酸含量都很高,分别是 41.26%和 41.73%,其他脂肪酸含量相对较低。大豆油脂中饱和脂肪酸占 15%,不饱和脂肪酸占 85%,其中亚油酸含量较高,为 56.19%。在棉花籽中,亚油酸在供测样品中含量最高,达到 58.08%,而亚麻籽油脂的亚麻酸含量在供测样品中最高,为 52.86%,其油酸、亚油酸含量也很丰富,具有很好的营养价值和开发前景。从不饱和脂肪酸的配比来看,菜籽、大豆、米糠、亚麻籽等油料作物油脂中脂肪酸比例在供测油料中较为合理。综上分析,选用菜籽、大豆、米糠、亚麻籽、花生、开心果这六种油品原料来调配适应不同地区的营养调和油配方。

表 2 六种油料作物油脂中的主要脂肪酸含量

Tab. 2 Main fatty acid contents in six oil crops of table

%

脂肪酸	菜籽	芝麻	大豆	米糠	棉花籽	亚麻籽
棕榈酸	4.25	10.24	10.94	10.81	24.54	6.55
硬脂酸	2.31	5.69	4.07	10.96	1.82	4.42
油酸	35.23	41.26	19.33	32.88	14.47	22.46
亚油酸	46.33	41.73	56.19	40.95	58.08	13.71
亚麻酸	9.10	0.26	8.83	4.40	0.16	52.86

3.3 利用 MATLAB 软件调配适应不同地区的营养调和油配方

由于我国幅员辽阔,不同地区适宜生长的油料作物不同,因此,根据油料作物主产区的特点,可以大致划分为三个地区:东北地区、南方地区、中原地区^[8-10].

3.3.1 调配适宜东北地区的营养调和油配方

东北地区是我国大豆的主要种植区,因此,以大豆油作为该地区营养调和油的主要成分,再辅配其他油料品种,利用本文数学模型,通过 MATLAB 计算得到的配方见表 3.

表 3 六种样品分别占全部样品的份额百分含量
Tab. 3 Six samples percentage in total samples %

名称	大豆油	菜籽油	花生油
含量	53.0000	1.0803	0.2298
名称	亚麻籽油	米糠油	开心果油
含量	3.7501	0.7068	41.2330

此配方预先设定大豆油为 53%,然后通过计算机计算出其他样品的含量,分别为:花生油 0.2298%,菜籽油 1.0803%,亚麻籽油 3.7501%,米糠油 0.7068%,开心果油 41.2330%。此营养调和油配方适合生活在大豆主产区即东北地区的人们使用。

3.3.2 调配适宜南方地区的营养调和油配方

南方地区是我国菜籽的主要种植区,因此,以菜籽油作为该地区营养调和油的主要成分,再辅配其他油料品种,通过计算得到的配方见表 4.

表 4 六种样品分别占全部样品的份额百分含量
Tab. 4 Six samples percentage in total samples %

名称	菜籽油	花生油	大豆油
含量	50.0000	2.9730	0.3983
名称	亚麻籽油	米糠油	开心果油
含量	2.6341	3.0289	40.9657

此配方预先设定菜籽油为 50%,然后通过计算机计算出其他样品的含量,分别是:花生油 2.97%,大豆油 0.40%,亚麻籽油 2.63%,米糠油 3.0289%,开心果油 40.97%。此营养调和油配方适合生活在菜籽主产区即南方地区的人们使用。

3.3.3 调配适宜中原地区的营养调和油配方

中原地区是我国油料作物花生的主要种植区,因此,以花生油作为该地区营养调和油的主要成分,再辅配其他油料品种,通过计算得到的配方见表 5.

此配方预先设定花生油为 70%,然后将各原料油的脂肪酸组成数据代入计算机,得到其他原料中大豆

油为 20%,开心果油为 9%。此营养调和油配方适合生活在花生主产区即中原地区的人们使用。

表 5 六种样品分别占全部样品的份额百分含量
Tab. 5 Six samples percentage in total samples %

名称	花生油	大豆油	亚麻籽油
含量	70.0000	20.6783	0.0000
名称	米糠油	菜籽油	开心果油
含量	0.0000	0.0000	9.3217

4 结 语

利用气相色谱仪测定六种作物的脂肪酸含量,根据人体代谢对各种脂肪酸的需求比例,即:单不饱和脂肪酸(MUFA)与多不饱和脂肪酸(PUFA)的质量比为 1:1;多不饱和脂肪酸中的 ω -6 与 ω -3 的质量比为 (4~6):1,建立求解脂肪酸配比合理的调和油中各原料含量的数学模型。由于数学模型有许多组答案,如果人工计算,无数组答案的求解是十分烦琐和费时的。依据数学模型编写成计算机程序可节省大量工作,而且利用数学模型还可以计算出适合不同地区、不同人群的营养调和油配方,对实际的应用有一定指导意义。

参 考 文 献:

- [1] 李桂华,钱向明,姜延超,等. 功能性调和油的研制[J]. 中国粮油学报, 2006, 20(3): 61—64.
- [2] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2000: 35—37.
- [3] 胡晓军,李群,梁霞. 脂肪酸配比合理的调和油研究[J]. 山西农业科学, 2006, 34(2): 79—81.
- [4] 余文三. 多不饱和脂肪酸的研究综述[J]. 中国油脂, 1998, 25(6): 359—362.
- [5] 吴时敏. 功能性油脂[M]. 北京:中国轻工业出版社, 2001: 23—24.
- [6] 王丽新,高云,高伟佳. 黑甜玉米油脂脂肪酸的气相色谱分析[J]. 食品科学, 2007, 28(1): 237—238.
- [7] 李丹华,朱圣陶. 气相色谱法测定常见植物油中脂肪酸[J]. 粮食与油脂, 2006, 8: 46—48.
- [8] 毕井泉. 中国大豆产业发展研究[J]. 中国粮食经济, 2003, 8: 15—18.
- [9] 杨锦莲,李崇光. 优质油菜在我国南方农业中的战略地位及其发展方略[J]. 农业现代化研究, 2003, 24(1): 57—60.
- [10] 姜慧芳,段乃雄,任小平,等. 花生种质资源的性状鉴定及综合评价进展[J]. 花生科技, 1999(增刊): 144—147.